



Produktionsgesellschaft mbH

Grundmühlenweg 3

16278 Angermünde

Systemoptimierung der Solarwärmeeinspeisung in Nah- und Fernwärmenetzen (SysNet)

Abschlussbericht für das von der deutschen Bundesstiftung
Umwelt geförderte Projekt mit dem Aktenkennzeichen

33658/01

Autoren:

Reinhold Weiser

Niels Harborth

Uwe Sonnenfeld

Angermünde, den 31.07.2019

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	33658/01	Referat	24/0	Fördersumme	217.190,- €
----	-----------------	---------	-------------	-------------	--------------------

Antragstitel **Systemoptimierung der Solarwärmeeinspeisung in Nah- und Fernwärmenetzen (SysNet)**

Stichworte Energie, Solarthermie

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
24 Monate	05.04.2017	04.04.2019	Abschluss

Zwischenberichte

Bewilligungsempfänger	AkoTec Produktionsgesellschaft mbh Herr Reinhold Weiser Grundmühlenweg 3 16278 Angermünde	Tel	03331 2571659
		Fax	03331 25 59 996
		Projektleitung	Reinhold Weiser
		Bearbeiter	Niels Harborth

Kooperationspartner

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

- die Entwicklung eines Vollvakuumröhrenkollektors in Form eines MEGA-Kollektors, mit einer Spitzenleistung von 1.500 kW_{peak} bei gleichzeitiger hoher Wirtschaftlichkeit und
- Erreichung der Marktreife bei Kosten von 300,- €/m² Produktionskosten
- Einbindung in Systeme. Diese Arbeiten sollen als F+E-Auftrag durch die TU Dresden unterstützt werden.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Arbeitsschritte:

- Aufbau des Inhouse - Messstandes
- Entwicklung eines Prototypen
- Vermessung des Prototypen an einem Prüfinstitut,
- Zertifizierung des MEGA-Kollektors
- Einbindung des neuen Kollektors in Systeme und Netzintegrationsfragestellungen klären

Ergebnisse und Diskussion

Das Projekt SysNet ermöglichte uns, die Idee eines MEGA-Kollektors für den Einsatz von Solarthermie in Nah- und Fernwärmenetze in die Praxis umzusetzen. Wir entwickelten während der Projektlaufzeit einen marktreifen Kollektor mit einer Spitzenleistung von bis zu 1.500 kW_{peak}. Alle wesentlichen Fragestellungen der Konstruktion konnten beantwortet werden. Von den Daten der ersten Funktionsmuster konnten wir Ableitungen ziehen, die zu einer Anpassung im Hinblick auf Effektivitätssteigerung sowie Kostenreduzierungen führten. Für Fragestellungen wie der Längenausdehnung wurden verschiedene Alternativen getestet und konstruktive Ansätze gefunden, um einen sicheren Dauerbetrieb zu gewährleisten. Zur Vereinfachung für den Kunden haben wir Konzepte erarbeitet, die MEGA-Kollektoren sicher zur Baustelle zu transportieren und vor Ort zu installieren. Das im Antrag aufgeführte Ziel, Produktionskosten unter 300,- € pro m² zu realisieren, wurde deutlich erreicht. Mit Hilfe der kontinuierlichen Kalkulation, Anpassungen und alternativen Herstellern bzw. Lieferanten können wir derzeit Kosten von unter 250 € pro m² realisieren.

Das Ziel, aus marktverfügbaren Einzelkomponenten ein wirtschaftliches Serienprodukt zu fertigen, wurde erreicht. Allerdings hat sich während unserer Produktentwicklung die Anforderung an das Projekt deutlich verschoben. Als Hersteller des MEGA-Kollektors ist es nicht zwingend notwendig, sich mit den Wärmenetzen tiefgreifend zu beschäftigen. Wir stellten bereits während der Projektphase fest, dass die Kunden ohne Aktivitäten unsererseits auf uns zukamen. Der Markt sucht nach einem Röhrenkollektorprodukt, da bisher lediglich ein anderer Anbieter ein Produkt für diese Anwendung marktreif vorweisen kann. Der Markt der solaren Wärmenetze ist stark umkämpft und die höchste Priorität liegt aus unserer Sicht derzeit in einem guten, preisgünstigen Produkt.

Wir konnten mit dem Fernheizkraftwerk der Stadt Graz bereits einen Partner finden, der die mit den entwickelten MEGA-Kollektoren erzeugte Solarenergie in das Fernwärmenetz einspeist. Derzeit nehmen wir mit dem entwickelten Produkt an verschiedenen Ausschreibungen in Deutschland teil. Hierbei handelt es sich bereits um große Stückzahlen, was ein deutlicher Fingerzeig für die Zukunft des MEGA-Kollektors ist.

Die nächsten Schritte für ein marktfähiges Produkt sind die Optimierung der Feldmontage und eine stromlose Frostschutzfunktion. Dafür werden weitere Forschung und Entwicklung nötig sein.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Für das Projekt SysNet wurden verschiedene Wege öffentlichkeitswirksamer Arbeit durchgeführt. Zum einen wurde klassisch auf Printmedien wie Prospekte oder Flyer zurückgegriffen, zum anderen aber natürlich auch auf die Veröffentlichung auf der Firmenwebsite. Als kommunikative Wege wurden unter anderem mit dem ISH die Ergebnisse auf Messen aber auch mit Hilfe von Pressemitteilungen in den Printmedien verbreitet. Zusätzlich bauten wir ein Modell, welches direkt zu Kundengesprächen mitgenommen und vorgestellt wurde. Im Jahr 2018 war AkoTec für die Entwicklung des MEGA-Kollektors außerdem für den Innovationspreis Brandenburg nominiert.

Fazit

Das Projekt SysNet und damit die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gab uns die Möglichkeit einen Kollektor zu entwickeln, der in die steigende Nachfrage von Nah- und Fernwärmenetzen passt, Energie zukünftig aus der Sonnenkraft zu generieren und in das Netz einzuspeisen. Besondere Anforderungen wie Größe, Effektivität sowie Kosten sind hierbei die wichtigsten Faktoren. Mit der Fertigstellung eines marktreifen Kollektors haben wir den ersten Schritt machen können, dieses Marktsegment zukünftig bedienen zu können. Es ergeben sich jedoch weitere Fragestellungen wie Frostsicherheit oder die Montage, die interessante Ansatzpunkte für weitere Projekte bieten.



Inhalt

1	Zusammenfassung.....	4
2	Zeitplan.....	5
3	Entwicklung MEGA-Kollektor	5
3.1	Konzeption.....	5
3.1.1	Untersuchung Sammlerdimension	6
3.1.2	Untersuchung Dämmstoffe	6
3.1.3	Untersuchung Rohrmaterialien	7
3.1.4	Steigerung des Wirkungsgrades	8
3.1.5	Transportlogistik.....	9
3.1.6	Endmontage vor Ort.....	11
3.2	Konstruktion	11
3.2.1	Anbindung der Röhren	11
3.2.2	Längenausdehnung des Kollektors.....	12
3.2.3	Auslaufschutz Wärmeleitpaste.....	14
3.2.4	Prototyp Konstruktion MEGA-Kollektor	14
3.2.5	Konstruktion Untergestell mit Fundament	15
3.3	Versuchsaufbauten und Test.....	16
3.3.1	Inhouse-Messstand für Druckverlustmessung Dauertesteinrichtung Alterungstests ..	16
3.3.2	Ergebnisse Tests in externer Klimakammer FH-Stralsund.....	17
3.3.3	Zertifizierung durch den TÜV Rheinland	18
4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....	18
4.1	Analyse Wirtschaftlichkeit semi knocked down oder Modul.....	18
4.2	Analyse der gewählten Materialien und Komponenten	19
4.3	Untersuchung rationelle Fertigung	19
4.4	Analyse der gewählten Produktionsverfahren.....	21
4.5	Make- or- buy- Betrachtungen.....	21
5	Netzeinbindung	21
5.1	Modellierung versch. Nah- + Fernwärmesysteme FH-Stralsund.....	21
5.2	Tool "Easy-Anlagen-Planer" EWUS, Berlin	21
6	Musterprojekte	22
6.1	Röbeler Vorstadt	22
6.2	Fernheizkraftwerk Graz.....	22
6.2.1	Bestandsaufnahme.....	22
6.2.2	Konstruktion Kollektor	22



6.2.3	Monitoring.....	22
7	Recycling und Energieamortisation.....	24
7.1	Recycling.....	24
7.1.1	Röhre	24
7.1.2	Sammlerrohr.....	25
7.1.3	Rahmen	25
7.1.4	Isolierung.....	25
7.1.5	Solarflüssigkeit.....	25
7.2	Energieamortisation.....	25
8	Ergebnis und Ausblick.....	27
9	Quellen	28

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Kalkulation der einzelnen Arbeitspakete über die gesamte Projektdauer	5
Abb. 2:	Strömungen im Sammlerrohr und Verwirbelungen um die Hülsen	6
Abb. 3:	Dämmung um das Sammlerrohr im miteinander verzahnten Sandwichsystem	7
Abb. 4:	verschiedene Varianten des Sammlers für den Prototypenbau	8
Abb. 5:	Vergleichsmessung einer Alu-Verbund Platte (links) und einem Alu-Zink Blech (rechts)	9
Abb. 6:	Konstruktionsentwürfe der Versandpaletten. Erster Entwurf (links) wurde nach ersten Praxiserfahrungen durch zweiten Entwurf(rechts) abgelöst	10
Abb. 7:	benötigter Auflieger für Transport der MEGA-Kollektorsegmente	10
Abb. 8:	Varianten der Röhrenanbindung an den Sammler	12
Abb. 9:	Varianten der Segmentverbindung.....	13
Abb. 10:	Versuche zum Auslaufen der Wärmeleitpaste	14
Abb. 11:	erste Montage der entworfenen Isolierung	14
Abb. 12:	Erstmontage des Rahmens	15
Abb. 13:	Messstand der Druckverlustmessung	16
Abb. 14:	Ergebnisse der Druckverlustmessung sowie theoretischer Berechnungen	17
Abb. 15:	Vermessung eines MEGA-Kollektorsegments beim TÜV Rheinland.....	18
Abb. 16:	verschiedene Lötungen aus der Versuchsanlage.....	19
Abb. 17:	erste Versuche der flowdrill Bohrung (links) und eine funktionsfähige Bohrung (rechts)	20
Abb. 18:	Testmaschine mit Flowdrill Bohreinheit (links) und Fräseinheit (rechts)	20
Abb. 19:	Montage auf dem Testfeld in Graz	22
Abb. 20:	gemessene Temperaturverläufe der Testanlage in Graz.....	24



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der kalkulierten MM pro Arbeitspaket	5
Tabelle 2: Kostenübersicht für den Transport der Kollektorsegmente.....	11
Tabelle 3: Druckverlust bei variierendem Volumenstrom und qm Anzahl	16
Tabelle 4: Tabellarische Übersicht des Energieaufwandes pro Kollektor und der Einzelteile	26

Abkürzungsverzeichnis

Da	Außendurchmesser
di	Innendurchmesser
EnEV	Energieeinsparverordnung
ISFH	Institut für Solarenergieforschung Hameln
KW	Kilowatt
T _m	Temperaturmittel des Kollektors
SysNet	Systemoptimierung der Solarwärmeeinspeisung in Nah- und Fernwärmenetze



1 Zusammenfassung

Mit der Möglichkeit, Solarwärme in Nah- und Fernwärme einzuspeisen, könnte für die Solarthermie ein Anwendungsgebiet mit immensem Marktpotential erschlossen werden, bei einer hohen Wirtschaftlichkeit und einer starken Konkurrenzfähigkeit zu anderen Energiequellen. Durch die Verschärfung der EnEV 2016 wird ein guter Primärenergiefaktor bei der Erzeugung der Fernwärme zunehmend wichtiger. Dadurch interessieren sich immer mehr Betreiber von Fernwärmenetzen für die Solarthermie. Das Projekt Systemoptimierung der Solarwärmeeinspeisung in Nah- und Fernwärmenetze kurz SysNet bedeutet für AkoTec den Einstieg in diesen Zukunftsmarkt. Es wurde ein Vollvakuumröhrenkollektor in Form eines MEGA-Kollektors entwickelt, der mit einer Spitzenleistung von bis zu 1.500 KW_{peak} die bisher notwendige kleinteilige Aufteilung von Solarfeldern für Großanlagen ersetzt bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit. Die wesentliche Herausforderung bestand darin, einen ausreichend dimensionierten Sammler für einen Vakuumröhrenkollektor zu entwickeln, um diverse Feldrohrleitungen, die bisher notwendig sind, einzusparen. Das brachte neue Entwicklungsaufgaben mit sich, wie beispielsweise die Behandlung der Längenausdehnung eines solchen Sammlers oder besondere Lösungen für die Isolierung.

