Hes.so // VALAIS Haute Ecole d'Ingénierie Hochschule für Ingenieurwissenschaften

Studiengang Systemtechnik Vertiefungsrichtung Design & Materials

Diplom 2014

Fernando Petrig

Hochtemperatur– Sonnenkonzentrator durch Integration vieler Einzelsysteme

Dozenten Chrisoph Ellert Alain Moreillon Experte Michel Dubas

Datum der Abgabe des Schlussberichts 11. Juli 2014



 $\Sigma \pi \approx \&$

HES-SO Valais-Wallis • rte du Rawyl 47 • C.P. • 1950 Sion 2 +41 27 606 85 11 • info@hevs.ch • www.hevs.ch

Données du travail de diplôme Daten der Diplomarbeit

FSI FTV	Année académique <i>I Studienjahr</i> 2013/14	No TD <i> / Nr. DA</i> dm/2014/56
Mandant <i>/ Auftraggeber</i> ⊠ HES—SO Valais □ Industrie □ Etablissement partenaire	Etudiant <i>I Student</i> Fernando Petrig Professeur / Dozent Christoph Ellert	Lieu d'exécution / Ausführungsort HES—SO Valais Industrie Etablissement partenaire
Partnerinstitution	Alain Moreillon	Partnerinstitution
Travail confidentiel / <i>vertrauliche Arbeit</i> □ oui / ja ¹ ⊠ non / nein	Expert / Experte (données complètes) Michel Dubas Route du Sanetsch 15 1950 Sion	

Titre / Titel

Hochtemperatur-Sonnenkonzentrator durch Integration vieler Einzelsysteme

Description / Beschreibung

Mittels fokussierter Sonnenstrahlung von mehreren Quadratmetern soll für einen Demonstrator eine Fläche von 10x10cm² auf Temperaturen weit über 1000°C geheizt werden. Statt eines großen Parabolspiegels sollen viele kleinere flache oder schwach parabolisch geformte Spiegel auf einen Punkt konzentrieren. Dieses Konzept des Heliostaten soll mittels dreier Prototypen mit mechanischem Nachführsystem aufgebaut und getestet werden. Basierend auf den Ergebnissen der Semesterarbeit wird die Variante mit flachen Spiegeln und Fresnellinse und äquatoriale Montierung gewählt.

Verschiedene industrielle Anwendungen sind geplant (chemische Reaktionen bei hohen Temperaturen) oder ein Einsatz für einen Stirling-Motor.

Objectifs / Ziele

- Beschaffung der mechanischen Elemente
- Beschaffung des Sensors und der Antriebe
- Entwurf & Realisierung der elektrischen Ansteuerung der Antriebsmotoren inklusive passender Untersetzung
- Zusammenbau, Inbetriebnahme und Testmessungen der erreichbaren Temperatur.

Signature ou visa / Unterschrift oder Visum	Délais / Termine
Responsable de l'orientation Leiter der Vertiefungsrichtung:	Attribution du thème / Ausgabe des Auftrags: 12.05.2014
¹ Etudiant / Student :	Remise du rapport / <i>Abgabe des Schlussberichts:</i> 11.07.2014, 12:00
	Expositions / Ausstellungen der Diplomarbeiten: 27 – 29.08.2014
	Défense orale <i>l Mündliche Verfechtung:</i> Semaine Woche 36

Rapport reçu le / Schlussbericht erhalten am Visa du secrétariat / Visum des Sekretariats

Par sa signature, l'étudiant-e s'engage à respecter strictement la directive DI.1.2.02.07 liée au travail de diplôme. Durch seine Unterschrift verpflichtet sich der/die Student/in, sich an die Richtlinie DI.1.2.02.07 der Diplomarbeit zu halten.





Diplomarbeit | 2014 |



Anwendungsbereich Design & Materials

Verantwortliche/r Dozent/in Dr. Christoph Ellert christoph.ellert@hevs.ch M. Alain Moreillon alain.moreillon@hevs.ch

Hochtemperatur Sonnenkonzentrator

Diplomand/in

Fernando Petrig

Ziel des Projekts

Hochtemperaturanwendungen (Chemie, Stirling, etc.) benötigen Temperaturen von mehreren hundert bis über 1000°C. Dies wird erreicht indem viele nachführbare Spiegel (Heliostaten) die Sonnenstrahlung auf eine Fläche von 10cm x 10cm konzentrieren.

Methoden | Experimente | Resultate

Mittels Raytracing (Matlab) und Analyse der optischen Gegebenheiten wurde entschieden, eine Heliostatenanlage mit flachen Spiegeln zu realisieren. Um die Strahlung, welche auf die zahlreichen Spiegel (60cm x 60cm) trifft, nach der Reflexion stärker zu konzentrieren (10cm x 10cm) wird eine Fresnellinse verwendet.

Die realisierte äquatoriale Montage ermöglicht den drei mechanisch gekoppelten Spiegeln, dem täglichen Sonnenlauf durch eine Motorenbewegung zu folgen. Ein zweiter Linearantrieb korrigiert jeden Tag die minimale Änderung der Sonnenhöhe. Dieses äquatoriale Konzept geht auf die Astronomie zurück und wurde wegen der Vorteile bezüglich Kosten und Steuerung dem azimutalen Konzept vorgezogen.

Der erfolgreich getestete Prototyp, der aus drei gekoppelten Heliostaten besteht, kann mehrfach gebaut und gekoppelt werden, um eine Gesamtanlage von über 10kW zu erreichen.

Die zwei Versuchsreihen, die mit dem 3er Heliostatensystem durchgeführt wurden, zeigten, dass die Temperatur auf einer angestrahlten Fläche steigt, wenn die Anzahl der Spiegel, die diese Fläche anstrahlen, erhöht wird.



Heliostatenanlage in Funktion mit ausgerichteten Spiegeln



Versuchsbank zur Temperaturmessung im Fokus mit Fresnellinse, welche durch die Heliostatenanlage angestrahlt wird.





INHALTSVERZEICHNIS

1		Einleitur	ng	1
2		Zielsetz	ung	1
3		Pflichter	nheft	2
4		Funktior	nsprinzip	2
5		Vorproje	əkt	3
	5.1	Zus	sammenfassung Vorprojekt	.3
	5.2	Res	sultate Vorprojekt	.7
6		Mechan	ischer Aufbau der Anlage	7
	6.1	Azi	mutaler vs. Äquatorialer Aufbau [26]	.9
	6.2	Hel	liostatensystem	.9
	6.3	Ver	rsuchsbank	21
	6.4	Kos	sten2	23
7		Elektron	nik2	24
8		Kosten o	der gesamten Testanlage2	27
9		Inbetrie	bnahme der Gesamtanlage2	27
10		Experim	entelle Versuche	28
	10.	1 Me	ssung der Temperatur auf einer Mauer ohne Fresnellinse	28
	10.	2 Me	ssung der Temperatur auf einer Fläche von 10cm x 10cm	31
	10.	3 Res	sultate	32
11		Konzept	t Automatisierung	34
12		Weiterfü	ührung des Projekts	34
13		Schluss	folgerung 3	5
14		Danksa	gung	5
15		Verzeich	hnisse	6
16		Authent	izitätserklärung4	0
17		Anhang		1



1 EINLEITUNG

Heutzutage werden erneuerbare Energien immer wichtiger. Der wichtigste Energielieferant der Erde ist die Sonne. Leider wurde diese Energie nur selten für technische Anwendungen wie Stromproduktion, Wärmelieferant für Heizungssysteme, etc. verwendet. Erst in den vergangenen Jahren nach Katastrophen wie Fukushima [1] holten erneuerbare Energien [2], darunter auch die Solarenergie [3], weiter zu den nicht erneuerbaren Energien [4] auf und erleben einen Aufschwung.