Bereits während der Projektarbeit erhielt AkoTec Anfragen für Prozesswärmeanlagen von verschiedenen Unternehmen. Auch der Fokus auf den Primärenergiefaktor ihrer Wärmenetze von Wärmelieferanten und Stadtwerken führte zu Anfragen bei AkoTec. Aus diesem Grund wurde die anfängliche Idee, eine Abschätzung des Marktes anzufertigen und mit dem Wissen später aktive Akquise zu betreiben, nicht ausgeführt und stattdessen konzentrierte sich die Arbeit auf die zügigere Umsetzung der Produktion des Kollektorsegments. Es konnten bereits Testanlagen mit über 30 Kollektorsegmenten aufgebaut werden, welche schon an Wärmenetze angeschlossen sind. Diese neuen Anlagen zeigten erste Ergebnisse in Bezug auf Effizienz, Umsetzbarkeit und das Handling mit derart großen Elementen.



2 Zeitplan

Für die bessere Übersichtlichkeit wurde das Projekt in 7 Arbeitspakete unterteilt (Tabelle 1). Im Verlauf des Projektes wurden keine Anpassungen der einzelnen Arbeitspakete sondern lediglich zeitliche Verschiebungen notwendig.

Tabelle 1: Übersicht der kalkulierten MM pro Arbeitspaket

Arbeitspaket	soll in MM
AP 1 Projektmanagement	0,37
AP 2 Konzeption, Konstruktion	18,21
AP 3 Prototypenbau, Test	9,38
AP 4 Wirtschaftlichkeit	8,14
AP 5 Planungstool, Musterprojekt	5,15
AP 6 Marketing, Wissensmanagement	3,63
AP 7 Recycling& Energieamortisation	1,38

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der Arbeitspakete über 24 Monate.

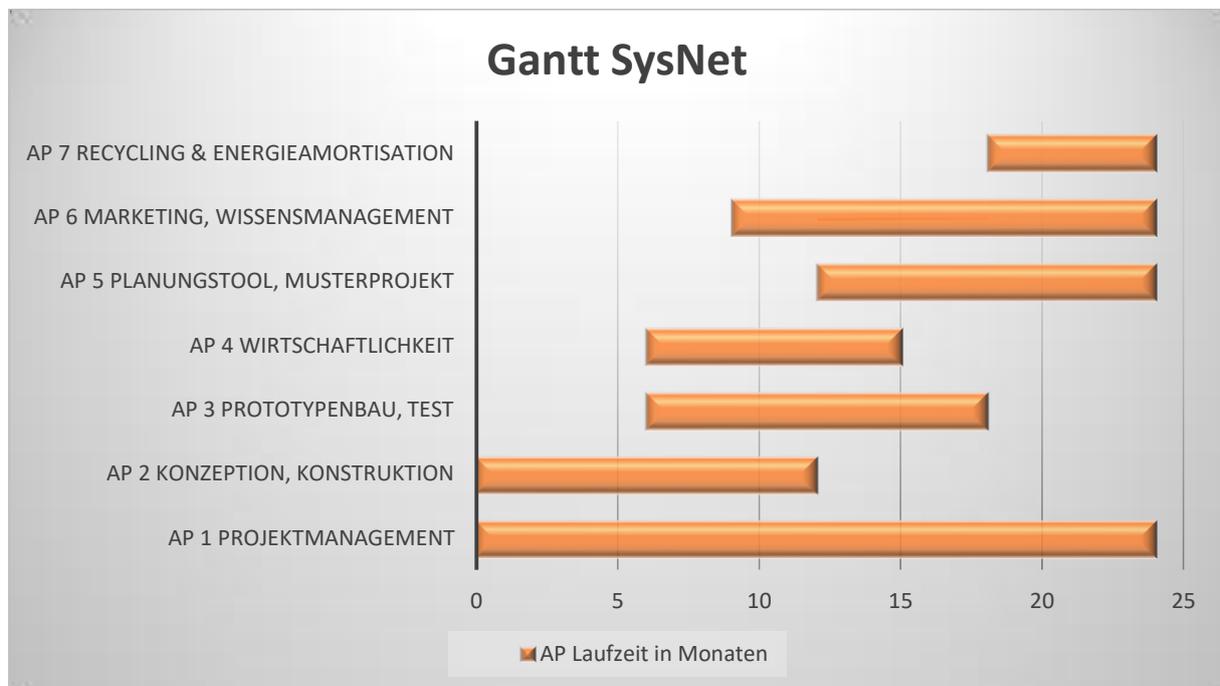


Abb. 1: Kalkulation der einzelnen Arbeitspakete über die gesamte Projektdauer

3 Entwicklung MEGA-Kollektor

Die Entwicklung des MEGA-Kollektors umfasste verschiedene Arbeitsschritte. Im Folgenden werden die Konzeption, die Konstruktion sowie die Versuchsaufbauten und Tests beschrieben.

3.1 Konzeption

Die Konzeption des MEGA-Kollektors scheint auf den ersten Blick vereinfacht als eine Vergrößerung der bisher marktreifen Vakuumröhrenkollektoren. Jedoch ergaben sich große Herausforderungen wie z.B. die Längenausdehnung des Sammlerrohrs und die Aufnahme selbiger in der Gesamtanlage. Besondere Eigenschaften wurden hierbei von der Isolierung gefordert, da kein Isolationsmaterial einen ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt wie Stahl.



Ein Hauptaugenmerk der Entwicklung des MEGA-Kollektors galt ebenso der Wirtschaftlichkeit. So war das Ziel durch die Kollektorvergrößerung und Materialanpassung einen hohen Ertrag bei möglichst geringen Produktionskosten zu generieren. Neben der Ertragssteigerung wurden auch Ansätze der Effizienzsteigerung verfolgt. Hierfür wurden unterschiedliche Abstände zwischen den Vakuumröhren aber auch der Einsatz von Reflektoren miteinbezogen und vermessen.

Eine zusätzliche Herausforderung war der Transport eines MEGA-Kollektors. Mit einer Fläche von 13m² und einer Masse von ca. 350kg mussten hier die bestehenden Möglichkeiten recherchiert und spezifischen Anpassungen sowie Vorrichtungen entwickelt werden. Der Ansatz war es, die MEGA-Kollektor-Segmente endgefertigt auf die Baustelle zu liefern, wo sie zu einem großen Kollektor zusammen montiert und an das Wärmenetz angeschlossen werden.

3.1.1 Untersuchung Sammlerdimension

Die wichtigste Aufgabe, die das Sammlerrohr hat, ist das Fluid so zu führen, dass dieses den effektivsten Wirkungsgrad der Wärmeabnahme an den Hülsen erreicht. Das wird zum einen durch die Strömungsgeschwindigkeit erreicht, aber auch über das Volumen, welches geleitet wird. Abbildung 2 zeigt den Konstruktionsansatz (links) sowie das Strömungsverhalten der Flüssigkeit im Sammlerrohr um die Hülse (rechts).



Abb. 2: Strömungen im Sammlerrohr und Verwirbelungen um die Hülse

Grundsätzlich wurde ein festes Maß durch die Hülse vorgegeben. Die Variable stellte also der Durchmesser des Sammlerrohrs dar. Der Rohrdurchmesser des Sammlers wurde schlussendlich aufgrund mehrerer Ansatzpunkte bestimmt. Die Berechnung des Druckverlustes (siehe Kapitel 3.3.1) war der ausschlaggebendste davon. Aber auch pragmatische Punkte wie die einfache Verfügbarkeit und Lieferzeiten oder der Preis sowie konstruktionsbedingte Vorgaben durch andere Bauteile flossen in die Entscheidungsfindung ein. Zur künftigen Verwendung kommt ein Präzisionsstahlrohr mit einem Außendurchmesser von 68 mm und einer Wandstärke von 2mm. Das ergibt einen Innendurchmesser von 64 mm. Zum Einsatz kommen 78 Hülse, welche mit einem Rasterabstand von 75 mm auf einer Rohrlänge von 6000 mm verbaut werden.

3.1.2 Untersuchung Dämmstoffe

Auf dem Markt ist eine Vielzahl an Dämmstoffen vertreten. Für die Auswahl kamen nicht nur die Isolationseigenschaften sondern auch Eigenschaften wie Verfügbarkeit, Kosten, Wasseraufnahme sowie Anwendbarkeit in die Begutachtung. Besondere Anforderungen waren unter anderem die Beständigkeit und Langlebigkeit bei hohen Temperaturen sowie die Verhinderung von Spalten zwischen Sammlerrohr und Isolierung. Nach eingehenden Untersuchungen konnte ein Material gefunden werden, welches die geforderten Attribute erfüllt sowie mit seinen Werten und Spezifikationen als Standardbauteil erhältlich ist. Das hatte Einfluss auf die Zusammensetzung sowie auf die Maße anderer Bauteile wie Verkleidung oder Fixierungen. Als positiver Nebeneffekt konnte hierdurch eine Kostenstandardisierung und somit Kostenreduzierung erreicht werden.



Das gewählte Material für die Isolierung sind PIR Hochtemperatur-Hartschaum HAT40 für die direkte Isolierung des Sammlerrohres (Abb. 3 links) sowie Polyurethan Hartschaum mit beidseitiger Deckschicht aus 0,05mm dicker Aluminiumfolie (nach DIN EN 13165) als Außenisolierung (Abb. 3 rechts) sowie als Seitendeckel. PIR Hochtemperatur-Hartschaum ist ein duroplastischer Hochleistungsdämmstoff mit einer speziellen Eignung im Hochtemperaturbereich. Laut Hersteller liegt die Wärmeleitfähigkeit bei 0,023-0,026 W/m*K im Labor. Für die Wasseraufnahme wurden 3% ermittelt, was dazu führt, dass der Dämmstoff auch nach langer Zeit nicht vollsaugt und dadurch seine Isolationseigenschaft nicht verliert. Die für den Polyurethan-Hartschaum angegebene

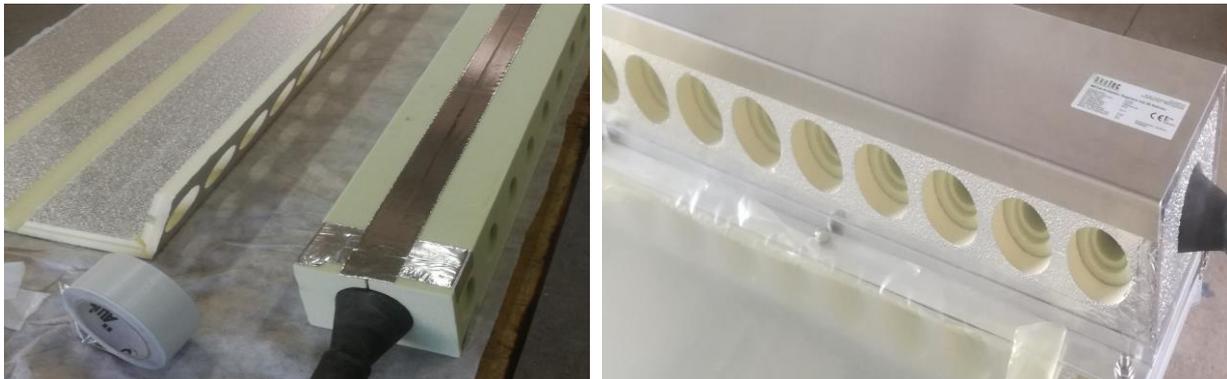


Abb. 3: Dämmung um das Sammlerrohr im miteinander verzahnten Sandwichsystem

Wärmeleitfähigkeit liegt bei 0,023 W/m*K. Die Aluminiumfolie, welche beidseitig darauf verklebt wurde, unterstützt die Beständigkeit sowie die Isolation zusätzlich. Um etwaige Spalten bei der Montage abzudichten, wurden diese mit Reinaluklebeband 30µm Alu verschlossen (Abb. 3 rechts).

Die Isolierung wurde mit einer Verzahnung konstruiert, sodass Spaltwärmeverluste verhindert werden.

3.1.3 Untersuchung Rohrmaterialien

Bei der Entwicklung des MEGA-Kollektors wurden ursprünglich zwei unterschiedliche Rohrmaterialien geplant: für das Sammlerrohr zur Führung der Wärmeträgerflüssigkeit sowie für die Hülsen, welche im direkten Kontakt mit den Kondensatoren der Vakuumröhren stehen und u.a. die Aufgabe haben, die Wärme abzunehmen und gleichzeitig an das Trägerfluid abzugeben.

Für das Sammlerrohr wurde ein Präzisionsstahlrohr E235 ausgewählt. Die hauptsächlichen Gründe dafür waren unter anderem der geringere Preis der Materialkosten, der in etwa dem Faktor 7 gegenüber Kupfer entspricht. Zudem bietet Stahl die Eigenschaften, dass es sehr robust und langlebig, schweißbar sowie einfach zu verarbeiten ist. Die verwendeten Rohre sind beim Hersteller aus der Serie zu beziehen und ermöglichen so Ersparnisse in der Zukunft.

Die Hülsen ihrerseits wurden aus Kupfer gefertigt. Da Kupfer einen wesentlich höheren Wärmeleitwert besitzt als Stahl, war dies zunächst die logische Entscheidung für AkoTec. Außerdem wird Kupfer in nahezu allen marktverfügbaren Kollektoren eingesetzt und hat sich somit seit vielen Jahren bewährt. Während der Konstruktionsphase fielen Schwierigkeiten bei der Verlötlung der Sammlerrohre aus Stahl und der Hülsen aus Kupfer auf. Hierfür wird ein Silberlot benötigt sowie sehr saubere Verbindungsstellen. Zwar wurden alle Verbindungen dicht verlötet, es bedurfte jedoch einer großen Menge an Silberlot, was sehr preisintensiv war sowie ein dauerhaftes Nachjustieren der Sondermaschine erforderte.

Aus diesem Grund wurde entschieden, die Hülsen zukünftig ebenfalls aus Stahl produzieren zu lassen und die dadurch entstehende Verzögerung des Wärmeübergangs den eingesparten Kosten der Produktion gegenüber zu stellen. Die Wärme ihrerseits geht nicht verloren sondern benötigt lediglich



ein wenig mehr Zeit, um den Widerstand des Stahls zu überwinden. Die Kosten jedoch verringern sich allein beim Lot um den Faktor 9. Dazu kommen die geringeren Materialkosten für die Hülsen. Zusätzlich lief die Sondermaschine ohne nötigen Mehraufwand und lötete die Verbindungen schneller und effizienter.

3.1.4 Steigerung des Wirkungsgrades

Im Zuge der Konzeption des MEGA-Kollektors wurden Möglichkeiten erarbeitet, um den Wirkungsgrad und somit den Ertrag des Kollektors zu steigern. Hierzu wurden im Folgenden zwei Varianten verfolgt und in Prototypen umgesetzt. Zum einen wurde der Abstand der Vakuumröhren zueinander verkleinert und zum anderen wurden verschiedene Reflektoren hinter den Röhren getestet. Beide Maßnahmen dienen dazu, die Aperturfläche zu erhöhen und einen höheren Prozentsatz der globalen Strahlung einzufangen als es mit der herkömmlichen Röhrenkonfiguration möglich wäre.

Für die erste Konzeption des MEGA-Kollektors wurden die Röhren mit einem Abstand von nur 62mm (Röhrenmitte zu Röhrenmitte) verbaut. Damit ergab sich ein Zwischenspalt von 7mm. Bei anderen Serienprodukten der Firma AkoTec sind die Vakuumröhren mit einem Abstand von 75mm zueinander angeordnet. Das bedeutet, dass der Spalt zwischen den Röhren 20mm entspricht. Diese Konstruktionsweise wurde durch einen spiegelnden Alu-Verbund Reflektor ergänzt.

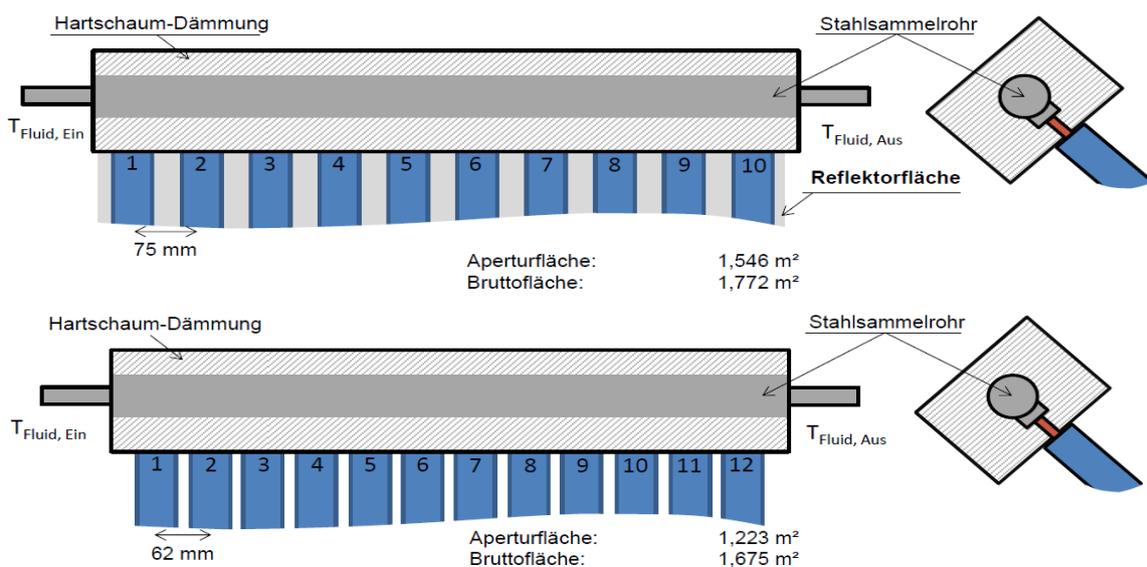


Abb. 4: verschiedene Varianten des Sammlers für den Prototypenbau

Nach dem Bau zweier Prototypen wurden diese am ISFH vermessen. Die erhaltenen Ergebnisse zeigten, dass der Wirkungsgrad bei $T_m=0$ (mittlere Kollektortemperatur) in der Version mit 62mm Abstand geringfügig höher lag als der des Kollektors mit 75mm (Abb. 4). Zeitgleich ergab sich jedoch mit steigendem T_m ein höherer Wirkungsgrad bei dem Prototyp mit Reflektor. Die Knicktemperatur oder Röhrenabschaltung erfolgte bei beiden Reflektoren nahezu bei gleicher Zeit jedoch konnte bei dem Kollektor mit 10 Röhren und Reflektor anschließend noch mehr Energie generiert werden.



Als Reflektor wurden zunächst verschiedene Materialien ausfindig gemacht, welche den hohen Anspruch erfüllten. Hierbei spielten nicht nur die Reflexionseigenschaften eine entscheidende Rolle, sondern auch die Handhabung, die Lang- sowie Wetterbeständigkeit und die Preise bezogen auf die in der Projektbeschreibung angestrebten Kosten der Fertigung pro Quadratmeter. Beim ISFH wurden abschließend zwei Reflektoren in einer Lichtkammer vermessen. Zum einen eine spiegelnde Alu-Verbund-Platte (Probe 1) sowie ein Alu-Zink-Blech (Probe 2). Im direkten Vergleich zeigten beide Reflektoren die deutlichsten Unterschiede bei der diffusen sowie hemisphärischen Strahlung

wohingegen der Grad der Reflexion für die direkte Strahlung nur geringe Unterschiede aufwies (Abb. 5).

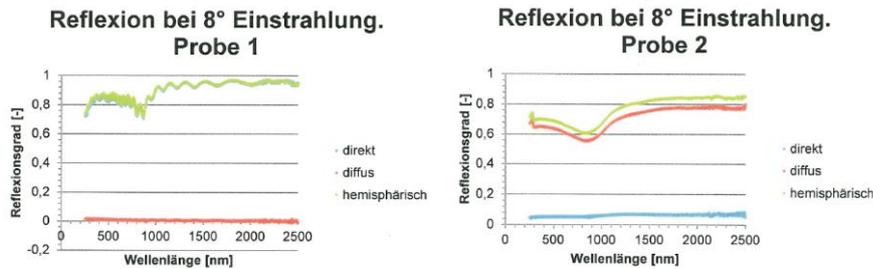


Abb. 5: Vergleichsmessung einer Alu-Verbund-Platte (links) und einem Alu-Zink-Blech (rechts)

Für die Fertigung der Serienkollektoren wurde sich für die Verwendung des Alu-Zink-Blech

entschieden. Aufgrund der ähnlichen Ergebnisse für die Effektivität der Reflexion, haben die Verfügbarkeit und die Kosten den Ausschlag dafür gegeben.

Aufgrund der Kostenkalkulation wurde sich für die Steigerung der Effizienz durch den Reflektor entschieden. Zwar zeigte die Verringerung der Abstände zwischen den Röhren einen deutlichen Anstieg des Wirkungsgrades des Kollektors, damit einhergehend ist aber der zwingende Einsatz von zusätzlichen Vakuumröhren. Bezogen auf die Größe des MEGA-Kollektors mit einer Breite von 5950mm wären es weitere 15 Röhren gewesen. Da vor allem die Röhren einen hohen Teil der Produktionskosten ausmachen, hätte somit der anvisierte Nettopreis von 300,- €/m² produzierter Kollektorfläche nicht eingehalten werden können. Die nachgewiesene Effizienzsteigerung durch den Einsatz des Alu-Zink Reflektors sowie der zu erwartende Preis erfüllten hier die gestellten Voraussetzungen und führten aus diesem Grund zur Auswahl für die künftige Serienfertigung.

3.1.5 Transportlogistik

Der MEGA-Kollektor stellt nicht nur besondere Anforderungen an die Produktionsweise sondern auch den Transport zum Kunden oder zur Baustelle. Im Gegensatz zu den kleineren Serienprodukten von AkoTec wird der MEGA-Kollektor komplett vormontiert ausgeliefert und an der Baustelle lediglich entladen, justiert und angeschlossen. Dies gewährleistet eine einfache und zügige Montage vor Ort. Der Kollektor musste also so dimensioniert werden, dass ein wirtschaftlicher Transport realisierbar ist. Es galt einen Kompromiss aus Kostenreduktion durch große Modulbauweise und Händelbarkeit bei Fertigung, Montage, Verpackung und Transport zu finden. Durch die Ausmaße des MEGA-Kollektors mit seinen 5,95m x 2,18m x 0,16m (L x H x T) musste eine neuartige Palette entwickelt werden, die der Größe aber auch dem Gewicht von 368kg standhält.

Weitere Anforderungen an das Transportgestell und die Sicherung der Kollektoren sind:

- sichere Aufnahme der Kollektoren
- Verbindung der Kollektoren untereinander
- Standsicherheit, wenn einzelne Kollektoren entnommen werden
- günstig in der Herstellung
- Material, Nadelholz frisch und sägerau
- Leer: kleines Packmaß oder Stapelbarkeit, um hohe Transportkosten zu vermeiden



Durch die bisherige Praxiserfahrung der Auslieferung, wurde die zunächst entwickelte Transportpalette bereits angepasst. So hat sich an dem Anspruch nichts geändert, an der Bauweise jedoch schon. Von ehemals vier MEGA-Kollektoren pro Palette wurde die Zahl auf drei reduziert. Dies schaffte konstruktionsbedingt eine stabilere Verbindung der Elemente untereinander sowie mit der Palette an sich. Die Maße der Paletten (Abb. 6) sind mit 6,00m x 2,30m x 0,74m (L x H x T) nur geringfügig größer als die Kollektoren selber und nehmen somit keinen unnötigen Platz im Transportraum ein. Ziel für die zukünftigen Paletten ist es, die Konstruktion und den Bau zu vereinfachen und eine nachhaltige Wiederverwertung zu gewährleisten. Für die Fertigung der

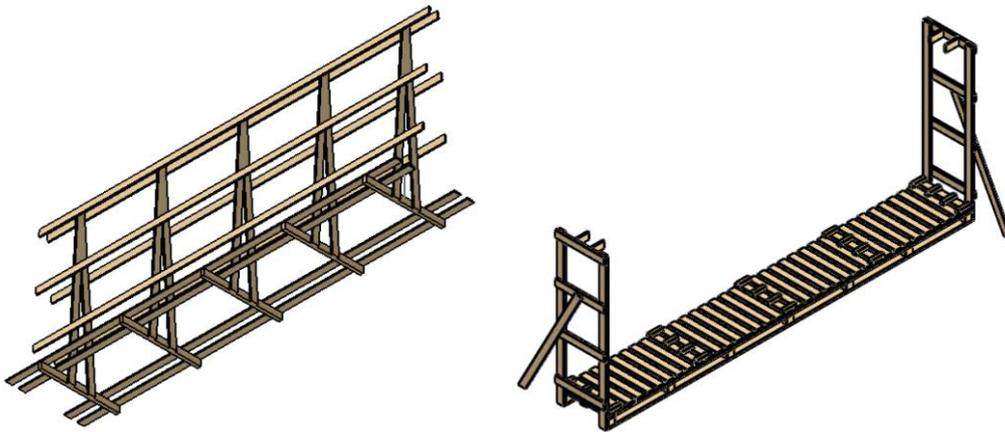


Abb. 6: Konstruktionsentwürfe der Versandpaletten. Erster Entwurf (links) wurde nach ersten Praxiserfahrungen durch zweiten Entwurf(rechts) abgelöst

Transportpaletten konnte mit den Hoffnungstaler Werkstätten ein Partner gefunden werden, der den Bau dauerhaft in hoher Qualität übernehmen kann.