Die Solarenergie wird auf zwei Weisen verwendet. Entweder wird durch Photovoltaikanlagen [5] direkt Strom produziert oder die Sonnenstrahlung wird zur Wärmegewinnung genutzt. Diese Wärme kann direkt verwendet werden um zum Beispiel Gebäude zu heizen [6]. Für diese Anwendung reichen schon Temperaturen unter 200°C aus. Bei noch höheren Temperaturen kann die Wärmeenergie zur Stromproduktion [7] verwendet werden oder als Treibkraft für chemische Reaktionen dienen. Auch die Leistung von Stirlingmotoren [8] kann durch höhere Temperaturen gesteigert werden, sie hängt von der erreichten Temperaturdifferenz zwischen warmer und kalter Quelle ab. Je grösser diese ist, desto höher ist die Leistung.

In dieser Arbeit soll die Wärmeenergie der einfallenden Sonnenstrahlen genutzt werden. Die Sonne liefert eine gewisse Energie pro Quadratmeter. Diese Energie schwankt in der Schweiz zwischen ca. 100W/m² im Winter und 1000W/m² im Sommer [9]. (Bei schlechtem Wetter ist die auftreffende Leistung geringer.) Das bedeutet, je grösser die angestrahlte Fläche ist, desto grösser ist die empfangene Energie. Um daraus hohe Temperaturen zu erreichen muss die Sonnenstrahlung einer möglichst grossen Fläche auf eine kleinere konzentriert werden. Dazu werden sogenannte Heliostaten [10] benötigt, welche die auf sie treffende Sonnenstrahlung auf dieselbe Fläche reflektieren. Diese Energie kann dann durch die direkte Verwendung von Parabolspiegeln [11.1] oder durch das Anbringen einer Sammellinse [12] vor dem Ziel noch auf eine kleinere Fläche konzentriert werden.

Grosse Heliostatenanlagen zur Stromproduktion existieren bereits [13]. Doch eine Anlage im kleinen Massstab ist nicht zu finden. Die Konstruktion und Realisation einer solchen kleinen Anlage ist das Ziel dieser Arbeit.

Die vorliegende Diplomarbeit und vorangegangene Semesterarbeit [14] können in mehrere Arbeitsetappen aufgegliedert werden.

Die erste Etappe bestand darin die optische Problemstellung [15] aufzustellen und zu lösen. Sie beinhaltete Punkte wie Wahl der Spiegelform, Abmessungen des Spiegelfeldes, Konzept der Steuerung, Untersuchung der Zusammenhänge (Kopplung der Bewegungen der Heliostaten) etc.

In einer zweiten Etappe wurde der mechanische Aufbau konzipiert und realisiert. Die Wahl der elektronischen Komponenten sowie deren Konfiguration und Anwendung sind Teil der dritten Etappe, welche parallel zur zweiten bearbeitet wurde. Die Montage der Gesamtanlage bildet den Abschluss dieser beiden Etappen.

Zum Schluss stehen noch der Funktionstest der Anlage sowie die experimentellen Versuche zum Aufzeigen der Funktionalität der Gesamtanlage auf dem Programm.

2 ZIELSETZUNG

Das auf flache Spiegel einfallende Sonnenlicht soll mit Hilfe von Heliostaten und einer Fresnellinse [16] auf eine Fläche von 10cm x10cm konzentriert werden.

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist die Konzeption und Realisierung eines Prototyps eines 3er Heliostatensystems, welches aus drei Heliostaten besteht und dem dazugehörigen Versuchsaufbau. Die Anlage soll leicht erweiterbar sein, um durch simple Multiplikation des Systems eine thermische Leistung von bis zu 20kW zu erreichen, die Temperaturen von 1400°C im Ziel ermöglichen. Weiter soll die Anlage in Betrieb genommen und erste Tests durchgeführt werden.



3 PFLICHTENHEFT

- Abmessungen des Ziels 10cm x 10cm
- Dimension der Spiegel ca. 50cm Durchmesser
- Die Anlage soll durch ihre Multiplikation leicht erweiterbar sein
- Der Verlust der Solarstrahlungsleistung sollte nicht mehr als 10% betragen
- Die Montage sollte als Einzelsystem verwendet werden können, wobei die Möglichkeit auf Kopplung untersucht werden soll
- Ausbaubar bis auf 50 Heliostaten (20kW)
- Kostengünstig (Pro Heliostat <1000 CHF)
- Maximale Abmessung des Heliostatenfeldes 10m x 10m
- Witterungsbeständig
- Aushalten von Windbelastung bis 150 km/h