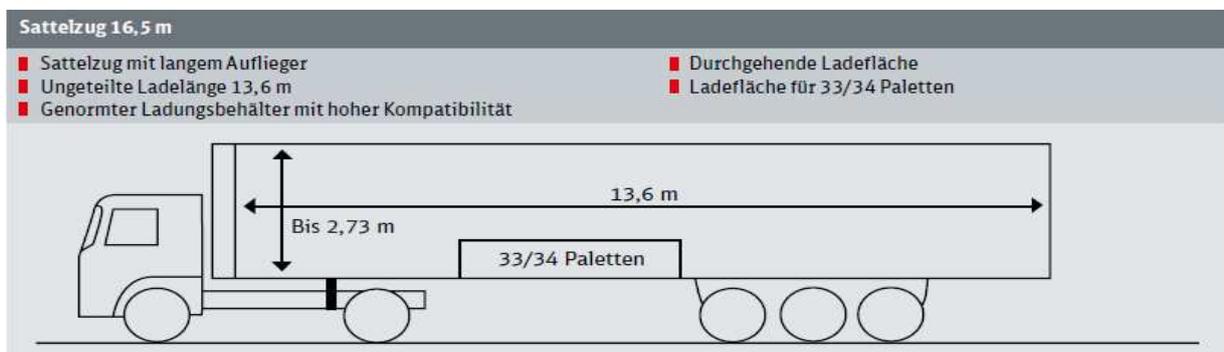


Abb. 7: benötigter Auflieger für Transport der MEGA-Kollektorsegmente

Für die zukünftig zu erwartenden Aufträge großer Stückzahlen wird es wichtig sein, einen wirtschaftlichen Transport durch bestmögliche Ausnutzung der LKW-Lademeter zu erreichen. Bei der Art des gezeigten Aufliegers (Abb. 7) kann die Beladung über die Seiten erfolgen, was per Gabelstapler geschehen kann. Alternativ wurde bereits ebenso die Verladung per Kran von der Oberseite des Sattelzuges getestet. In diesem Fall besitzt der Auflieger eine Ladefläche von 13,6m x 2,48m. Damit können insgesamt 18 MEGA-Kollektoren verladen werden, ohne dass Platz verschwendet wird. Der Transport sowie die Raumausnutzung erfolgen somit möglichst effizient. Diese Überlegung spielte natürlich bei den Transportkosten eine entscheidende Rolle. Diese günstig zu gestalten, um so ein attraktives Angebot stellen zu können und in dem selbst gesteckten Finanzrahmen zu bleiben, war ein großer Anreiz. Die Übersicht in Tabelle 2 zeigt die Transportkosten über verschiedene Distanzen.



Tabelle 2: Kostenübersicht für den Transport der Kollektorsegmente

	kurze Distanz	mittlere Distanz	lange Distanz
Kosten LKW	400	700	1000
Kosten Transportgestell	180	180	180
Kollektoren/ LKW	18	18	18
Kollektorfläche /LKW in m ²	234	234	234
Transportkosten/Kollektor in €	32,22 €	48,89 €	65,56 €
Transportkosten/m ² in €	2,48 €	3,76 €	5,04 €

Um Schwingungen in den Röhren, die beim Transport zu Beschädigung bis hin zum Bruch führen können möglichst gering zu halten, werden die Kollektoren vertikal transportiert. Es wurde ein „shipping“ Test durchgeführt, bei dem ein Musterkollektor über uckermärkische Landstraßen gefahren wurde. Am Kollektor wurden Schock-Indikatoren installiert, um die Intensität von Erschütterungen nachweisen und somit Rückschlüsse auf Beschädigungen ziehen zu können.

Auf der Baustelle kann ein Teleskoplader eingesetzt werden. Teleskoplader haben den Vorteil, dass sie zum Entladen und Verteilen der Transportgestelle sowie zum Montieren der einzelnen Kollektoren gleichermaßen geeignet sind. Ein drehbarer Teleskoplader ersetzt so die Aufgabe eines Krans, was zu einer Reduktion der Kosten führt.

3.1.6 Endmontage vor Ort

Bei der Entwicklung der Kollektorsegmente und der Unterkonstruktion wurde natürlich die spätere Montage berücksichtigt. Dies gilt insbesondere für die Montage der Kollektorsegmente auf dem Untergestell sowie die Kopplung der Kollektorsegmente untereinander. Um eine möglichst schnelle Montage auf der Baustelle zu gewährleisten, werden die Segmente komplett vormontiert: Träger, Sammler, Dämmung Reflektor und Röhren. Dies bietet die Möglichkeit, flexibel vorproduzieren zu können und bei guten Wetterbedingungen schnell zu montieren. Die Segmente werden auf Paletten montiert angeliefert und auf der Baustelle mittels Kran einzeln auf die bereits vormontierten Untergestelle aufgelegt und verschraubt. Anschließend erfolgen lediglich die Verbindung untereinander sowie der Anschluss an das Netz.

3.2 Konstruktion

3.2.1 Anbindung der Röhren

Für die Anbindung der Vakuumröhren an das Sammlerrohr wurden zwei unterschiedliche Systeme untersucht. Auf der einen Seite war das die nass angebundene Variante und auf der anderen Seite die trocken angebundene. Das Sammlerrohr war für beide Ansätze dasselbe, musste jedoch verschieden präpariert werden. Für die Nassanbindung wurden hier Anschlussstücke konzipiert und an das Sammlerrohr geschweißt (Abb. 8 links), sodass die Vakuumröhren direkt eingeführt werden konnten und mit Hilfe von O-Ringen abgedichtet wurden (Abb. 8 rechts). Die Wärme der Kondensatoren der Vakuumröhren wird hier direkt an die Wärmeträgerflüssigkeit abgegeben.



Abb. 8: Varianten der Röhrenanbindung an den Sammler

Die trocken angebundene Variante entspricht der seit langer Zeit bewährten AkoTec HeatPipe Kollektoren. Hierfür werden durchgehende Löcher in das Sammlerrohr gedillt, in welche im Anschluss

Hülsen eingeführt werden. Diese werden mit dem Sammlerrohr verlötet. Die Vakuumröhren können jetzt direkt in diese Hülsen eingeführt werden und haben somit keinen direkten Kontakt zur Wärmeträgerflüssigkeit.

Für die Vermessung beider Bauarten wurden Prototypen gefertigt und anschließend zum ISFH geschickt. Während dieser Messung ergaben sich für den nass angebundene Kollektor einige Punkte, die vorher so nicht absehbar waren:

- Fixierung der Röhren am Sammlerstützen mittels Stift nicht sicher, Toleranzen zu groß Herausrutschen mehrfach aufgetreten!
- Anschlag zur Aufnahme der axialen Druckbelastung beidseitig notwendig
- Dichtheit bei Prüfdruck für Hochtemperaturmessungen nicht gegeben
- eingeschränkte Messdurchführung bei geringem Anlagendruck

Laut dem ISFH zeigte die trocken angebundene Konstruktion einen um 1% niedrigeren Wert im Wirkungsgrad als die nass angebundene Konstruktion. Dieser Unterschied ist in der realen Nutzung vernachlässigbar. Aus diesem Grund, aber auch wegen der technisch deutlich einfacheren und kostengünstigeren Variante in Produktion und Fertigung entschieden wir uns für die trocken angebundene Konstruktion. Des Weiteren verringert sich die Anzahl der abzudichtenden Komponenten im System drastisch. Dies führt natürlich auch zu einem verringerten Risiko bezüglich möglicher Leckagen im System sowie einem geringeren Wartungsaufwand.

3.2.2 Längenausdehnung des Kollektors

Beim MEGA-Kollektor handelt es sich um einen thermischen Großkollektor für große Prozesstechnik und Nah- bzw. Fernwärmanlagen. Mit ihm können Kollektorflächen bis 500 m² realisiert werden. In Bezug auf die Längenausdehnung ergaben sich zwei Schwerpunkte, die im Betrieb und bei Temperaturänderungen zu erwarten waren. Das ist zum einen die Längenausdehnung des Sammlerrohres, welches aus Stahl besteht und eine Gesamtlänge von 5950mm aufweist. Zum zweiten war es die daraus entstehende Winkeländerung der Röhren.

Ein konstruktiver Schwerpunkt war die Berücksichtigung der Längenausdehnung des Kollektors bei wechselnden Temperaturen. Hierzu wurden zwei unterschiedliche Lösungen gefunden, die in Abhängigkeit der Geländetopografie und dem Baugrund eingesetzt werden können. Die Kollektorsegmente werden in 6m-Einheiten gefertigt und dann „flexibel“ miteinander verbunden. Das Konzept aus einzelnen Kollektorsegmenten und flexiblen Kupplungen machten eine Untersuchung in einer Klimakammer überflüssig.

Für das Sammlerrohr wird ein Präzisionsrohr aus Stahl verwendet. Dies hat den Hintergrund, dass die Kupplungsstücke zwischen den Kollektoren keine hohen Abweichungen verzeihen. Um den Abstand zwischen den Kollektoren zur Ertragssteigerung möglichst gering zu halten, wurden hier Straub-Flex Mega-Schnellkupplungen verwendet. Gegenüber einem alternativen Anschluss mit dem sogenannten Omega-Bogen konnte der Kollektorabstand um circa 20 Zentimeter reduziert werden. Die



Längenausdehnung in einem Kollektorsegment wird durch die Bauteile aufgenommen. Das Sammlerrohr ist mittig fixiert, sodass eine Bewegung von der Mitte aus in beide Richtungen erzwungen wird. Zwischen den Kollektorsegmenten kann die flexible Verbindung die Längenänderung aufnehmen.

In der ersten Lösung findet die Mega-Schnellkupplung von Straub (Abb. 9 rechts) Verwendung, die über eine Gummidichtung die Längenausdehnung ausgleicht. Die Vorteile sind geringe Kosten, kurze Montagezeiten und ein geringer Platzbedarf. Das System dichtet über den Innendruck, das heißt bei hohem Systemdruck in der Anlage erhöht sich auch die Anpresskraft der Kupplung. Der Nachteil der Mega-Schnellkupplung ist die enge Toleranz. Es kann nur eine begrenzte Winkelabweichung und eine bestimmter Versatz der Sammlerrohre zueinander ausgeglichen werden.

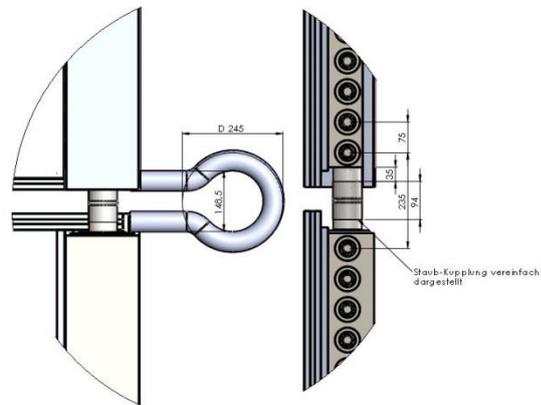


Abb. 9: Varianten der Segmentverbindung.

Als zweiten Lösungsansatz wurde die Verwendung von Omega-Bögen (Abb. 9 links) getestet. Diese Variante ist deutlich flexibler, was die Verwendung in hügeligem Gelände sowie bei instabilem Baugrund ermöglicht. Durch einen höheren Konstruktions- und Montageaufwand sind allerdings die zu erwartenden Kosten höher. Bei dem bisher aufgebauten Testfeld in Graz (Kap. 6.2) wurde die Straub Schnellkupplung verwendet. Daraus konnten wir Erfahrungen und Erkenntnisse ableiten, die uns die Praxistauglichkeit aufzeigten. In der nun marktreifen Variante des MEGA-Kollektors entschieden wir uns aufgrund der wesentlich flexibleren Eigenschaften für die künftige Verwendung von Omega-Bögen. Eine konstruktive Anpassung der MEGA-Kollektoren erlaubt jetzt, dass die Kollektorsegmente direkt nebeneinander montiert werden können, da sich die Anschlüsse an der Rückseite befinden.

Aufgrund der Ausdehnung des Sammlerrohrs ergibt sich eine Winkeländerung durch die verschiedenen Materialien, die im Sammlerkasten und im Fußteil verbaut werden. Die Röhren sind am Fußteil in einer Clipvorrichtung fixiert, welche fest mit dem Stahlrahmen verbunden ist. Daraus ergibt sich eine andere Längenausdehnung als für den Sammlerkasten. Die Ausdehnung des Sammlers wird an den Omega-Bögen aufgenommen. Das Rohr ist mittig am Reflektor verschraubt und dehnt sich somit nach links und rechts aus. Die innere Isolierung ist segmentiert. Dadurch ist eine spaltüberbrückende Verschiebung des Sammlerrohrs in der Isolierung möglich. Mit Hilfe von Berechnungen für die zu erwartende Längenausdehnung des Stahlrohres des Sammlers wurde eine Winkeländerung berechnet. Hierbei wurden mit einem halben Grad Abweichung Ergebnisse erzielt, die keine bauliche Anpassung am Fußteil notwendig machen.



3.2.3 Auslaufschutz Wärmeleitpaste

An der Einsteckstelle zwischen dem Kondensator der Röhre und der Hülse des Sammlers wird zur besseren und schnelleren Wärmeübertragung eine Wärmeleitpaste eingetragen. Diese kann aus verschiedenen Grundstoffen zusammengesetzt sein. Die von AkoTec in Serie verwendete Paste ist Ferrotherm 4 der Firma IBF-FEROTHERM ist eine auf Silikonbasis hergestellte WLP für höchste Temperatur-, Wärmeleit- und Stabilitäts-Anforderungen. Eine zu untersuchende Fragestellung war, ob die Wärmeleitpaste bei Temperaturanstieg aus der Steckverbindung austritt und somit die Wärmeübertragungseigenschaften schlechter werden, oder nicht. Für diese Eventualität hätte AkoTec einen Auslaufschutz entwickelt und an die Konstruktion des MEGA-Kollektors angepasst.



Abb. 10: Versuche zum Auslaufen der Wärmeleitpaste

Nach intensiven Tests mit zyklischen Aufheiz- und Abkühlintervallen sowie Daueraufheizen auf 140°C (Abb. 10) (Stagnationstemperatur der verwendeten Heat Pipe Röhren) konnten keine Hinweise darauf gefunden werden, dass die Wärmepaste austritt oder ausläuft. Aus diesem Grund ist keine konstruktive Lösung notwendig.

3.2.4 Prototyp Konstruktion MEGA-Kollektor

Ein erster Musterkollektor wurde konstruiert und gefertigt. Hierfür wurde eine Vielzahl von Voruntersuchungen vorgenommen und die Ergebnisse in die Konstruktion einbezogen. Hervorzuheben ist hier die Untersuchung der Sammlerdimension. Es galt ein Optimum aus Druckverlust, Wärmeübertragung und Materialkosten zu finden. Mit zunehmendem Rohrdurchmesser sinkt der Druckverlust, was größere Modulfelder ermöglicht. Gleichzeitig sinkt aber auch der Turbulenzgrad der Strömung was zu einem schlechteren Wärmeübergang zwischen Röhren



Abb. 11: erste Montage der entworfenen Isolierung

und Solarflüssigkeit führt. Überdies steigen die Materialkosten. Wir haben mit einem Rohr DN 65 einen Rohrdurchmesser gefunden, bei dem wir gute Eigenschaften berechneten und auch anschließend messtechnisch evaluieren konnten. Die Einsteckhülsen, die der Verbindung von Vakuumröhre und Sammlerkasten sowie der Wärmeübertragung dienen, wurden aus der Serienfertigung adaptiert. Hierbei handelte es sich um Hülsen, welche in das Sammlerrohr eingelötet werden. Wie oben bereits erwähnt, wurden die Kupferhülsen nach den ersten Erfahrungen gegen Stahlhülsen getauscht.

Neben der Fragestellung des Sammlerrohrs war die Auswahl der Isolierung eine ebenso wichtige Aufgabe. Es wurden unterschiedliche Dämmstoffe und Dämmstärken untersucht und schließlich eine Sandwichisolierung bestehend aus Polyurethan - Hartschaum und Hochtemperatur - Hartschaum ausgewählt. Die äußere Dämmschicht ist mit Aluminium kaschiert (Abb. 11).



Abb. 12: Erstmontage des Rahmens

Die Rahmenkonstruktion des MEGA-Kollektors wurde komplett aus Aluminium konstruiert und gebaut (Abb. 12). Im Verlauf der ersten Tests und Aufbauten wurde diese Bauweise jedoch als zu instabil bewertet und mittlerweile durch eine Stahlkonstruktion ersetzt. Dies erhöhte zwar das Gewicht des gesamten Kollektorsegments deutlich, zeigt aber eine wesentlich bessere Steifigkeit und gibt allein durch das Gewicht eine höhere Stabilität bei der Endmontage.

Auf der Rückseite der Röhren befindet sich ein Reflektor mit hohem Reflexionsgrad, der für eine Erhöhung der Kollektorleistung speziell bei diffusem und schräg einfallendem Licht sorgt. Des Weiteren bewirkt der Reflektor eine Versteifung des Kollektorsegments.

Alle Bauteile wurden hinsichtlich der Modulproduktion im Werk optimiert.

3.2.5 Konstruktion Untergestell mit Fundament

Die Anlieferung der MEGA-Kollektorsegmente an der Baustelle erfolgt endmontiert inklusive der Röhren. Somit werden die Kollektoren aus den Versandpaletten gelöst, mit einem Kran herausgehoben und direkt auf den finalen Ort gesetzt. Das bedarf der Vorkonstruktion eines Fundamentes sowie eines Untergestells. Das Fundament wird nach vorgegebenen Maßen des Bauherren bereits vorgefertigt zur Verfügung gestellt. Darauf aufmontiert wird ein Montagegestell, welches von AkoTec mitgeliefert wird.

Für den ersten Aufbau auf der Testfläche in Graz wurde das Untergestell aus Aluminium konzipiert und gebaut. Jedoch bereits während der Montage fiel auf, dass die Steifigkeit und Stabilität nicht ausreicht, um diese marktreif anzubieten. Dafür wird derzeit eine neue Konstruktion entworfen und künftig mit angeboten.



3.3 Versuchsaufbauten und Test

3.3.1 Inhouse-Messstand für Druckverlustmessung Dauertesteinrichtung Alterungstests

Für die Druckverlustmessung im Sammlerrohr wurde von AkoTec ein Messstand entwickelt und aufgebaut (Abb. 13). Dieser umfasste ein Sammlerrohr mit dem ausgewählten Innendurchmesser (d_i) von 64mm sowie 78 Hülse sowie einem Kreislaufpumpensystem mit Wasser gefüllt. Das Sammlerrohr



war vor der ersten Hülse sowie nach der letzten Hülse mit einem Strömungssensor ausgestattet. Zudem verfügte es über Beruhigungszonen mit einer Länge von 130cm jeweils vor und nach der letzten Hülse. Die Strömungsmesser waren in beiden Beruhigungszonen in der Mitte verbaut, so dass eine laminare Strömung vermutet werden konnte. Anschließend wurde die gesamte Anlage Luftblasen frei gepumpt und verschlossen. Im Verlauf der Messung wurden in 5- Liter- Schritten Volumenströme von 20 Liter pro Minute bis zu 86,5 Liter pro Minute durch die Vorrichtung gepumpt.

Bei großflächigen Anlagen werden mehrere Kollektorsegmente hintereinander geschaltet. Dadurch ergibt sich eine Vervielfältigung der Hülsenzah. In diesem Fall wird ein höherer Volumenstrom benötigt, um den Wärmeabtransport nach wie vor gewährleisten zu können. Dies wurde in die Berechnungen miteinbezogen und es konnte eine zuverlässige Übersicht bis zu einer Anzahl von 1559 Hülse erstellt werden, was einem Volumenstrom von 86,5 Liter pro Minute entspricht, zu sehen in Tabelle 3.

Abb. 13: Messstand der Druckverlustmessung

Tabelle 3: Druckverlust bei variierendem Volumenstrom und q_m Anzahl

Volumenstrom [l/min]	Druckverlust [mbar/m]	Volumenstrom entspricht Röhren	Quadratmeter Brutto
20	0,49	360	59
25	0,82	450	74
30	1,32	541	88
35	1,98	631	103
40	2,89	721	118
45	3,72	811	132
50	4,71	901	147
55	5,71	991	162
60	6,87	1081	176
65	8,02	1171	191
70	9,18	1261	206
75	10,67	1351	221
80	12,00	1441	235
86,5	13,96	1559	254

Als Grundlage der Berechnung wurde eine Temperatur für das Wärmetransportfluid von 20 C° definiert. Das bedeutet, dass die Erhöhung des Volumenstroms dadurch zustande kommt, dass die Fluidtemperatur bei stetigen 20 C° liegen soll. Bei einer höheren Temperatur ist im Betrieb der Anlage ein geringerer Druckverlust zu erwarten.



Es wurde eine theoretische Berechnung erstellt. In dieser wurden zum einen die gemessenen Werte bestätigt und zum anderen die Anzahl der Röhren auf bis zu 2652 also einem Volumenstrom von 150 L/min erweitert wie in Abbildung 14 abzulesen ist.

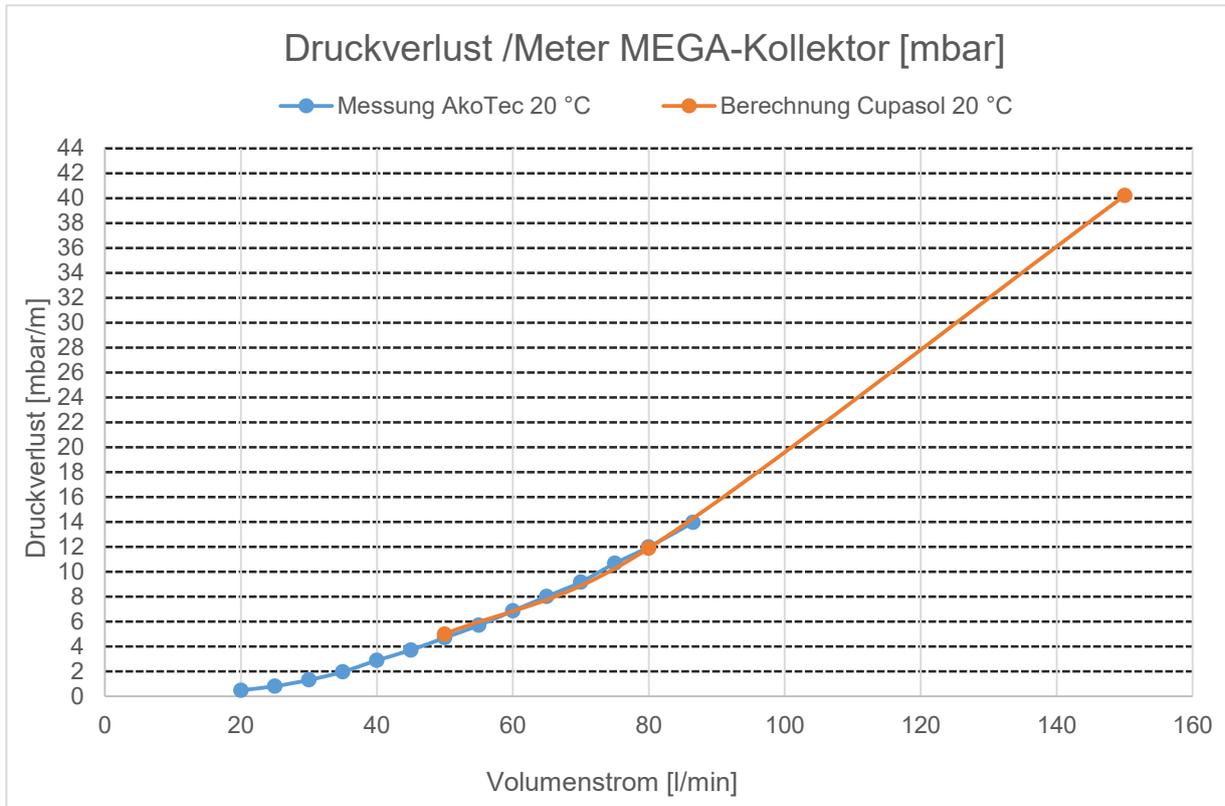


Abb. 14: Ergebnisse der Druckverlustmessung sowie theoretischer Berechnungen

3.3.2 Ergebnisse Tests in externer Klimakammer FH-Stralsund

Das Konzept aus einzelnen Kollektorsegmenten und flexiblen Kupplungen bewirkt, dass die Längenänderung des Sammlers pro Röhre nur noch sehr gering ausfällt. Die Dadurch auftretende Winkeländerung der Röhre von Sammleranbindung zu Röhrenende ist sehr gering und damit tolerierbar. Dies machte eine Untersuchung in einer Klimakammer überflüssig.