4 FUNKTIONSPRINZIP

Die Sonnenstrahlung wird mittels Spiegeln auf eine Fläche von 10cm x 10cm konzentriert. Dieses Ergebnis kann entweder mit Parabolspiegeln, welche die Strahlung reflektieren und in ihrem Brennpunkt konzentrieren (siehe Abbildung 1) oder aber durch die Verwendung von flachen Spiegeln, die die Strahlung auf eine Sammellinse reflektieren, die diese weiter in ihrem Brennpunkt konzentriert, erreicht werden. (siehe Abbildung 2)



Abbildung 2 : Schema des Funktionsprinzips unter Verwendung von flachen Spiegeln und einer Fresnellinse

5 VORPROJEKT

Die gesamte Arbeit kann in vier Teile unterteilt werden. Diese sind:

- Optik
- Mechanik
- Elektronik
- Betrieb

Das gesamte Projekt wird in zwei Etappen erarbeitet, dem Vorprojekt (Semesterarbeit) und der Diplomarbeit. Während dem Vorprojekt wurde das Thema Optik komplett bearbeitet und mit der mechanischen Konzeption begonnen.

Da diese Diplomarbeit auf den Ergebnissen des Vorprojekts aufbaut, wird an dieser Stelle eine Zusammenfassung mit den wichtigsten Resultaten präsentiert. Für weitere Informationen wird auf die Semesterarbeit "Hochtemperatur Sonnenkonzentrator durch Integration vieler Einzelsysteme, Petrig Fernando, Mai 2014, HES-SO Valais/Wallis" verwiesen.

5.1 Zusammenfassung Vorprojekt

Zu Beginn der Arbeit an der optischen Problemstellung stand die Wahl der Spiegel. Metallspiegel [17] in speziellen Formen können sehr kostenintensiv (>150 CHF) [18] sein. Darum wurde nach Alternativen zu klassischen Metallspiegeln gesucht. Hier wurde sogenannte Spiegelfolie [19] ent-deckt, welche selbstklebend und einfach in Form zu bringen ist. Der Reflektionsgrad [20] dieser Folie ist mit 90% [44] relativ tief im Vergleich zu Metallspiegeln (bis zu 99%), doch für erste Tests wäre sie ausreichend. Aufgrund der Spiegelform, auf welche im nächsten Abschnitt genauer eingegangen wird, sowie aus Kostengründen, wurde entschieden klassische Metallspiegel zu verwenden.

Die zentrale Untersuchung der Semesterarbeit bestand darin, die zu verwendende Spiegelform zu bestimmen. Wie schon im Abschnitt "*4 Funktionsprinzip"* erwähnt, kamen zwei Spiegelformen in Frage. Einerseits flache Spiegel und andererseits Parabolspiegel. Die Parabolspiegel haben den Vorteil, dass sie die auftreffende Strahlung in ihrem Brennpunkt konzentrieren und somit kein weiteres optisches Element benötigen, um die reflektierte Strahlung zu konzentrieren, wie dies für flache Spiegel der Fall ist. Wichtig bei Parabolspiegeln ist aber wo sich der Brennpunkt befindet. Ist die Brennweite zu kurz, muss ein zusätzliches optisches System aus mehreren Spiegeln verwendet werden, um die konzentrierte Strahlung ins Ziel zu lenken (vgl. Abbildung 3), da die Distanz zwischen Heliostat und Ziel um die 10m betragen kann.



Abbildung 3 : Schema der Verwendung von Parabolspiegeln mit kurzer Brennweite und Verwendung eines Zusatzsystems zur Weiterleitung der konzentrierten Strahlung ins Ziel



Aufgrund des Energieverlustes, der durch dieses zusätzliche optische System auftreten würde, der anfallenden Mehrkosten bezüglich Mechanik und Material und der viel aufwändigeren Steuerung des Gesamtsystems, wurde diese Spiegelform verworfen.