3.3.3 Zertifizierung durch den TÜV Rheinland

Die Zertifizierung beim TÜV Rheinland wurde bereits im August 2017 in Auftrag gegeben. Daraufhin wurden Musterkollektoren gefertigt und zur Vermessung geschickt. Der Prüfzeitraum erstreckte sich vom 29. August 2017 bis zum 19. Januar 2018. Dabei wurden verschiedene in Auftrag gegebene Attribute geprüft. Die Vermessungen wurden aufgrund der späten Jahreszeit In-House durchgeführt (Abb. 15).



Abb. 15: Vermessung eines MEGA-Kollektorsegments beim TÜV Rheinland

Das DIN Certco Zertifikat wurde am 22. Januar 2018 ausgestellt und verfügt über eine Gültigkeit bis zum 31.01.2023.

4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

4.1 Analyse Wirtschaftlichkeit semi knocked down oder Modul

Im Sinne der Wirtschaftlichkeit wurde sich für eine komplette Modulbauweise entschieden. Das bedeutete einen strukturellen Ablaufplan während der Produktionsphase zu entwickeln. Hier ist es jedoch sehr einfach, alle Teile, welche aufeinander aufbauen, zusammen zu setzen. Anschließend werden die endgefertigten Kollektorsegmente auf einer Palette versandfertig verpackt. Der große Vorteil ist, dass auf der Baustelle die Montage der Kollektorsegmente in sehr einfachen und schnellen Schritten erfolgen kann. Diese werden hier nur noch entladen und auf die bereits vor Ort aufgebauten Montagegestelle gesetzt, anschließend lediglich mittels der Omega-Bögen miteinander verbunden und an das System angeschlossen.



4.2 Analyse der gewählten Materialien und Komponenten

Die Analyse von Materialien, Komponenten sowie Produktionsweise ist stets und dauerhaft Teil der Projektplanung bei AkoTec. Diese wird ständig hinterfragt und im Hinblick auf Gesichtspunkte wie Wirtschaftlichkeit, Finanzen oder Funktionalität überprüft. So ergaben sich zum Beispiel Anpassungen u.a. für den Rahmen oder das Montagegestell wie in Kapitel 3.2 beschrieben.

4.3 Untersuchung rationelle Fertigung

Ein wichtiger Aspekt bei den laufenden Arbeiten ist eine rationelle Fertigung der Sammlerrohre. Um alle technischen Fragestellungen bezüglich der Fertigung des Sammlerrohrs beantworten zu können, wurde ein Teststand konzipiert, zu Teilen hergestellt und in Betrieb genommen.

Hier wurde im Speziellen der Einbau der Hülsen, welche die Kondensatorköpfe der Heatpipe - Röhren in das Sammlerrohr aufnehmen, untersucht.

Es galt nach wie vor, zwei maßgebliche Fragen zu klären.

1. Werden durchgehende Hülsen mit zwei Dichtstellen am Sammlerrohr verbaut oder geschlossene Hülsen, welche nur eine Verbindung zu Sammler aufweist, verwendet?
2. Wird die Verbindung der Hülsen zum Sammler durch eine Lötverbindung oder durch eine mechanische Pressverbindung realisiert?

Nach den ersten Versuchen wurde von dem Konzept mit geschlossenen Hülsen (Kupfer-Tiefziehhülsen), die mechanisch verpresst werden und über einen hitzebeständigen Silikonring dichten, Abstand genommen. Mit Hilfe des errichteten Teststands konnte zwar ein stabiler Prozess für die Einbringung der flowdrill-Bohrungen erzielt werden. Als Problem stellten sich jedoch die Kosten für die Tiefziehhülsen dar, die erst bei sehr hohen Stückzahlen wirtschaftlich sinnvoll werden. Als drittes Argument haben wir die mangelnde Erfahrung mit dieser Art der Dichtung unter Temperatureinfluss. Es wurden Verbindungen hergestellt und mit einem sehr hohen Prüfdruck beaufschlagt. Alle Verbindungen waren dicht. Es gibt allerdings keine Erfahrungen bezüglich dem Einfluss von thermomechanischen Belastungen, die zu Spaltbildung zwischen Hülse und Sammlerrohr führen könnten. Eine Reparatur im Feld von nur einer Leckage wäre nicht möglich, da nachpressen technisch nicht umsetzbar wäre und thermische Verfahren wie Löten durch Hitze einwirkung die benachbarten Hülsen beschädigen würden. Dies würde bedeuten, dass ein vollständiges Sammlerrohr getauscht werden müsste.

Im Funktionsmuster wurden durchgehende Hülsen manuell eingelötet. Dies führt zu einem hohen Arbeitsaufwand. Das Verlöten der Hülsen stellt eine sichere aber in handwerklich ausgeführter Weise kostenintensive Variante dar. Aus diesen Gründen wurde der Einsatz von einer automatisierten Löttechnik beschlossen. Die Prozessparameter werden ebenfalls auf dem Prüfstand ermittelt. Die ersten Versuche liefen bereits vielversprechend (Abb. 16).



Abb. 16: verschiedene Lötungen aus der Versuchsanlage.



Die Prozessschritte flowdrill bohren, aufreiben der Bohrung auf Passmaß und das Einsetzen der Hülsen bleibt erhalten, es wird lediglich eine Lötverbindung anstelle eines Pressverfahrens genutzt.



Abb. 17: erste Versuche der flowdrill Bohrung (links) und eine funktionsfähige Bohrung (rechts)

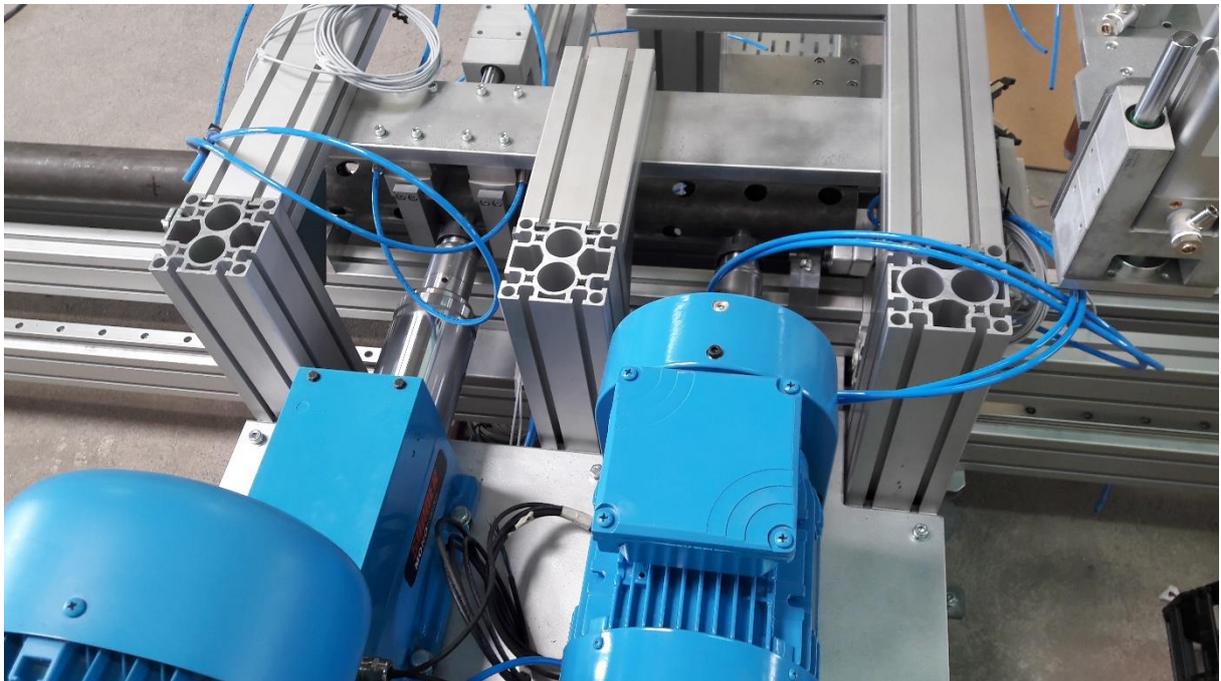


Abb. 18: Testmaschine mit Flowdrill Bohreinheit (links) und Fräseinheit (rechts)

Es wird über ein Flowdrill- Verfahren ein Loch in den Sammler eingebracht, welches mit einer Fräseinheit nachbearbeitet wird, um die nötigen Toleranzen zu erreichen (Abb. 17 und 18).



Der Teststand wurde nach der Fertigung erster Muster demontiert. Die Erkenntnisse, die hierbei entstanden, werden künftig in den Bau einer Sondermaschine einfließen, die für die Serienfertigung der MEGA-Kollektoren hergestellt und genutzt werden kann.

4.4 Analyse der gewählten Produktionsverfahren

Der Vorteil, den das Anfertigen von Prototypen mit sich bringt, ist, dass es sogleich Probleme oder Schwierigkeiten aufzeigt, welche somit im laufenden Prozess angepasst werden können. Zum Ende des Projektes wurde eine serientaugliche Produktionsweise entwickelt, die sich nun in der Umsetzungsplanung befindet.

4.5 Make- or- buy- Betrachtungen

Durch die jahrelange Erfahrung, die AkoTec mit der Herstellung von Vakuumröhrenkollektoren hat, ist es zum Teil einfacher und vor allem notwendig, einige Einzelteile selbst anzufertigen. Ein Beispiel ist das Sammlerrohr. Dieses wird als Rohling eingekauft und im Werk bis zur Endmontage bearbeitet. Die Einzelteile, die wiederum für die Endfertigung des Sammlerrohres benötigt werden, werden von Firmen bezogen, die sich auf diese Teile spezialisiert haben und diese in Stückzahlen liefern können, um somit eine kostengünstige Produktion zu ermöglichen.

Es wird also zu jeder Zeit, sowohl vor als auch während des Entwicklungsprozesses abgeschätzt, ob Teile in Eigenregie hergestellt oder eingekauft werden. Das muss auch Teil einer spontanen Projektplanung sein, da sich immer wieder Anpassungen ergeben während des Entwicklungsprozesses. Die Planung erfolgt immer strikt vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit.

5 Netzeinbindung

5.1 Modellierung versch. Nah- + Fernwärmesysteme FH-Stralsund

Während des Projektverlaufes kamen wir zu der Erkenntnis, dass es für Modellierung keinen Bedarf mehr gab. Aus diesem Grund wurde dieser Arbeitsschritt nicht ausgeführt oder fremdvergeben.

Begründung: Von Solites wurde mit Unterstützung des PTJ das Tool „Scenocalc“ entwickelt. Mit ScenoCalc Fernwärme (SCFW) kann der solare Nutzwärmeertrag von in Wärmenetze eingebundenen Solarthermieanlagen berechnet werden. Aufbauend auf der Berechnung des Kollektorertrags nach der Norm DIN EN ISO 9806 können mit SCFW weitere Komponenten einer Anlage wie Rohrleitungen, Wärmeüberträger und Wärmespeicher berücksichtigt werden, die die Berechnung des solaren Nutzwärmeertrags an der Einspeisestelle in ein Wärmenetz ermöglichen. Das Lastprofil des Wärmenetzes wird hierbei berücksichtigt.

Dieses Tool verfolgt den gleichen Ansatz und ist auch für uns verfügbar. Das Rad neu zu erfinden, ist für uns nicht sinnvoll.

5.2 Tool "Easy-Anlagen-Planer" EWUS, Berlin

Nach Antragstellung wurde die Software SCENOCALC FERNWÄRME, eine Software vom Steinbeis-Forschungsinstitut Solites entwickelt und vom BMWi gefördert für jeden Nutzer kostenlos zugänglich gemacht. Diese Software deckte einen großen Teil unserer geplanten Software ab und machte die Entwicklung somit überflüssig.



6 Musterprojekte

6.1 Röbeler Vorstadt

Im Verlauf des Projektes zeigte sich, dass das geplante Projekt nicht umsetzbar war. Die nötigen Baugenehmigungen waren nicht abzusehen. Als Alternative konnte mit Graz ein Musterprojekt realisiert werden.

6.2 Fernheizkraftwerk Graz

Es wurden 16 MEGA-Kollektor-Segmente im Rahmen der Big Solar Machbarkeitsstudie in Graz installiert (Abb. 19). Hier konnten Erfahrungen im Bereich Transport, Installation und Montage gesammelt werden. Im Moment läuft das Monitoring der Anlage, bei der wir Erkenntnisse über das Betriebsverhalten gewinnen. Durch die direkte Vergleichbarkeit mit anderen Bewerbern können wir die Leistungsfähigkeit unserer Technologie einordnen.



Abb. 19: Montage auf dem Testfeld in Graz

6.2.1 Bestandsaufnahme

Die Erkenntnisse konnten wie bereits beschrieben direkt in die Anpassungen von Konstruktion und Fertigung einfließen. So wurden Materialien geändert aber auch die Bauweise einzelner Teile angepasst.

6.2.2 Konstruktion Kollektor

Aufgrund des engen Zeitplans wurde die Fertigung der 16 Kollektorsegmente für das Testfeld noch über weite Strecken in handwerklicher Arbeitsweise bewerkstelligt, d.h. es wurden konventionell Löcher in die Sammlerrohre gebohrt und die Kupferhülsen von Hand eingelötet. Um den Serienkollektor in Zukunft wirtschaftlich herstellen zu können, arbeiten wir nach wie vor an rationellen Fertigungsverfahren. Dies betrifft zum einen das Sammlerrohr und zum anderen die Rahmenkonstruktion.

6.2.3 Monitoring

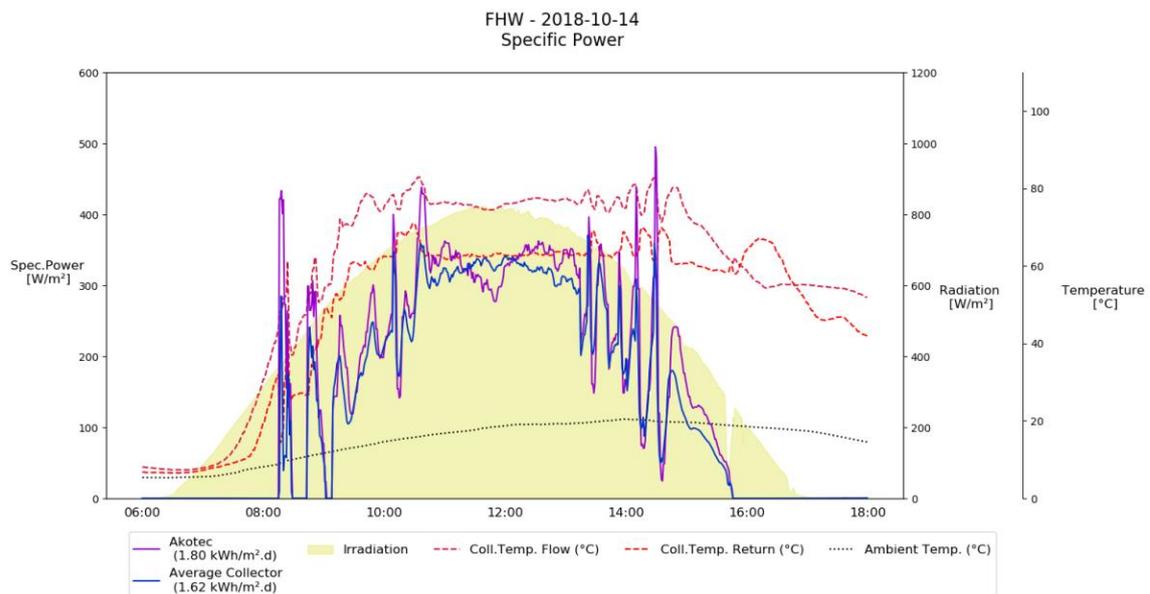
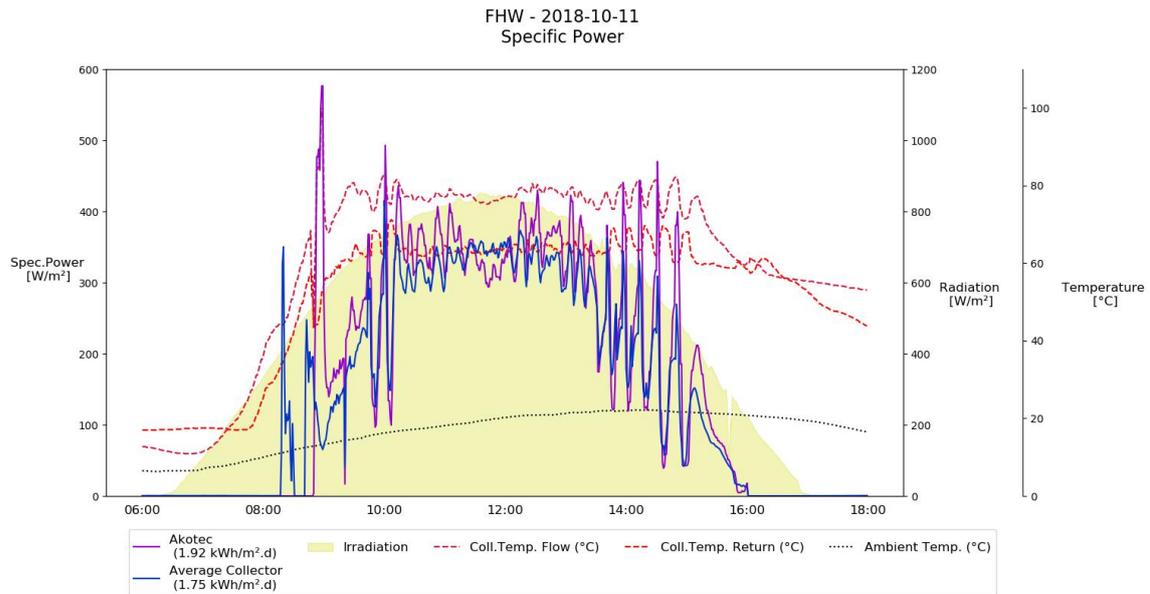
Die Solarthermieanlage, die in die Fernheizung Graz integriert wurde, wird laufend von einem Monitoring begleitet und verglichen wird mit einem doppelt verglasten Flachkollektor mit Wärmeschutzfolie. Die Ergebnisse sind nach den vorher definierten Erwartungen sehr gut. Die sehr gute Isolation zeigt auch bei hohen Temperaturen im Vorlauf ihre Wirkung. Bemerkenswert ist der deutlich höhere Ertrag bei geringer Einstrahlung.

Leider haben wir auf die Betriebsführung der Solarthermieanlage nur beratenden Einfluss. Unschwer erkennbar ist, dass die MEGA-Kollektoren in der Startsituation zu spät anfahren. Dies bedeutet



unnötige Wärmeverluste (Abb. 20). Ursache dafür ist die Fühlerposition bei den MEGA-Kollektoren. Dieser ist ungünstig angebracht und fühlt die anstehende Wärme zu spät. Der Minderertrag ist nicht einschätzbar. Bei richtiger Fühlerposition sind höhere Erträge zu erwarten.

In Abbildung 20 sind neben dem Verlauf der Tageseinstrahlung und dem Tagestemperaturverlauf ebenso direkte Werte des MEGA-Kollektors wie die Fluidtemperatur beim Ein- bzw. Austritt abzulesen genauso wie der Ertrag, der an dem betreffenden Tag generiert werden konnte. Die Ergebnisse zeigen trotzdem einen deutlichen Mehrertrag im Vergleich zu einem überdurchschnittlichen Großanlagen Flachkollektor.





FHW - 2018-10-15
Specific Power

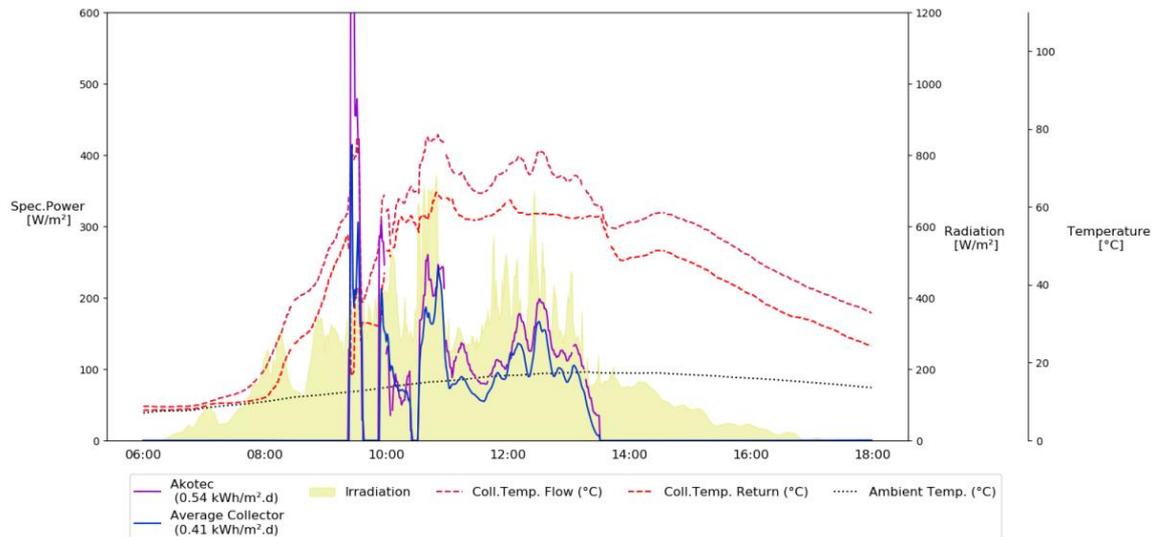


Abb. 20: gemessene Temperaturverläufe der Testanlage in Graz

7 Recycling und Energieamortisation

Nicht zuletzt durch den stetig steigenden Bedarf an solarthermischen Anlagen rückt die Frage der Entsorgung und des Recyclings in den Fokus. Ebenso wichtig ist die Frage der Energieamortisation, also der Zeitraum in der die für die Produktion des Kollektors aufgewendete Energie vom Kollektor selber als Äquivalent generiert wurde. Das folgende Kapitel wird sich mit diesen Fragen auseinandersetzen und für das vorliegende Forschungsprojekt beantworten.

7.1 Recycling

Der solarthermische MEGA-Kollektor der Firma AkoTec, welcher für dieses Projekt entwickelt und angewendet wurde, besteht aus einer Vielzahl von Teilen. Aufgrund der Möglichkeit die Kollektoranlage in seine Einzelteile zu zerlegen, entstehen für die Komponenten jeweils eigene Möglichkeiten für das Recycling. Diese werden im Folgenden näher beschrieben. Für eine möglichst reibungslose Wiederverwertung wurde bei der Produktentwicklung darauf geachtet langlebige und leicht recyclingfähige Materialien einzusetzen. Die Hauptkomponenten bestehen aus Stahl, Kupfer und Glas. Auf Verbundwerkstoffe wurde bewusst verzichtet.