Eine gute Lösung wäre die Verwendung von Parabolspiegeln mit langer Brennweite. Bei diesen Spiegeln wäre kein zusätzliches Weiteleitungssystem nötig, falls sich der Brennpunkt bzw. eine Konzentrierung der Strahlen von 100cm², im Ziel befinden würde. Jedoch muss das Verhalten der Strahlung und die Qualität des Brennpunktes bei nicht parallel zur optischen Achse des Spiegels (siehe Abbildungen 4 und 5) eintreffender Strahlung untersucht werden.



Abbildung 4: Schema des Reflexionsverhaltens eines Parabolspiegels mit parallel zur optischen Achse einfallenden Strahlung Abbildung 5 : Schema des Reflexionsverhaltens eines Parabolspiegels mit nicht parallel zur optischen Achse einfallenden Strahlung

Um dieses Verhalten zu untersuchen wurden die beiden Programme Raytracing.m sowie Focus_Quality.m mit Matlab erstellt [11.2]. Bei diesen Programmen kann die Brennweite und der einfallende Winkel der Strahlung frei gewählt werden.

Raytracing.m liefert ein qualitatives Resultat in Form einer graphischen Darstellung (siehe Abbildung 6) der Strahlengänge. Focus_Quality verarbeitet die Daten, welche Raytracing liefert und gibt quantitative Resultate (siehe Abbildung 7) aus, welche in einem Datenverarbeitungsprogramm in Diagrammform ausgegeben werden können.





Abbildung 6 : Beispiel eines Resultats von Raytracing.m



Abbildung 7 : Schema der berechneten Werte des Programms Focus_Quality.m



Abbildung 8: Auswertung der von Focus_Quality.m gelieferten Daten

Die Auswertung der Resultate (Abbildung 8) ergab, dass auch die Verwendung von Parabolspiegeln mit langer Brennweite nicht möglich ist, um die gesamte Strahlung der minimalen zu erreichenden Winkel (110°) auf das Ziel zu konzentrieren. Aus der Abbildung 8 ist herauszulesen, dass ab einem Winkel von 22° der Wert für q_reel grösser wird als 10cm und somit grösser ist, als die Zielfläche. Darum könnte ein Winkel von 44° der Sonnenbewegung abgedeckt werden, da es sich um ein symmetrisches Problem handelt. Weiter muss erwähnt werden, dass Parabolspiegel mit langer Brennweite auf dem Markt nicht zur Verfügung stehen [21] und somit speziell für diese Anwendung hergestellt werden müssten. Dies hätte hohe Herstellungskosten zur Folge gehabt, was neben der Entwurfs- und Herstellungszeit wohl der Hauptgrund war, warum diese Spiegelform für dieses Projekt verworfen wurde. Des Weiteren musste berücksichtigt werden, dass der Abstand jeder Heliostatenreihe zum Ziel ein anderer ist (bei einer allfälligen Erweiterung der Anlage), dies kann eine nötige Verwendung von verschiedenen Spiegeln mit verschiedenen Brennweiten erfordern.

Durch die verschiedenen Untersuchungen der einzelnen Spiegelformen, sowie der Berücksichtigung der Kosten und des Zeitfaktors, fiel die Wahl auf die Verwendung von flachen Spiegeln mit einer Fresnellinse. Flache Spiegel sind günstig [22] und in allen Grössen auf dem Markt verfügbar. Weiter muss nur eine kostenintensive Fresnellinse [23] für das Gesamtsystem beschafft werden.

Die schon erwähnten minimal zu erreichenden Winkel (um die Tagesachse ±55° und um die Deklinationsachse 34° aus der Ruheposition) wurden mit Hilfe eines Sonnenstandsdiagramms [24] und der Anwendung des Reflexionsgesetzes [25] ermittelt. Weiter wurden andere Gegebenheiten miteinbezogen, wie zum Beispiel die Ruheposition und die zu schwache Strahlung am Morgen und am Abend.

Ein anderer Punkt, welcher bearbeitet wurde, war die Bestimmung der Grösse und der Abmessungen des Spiegelfeldes. Die maximale Grösse dieses Feldes ist durch die Eigenschaften, genauer durch die Brennweite, der Fresnellinse gegeben.