7.1.1 Röhre

Die Kollektorröhre besteht zum größten Teil aus Kalk-Natron Glas (79,65%) und Kupfer (19,05%). Weitere Bestandteile sind Edelstahl, Nickel, Silber, Eisen, Aluminium und Barium in teils sehr geringen Mengen. Obwohl das Glas des MEGA-Kollektors mit Kalk-Natron dieselbe Zusammensetzung besitzt wie normales Flaschenglas, wird es nicht als Alt-Glas behandelt. Es darf somit nicht in den verbreiteten Alt-Glas-Containern entsorgt werden. Die Röhre wird in der Regel im gesamten bei einem Entsorgungsunternehmen abgegeben, die sich um die Trennung der Materialien und deren Wiedereinführung in den Rohstoffkreislauf kümmert. Die Komponenten sind vollständig recycelbar, nachdem sie in ihre Einzelteile zerlegt wurden. Besonders bei den Rohstoffen Glas und Kupfer sind nach der Wiederaufbereitung keine Qualitätseinbußen zu erwarten.



7.1.2 Sammlerrohr

Das Sammlerrohr besteht aus Stahl, in welches Hülsen eingelötet wurden. Diese beiden Komponenten können mechanisch wieder voneinander getrennt und anschließend nach Aufarbeitung dem Rohstoffzyklus zugeführt werden.

7.1.3 Rahmen

Der Rahmen oder besser bezeichnet das Untergestell besteht vollständig aus verzinktem Stahl und Aluminium. Ersterer kann vollständig recycelt und wieder in die Bestandteile Stahl und Zink getrennt werden. Das Recycling von Stahlschrott stellt mittlerweile eine der wichtigsten Rohstoffquellen für die Stahlindustrie dar. Die Wiederverwertung von Aluminium kann ebenso vollständig erfolgen. Nach dem Trennen der Einzelteile werden durch verschiedene Verfahren reine Aluminiumblöcke geschmolzen, welche ohne Qualitätsverlust dem Rohstoffmarkt wieder zugeführt werden.

7.1.4 Isolierung

Die Isolierung des MEGA-Kollektors besteht aus zwei verschiedenen Arten von Polyurethan. Dieser kann nach Abbau der Anlage komplett wiederverwertet werden. Zumeist findet hier ein Recycling zu anderen Materialien statt. Da allerdings der Markt für die Recyclate nicht groß ist [3, S.2], findet in größerem Maße eine thermische Verwertung durch Verbrennung statt.

7.1.5 Solarflüssigkeit

Die Solarflüssigkeit, welche für den Transport der gespeicherten Wärme zum Wärmetauscher dient und aus einem 1,2 Propylenglycol/Wasser Gemisch besteht, besitzt die Wassergefährdungsklasse 1 und kann bei Entsorgungsunternehmen abgegeben werden. Dies ist während der Lebenszeit des Kollektors der Fall, falls die Flüssigkeit getauscht werden muss oder aber bei Abbau der gesamten Anlage. Durch die Einleitung der Solarflüssigkeit in die biologische Kläranlage ist kein negativer Einfluss auf die Aktivität des Belebtschlammes zu erwarten [1, S.6]).

7.2 Energieamortisation

Die Energetische Amortisationszeit gibt einen Überblick über die für die Produktion eingesetzte Energie im Verhältnis zu der durch den Kollektor im Betrieb produzierten Energie. Mittlerweile existieren für die Ermittlung von Energieamortisationszeiten verschiedene Datenbanken und Werkzeuge, um eine Aussage zu treffen. Trotz dessen ist diese von einer Vielzahl von Faktoren wie zum Beispiel dem Rohstoffmarkt, den schwankenden Produktionskosten oder der geografischen Lage des Aufstellungsortes etc. abhängig. Zudem können unterschiedliche Berechnungen für dieselbe Anlage zu erheblichen Differenzen in den Ergebnissen führen. Da die Amortisationszeit jedoch in allen Berechnungen stets um ein Vielfaches geringer ist als die Lebensdauer, bleibt die Bilanz positiv.

Anhand des erforderlichen Primärenergieaufwandes, der für die Herstellung eines Produktes benötigt wird, kann eine Verhältnisrechnung dargestellt werden. Laut dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung wird für die Herstellung von Vakuumröhrenkollektoren eine primäre Energiemenge von 673 kWh/m² benötigt (5, S.53). Für die Bewertung des MEGA-Kollektors wurden Daten aus den Datenbanken ecoinvent und SimaPro verwendet. Es wurde jedoch keine vollständige Berechnung durch diese Datenbanken durchgeführt. Laut Angaben der beiden Datenbanken stammen die Zahlen zum Teil aus vergangenen Berichtsperioden, wurden teils extrapoliert und besitzen noch eine Gültigkeit bis Mitte 2019. Mittels der gesammelten Daten konnte aber anhand der einzelnen Bauteile sowie verwendeten Materialien und deren Gewicht eine Energiebilanz errechnet werden (Tabelle 4). In dieser Berechnung fehlend ist der Energieaufwand, um aus dem Rohmaterialien Stahl und Aluminium die Formteile zu produzieren, welche beim MEGA-Kollektor verbaut wurden. Für die Herstellung der Vakuumröhre konnten ebenfalls nur rudimentäre Werte angenommen werden. Der Hersteller konnte uns keine verlässlichen Daten zur Verfügung stellen. So wurden für die Vakuumröhre ebenfalls Daten aus ecoinvent sowie SimaPro verwendet.



Tabelle 4: Tabellarische Übersicht des Energieaufwandes pro Kollektor und der Einzelteile

	Prozess	zu bearbeitendes Gewicht (kg) pro m ²	Gewicht pro Kollektor	Energieaufwand (kWh) pro m ²	Energieaufwand (kWh) pro Kollektor
Glasröhre					
Glasröhre	Schmelzen und Strangziehen	11,120	144,449	11,516	149,591
Absorber	Kupferproduktion	0,725	9,424	0,161	2,093
GM Verbinder	Stahlproduktion	0,019	0,248	0,003	0,035
Kupfer Röhre	Kupferproduktion	1,578	20,493	0,701	9,108
Produktion der fertigen Röhre	Zusammenbau, Verschmelzen, Vakuum etc.	14,070	182,769	281,400	3655,386
Transport	Transport		6,864	1,100	14,290
Sammler					
Sammler Rohr	Stahlproduktion	1,341	17,420	6,670	86,643
Transport			0,552	0,042	0,552
Hülsen	Stahlproduktion	0,282	3,666	1,403	18,225
Transport			0,461	0,035	0,461
Rahmen					
Rahmen	Stahlproduktion	3,3270	43,218	16,545	214,920
Transport			5,429	0,214	2,780
Schrauben	Stahlproduktion	0,0175	0,227	0,087	1,130
Transport			0,055	0,004	0,055
Reflektor	Stahlproduktion	5,8825	76,413	29,250	379,958
	Verzinken			3,002	39,000
Transport			23,927	1,842	23,927
Verbinder	Aluminiumproduktion	0,0673	0,874	0,338	4,387
Transport			0,059	0,005	0,059
Winkel	Aluminiumproduktion	0,6743	8,760	3,385	43,968
Transport			0,587	0,045	0,587
Röhrenklammer	Spritzguss PA6	0,1379	1,791	0,204	2,651
Transport			0,050	0,004	0,050
Verkleidung oben	Aluminiumproduktion	0,9115	11,840	14,310	185,887
Verkleidung unten	Aluminiumproduktion	0,4388	5,700	6,889	89,488
Transport			0,644	0,050	0,644
Isolation					
Gesamt	Polyurethane starr Schaum E	1,426	18,524	40,196	522,147
Transport			3,156	0,475	6,165
Umformung und Schweißen					
	Stahl	10,850	140,943	96,783	1257,216
	Aluminium	1,350	17,540	9,978	129,621
Endfertigung					
Produktion	Sammler Bohren, Löten			1,155	15
Montage				0,769	10
				Verbrauch pro qm	Verbrauch pro Kollektor
				528,56	6866,02



Somit ergibt sich für den MEGA- Kollektor ein energetischer Verbrauch von 528,56 kWh pro m². Für die Fertigung des gesamten Kollektors bedarf es demnach eines Energieaufwandes von 6866,02 kWh/m². Der jährliche Ertrag des MEGA-Kollektors wurde im Zertifikat von DIN-Certco bei einer Fluidtemperatur von 50C° in Würzburg mit 7746 kWh pro Jahr angegeben. Als abschließendes Ergebnis ergibt sich daraus eine errechnete energetische Amortisationszeit von 10,64 Monaten. Wie bereits erwähnt, fehlen in dieser Berechnung jedoch verschiedene Faktoren. Vor allem die Produktion der Vakuumröhren dürfte hier bedeutsam sein.

Da das Thema der Amortisation einen hohen Stellenwert einnimmt, aber noch immer eine Vielzahl von Unsicherheiten und verschiedene Ansätze in sich birgt, ist die Universität Stuttgart momentan dabei, ein Forschungsprojekt zu entwickeln, welches sich direkt mit diesem Thema in Bezug auf solarthermische Kollektoren beschäftigt. Aller Voraussicht nach wird AkoTec Teil dieses Projektes um zukünftig valide Daten zur Verfügung stellen zu können.

8 Ergebnis und Ausblick

Das Projekt SysNet ermöglichte uns, die Idee eines MEGA-Kollektors für den Einsatz von Solarthermie in Nah- und Fernwärmenetze in die Praxis umzusetzen. Wir entwickelten während der Projektlaufzeit einen marktreifen Kollektor mit einer Spitzenleistung von bis zu 1.500 KW_{peak}. Alle wesentlichen Fragestellungen der Konstruktion konnten beantwortet werden. Von den Daten der ersten Funktionsmuster konnten wir Ableitungen ziehen, die zu einer Anpassung in Hinblick auf Effektivitätssteigerung sowie Kostenreduzierungen führten. Für Fragestellungen wie der Längenausdehnung wurden verschiedene Alternativen getestet und konstruktive Ansätze gefunden, um einen sicheren Dauerbetrieb zu gewährleisten. Zur Vereinfachung für den Kunden haben wir Konzepte erarbeitet, die MEGA-Kollektoren sicher zur Baustelle zu transportieren und vor Ort zu installieren. Das im Antrag aufgeführte Ziel, die Produktionskosten unter 300,- € pro m² zu realisieren, wurde deutlich erreicht. Mit Hilfe der kontinuierlichen Kalkulation und alternativen Herstellern konnten wir derzeit Kosten von unter 250 € pro m² realisieren.

Das Ziel, aus marktverfügbaren Einzelkomponenten ein wirtschaftliches Serienprodukt zu fertigen, wurde erreicht. Allerdings hat sich während unserer Produktentwicklung die Anforderung an das Projekt deutlich verschoben. Als Hersteller des MEGA-Kollektors ist es nicht zwingend notwendig, sich mit den Wärmenetzen tiefgreifend zu beschäftigen. Wir stellten bereits während der Projektphase fest, dass die Kunden ohne Aktivitäten unsererseits auf uns zukamen. Der Markt sucht nach einem Röhrenkollektorprodukt, da bisher lediglich ein anderer Anbieter ein Produkt für diese Anwendung marktreif vorweisen kann. Der Markt der solaren Wärmenetze ist stark umkämpft und die höchste Priorität liegt aus unserer Sicht derzeit in einem guten, preisgünstigen Produkt.

Wir konnten mit dem Fernheizkraftwerk der Stadt Graz bereits einen Partner finden, der die mit den entwickelten MEGA-Kollektoren erzeugte Solarenergie in das Fernwärmenetz einspeist. Derzeit nehmen wir mit dem entwickelten Produkt an verschiedenen Ausschreibungen in Deutschland teil. Hierbei handelt es sich bereits um große Stückzahlen, was ein deutlicher Fingerzeig für die Zukunft des MEGA-Kollektors ist.

Die nächsten Schritte für ein marktfähiges Produkt sind die Optimierung der Feldmontage und eine stromlose Frostschutzfunktion. Dafür werden weitere Forschung und Entwicklung nötig sein.



9 Quellen

1 Photovoltaik- und Solarthermieranlagen - Aufbau, Verwendung, Verwertung und Entsorgung 2002, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.), Augsburg 2002

2 e.l.b.w. Umwelttechnik: Recycling von Zink aus verzinktem Stahl, 2015

3 Beseitigung und Recycling von PUR-Hartschaumbauabfällen – Positionspapier der Polyurethan-Hartschaum Industrie, Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V., 2002

4 <https://www.solarthermie.net/wissen/energetische-amortisation>

5 Umweltstandards für thermische Solarkollektoren unter besonderer Berücksichtigung der selektiven Beschichtung ihrer Absorber Oberflächen, Volker Handke, Christian Kamburow, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, 2009