Das Pflichtenheft gibt vor, dass die Systeme falls möglich gekoppelt werden sollen. Dies vor allem darum, weil weniger Antriebe nötig werden. Dadurch können Kosten eingespart werden und die Steuerung bzw. Programmierung des Systems wird vereinfacht. So wurde während der Semesterarbeit schon festgestellt, dass eine Koppelung der Deklinationsachsen [26] möglich ist. Die Untersuchung bezüglich der Kopplung der Tagesachse [26] sowie das Konzept, wie die Kopplungen mechanisch realisiert werden sollen, müssen noch während der Diplomarbeit erarbeitet werden.

Auch die Drehgeschwindigkeit um die Tagesachse wurde berechnet, da sie eine wichtige Rolle bei der Antriebswahl, sowie der Steuerung bzw. Regelung spielt.

VALAIS



Wie im Pflichtenheft erwähnt soll die Anlage Windstärken von 150km/h standhalten. Somit musste die Kraft berechnet werden [27], welche diese Windstärke auf die Heliostatenanlage ausübt.

Die Verwendung von einem elektrischen Antrieb stand schon zu Beginn fest. Jedoch sind auf dem Markt eine Vielzahl verschiedener Antriebe verfügbar. Um eine korrekte Wahl zu treffen, wurden die in Frage kommenden Antriebe miteinander verglichen. Die Auswertung dieser Gegenüberstellung kam zum Schluss, dass Elektrohubzylinder [28] [29] als Antrieb verwendet werden.

Um die Wahl zwischen azimutaler oder äquatorialer Montage [26] zu treffen, wurde für beide Montagetypen ein dreidimensionales Vorkonzept entworfen. Weiter wurde auch eine Kriterienliste der beiden Typen erstellt und miteinander verglichen. Die Wahl fiel auf die Ausarbeitung des äquatorialen Konzepts. Da dieses Konzept eine einmalige Ausrichtung der Deklinationsachse pro Tag erlaubt und somit nur eine Achse (Tagesachse) während des ganzen Tages nachgestellt werden muss.

Nicht nur neue Konstruktionen wurden konzipiert, sondern auch nach schon bestehenden Produkten auf dem Markt gesucht. Diese Produkte sind aber für die zu erreichenden Punkte des Pflichtenheftes nicht befriedigend und wurden darum verworfen.

5.2 Resultate Vorprojekt

- Verwendung von flachen Spiegeln zur Reflexion der Strahlung und einer Fresnellinse zur Konzentration der reflektierten Strahlung
- Die auszuhaltende Kraft bei einer Windstärke von 150 km/h beträgt 404N pro Heliostat
- Eine äquatoriale Montage soll realisiert werden
- Der minimal zu erreichende Winkel um die Deklinationsachse ist 34° bezüglich der Ruheposition (vertikale Deklinationsachse) des Systems. Um die Tagesachse beträgt der minimale zu erreichende Winkel 110°. Dies entspricht einer Auslenkung von ±55° bezüglich der Ruheposition (zentraler Spiegel parallel zum Ziel)
- Es sollen falls möglich beide Drehbewegungen der drei Heliostaten gekoppelt werden
- Als Antrieb werden Elektrohubzylinder verwendet
- Die Drehgeschwindigkeit beträgt ω=0.2618radh¹

6 MECHANISCHER AUFBAU DER ANLAGE

Das Gesamtsystem besteht aus dem Heliostatensystem, welche drei Heliostaten aufnimmt und aus der Versuchsbank, auf welcher die Halterung der Fresnellinse sowie die Messvorrichtung aufgebaut sind. Die Abbildung 9 zeigt ein Foto des realisierten Heliostatensystems und die Abbildung 10 ein Foto der realisierten aufgebauten Versuchsbank.





Abbildung 9 : Foto des realisierten Heliostatensystems



Abbildung 10 : Foto der realisierten und aufgebauten Versuchsbank



6.1 Azimutaler vs. Äquatorialer Aufbau [26]

In diesem Unterkapitel werden die beiden Montagetypen genauer erläutert und einander gegenübergestellt.



Die azimutale Montage (Abbildung 11) besteht aus einer vertikalen Drehachse, welche eine horizontale Drehachse trägt. Um sie nach der Sonne auszurichten, bzw. die Strahlung korrekt auf das Ziel zu reflektieren, müssen beide Achsen den ganzen Tag bewegt und somit angesteuert werden.

Die äquatoriale Montage (Abbildung 12) besteht aus einer horizontalen Drehachse (Deklinationsachse), welche eine vertikal zu ihrer Drehachse stehende Drehachse (Tagesachse) trägt. Der grosse Vorteil dieser Montage ist, dass die Deklinationsachse jeden Tag nur einmal eingestellt werden muss und somit nur die Tagesachse den ganzen Tag bewegt werden muss. Somit wird die ganze Steuerung der Anlage vereinfacht.

6.2 Heliostatensystem

Die Zielsetzung gibt vor, dass drei Prototypen einer äquatorialen Montage konzipiert und realisiert werden sollen. Die beiden auszuführenden Drehbewegungen der drei Prototypen sollen nach Möglichkeit gekoppelt werden. Weiter soll die Anlage drei Spiegel der Grösse 60cm x 60cm [30] aufnehmen können und jeder Witterung standhalten.





Abbildung 13 : 3D Model der fertigen Heliostatenanlage

Wie später in diesem Bericht begründet wird, ist die Kopplung der Bewegung um die Deklinationsachse und der Bewegung um die Tagesachse möglich. Darum wurden die drei Heliostaten auf einem Grundgestell aufgebaut. Das Grundgestell beinhaltet die drei Halterungen für die Heliostaten. Diese drei Grundkonstruktionen nehmen dann die drei Achsen der Deklinationsbewegung auf. Auf diesen Achsen werden die Halterungen, welche durch die Kippachse verbunden sind, für die Tagesachsen gelagert. Die Tagesachsen ihrerseits haben eine Halterung für die Spiegel, die durch vier Halteplättchen (siehe Abbildung 15) befestigt werden können. Am unteren Ende der Tagesachsen sind die Hebel befestigt, die durch die Lenkstange miteinander verbunden sind. Diese Lenkstange ist es, die die Koppelung der Bewegung der Tagesachse realisiert. Anschliessend sind die Abbildungen 14 und 15 des realisierten Heliostatensystems mit hinzugefügten Beschreibungen der Teile abgebildet.









Abbildung 15 : Beschreibung der Einzelteile an der Heliostatenanlage, Frontansicht

Materialwahl

Alle Bauteile, welche Schweissarbeiten beinhalten wurden aus Inox Stahl gefertigt. Einzelne Teile wie die Aufnahmen der Rotationsachsen wurden aus Aluminium gefertigt. Somit ist die Anlage Korrosionsbeständig und kann das ganze Jahr im freien stehen. Einer der wichtigsten Punkte zur Wahl von Inox Stahl als Hauptmaterial ist die Tatsache, dass die Schweissarbeiten bei der Verwendung von Aluminium, um ein Vielfaches komplizierter geworden wären. Eine Aluminiumkonstruktion hätte sich durch die Schweissarbeiten viel mehr verzogen und verformt, als dies bei Inox der Fall ist. Auch das Gewicht des Heliostatensystems ist kein Nachteil. Dadurch muss die Konstruktion nur noch minimal am Untergrund befestigt werden. Anders wäre dies bei einer Aluminiumkonstruktion.

Statische Untersuchung unter Belastung

Die Durchführung einiger Belastungstests mit Hilfe der Software Inventor hat gezeigt, dass die maximal auszuhaltende Kraft von 404 Newton in allen Situationen kein Problem für die Struktur darstellt.



• Simulation: Wind von der Rückseite 500N



Abbildung 16 : Simulation der Belastung mit einer horizontalen Kraft von 500N

Maximale Verschiebung von 0.8mm in Richtung des Windes und eine maximale Von Misses-Spannung von 20.45MPa

• Simulation: Drehmoment von 150Nm auf Heliostaten



Abbildung 17 : Simulation der Belastung der Heliostaten durch ein Drehmoment von 150Nm

Maximale Verschiebung von 3.3*10⁻⁴ mm und maximale Von Misses-Spannung von 0.014MPa.

Diese Werte sind weit unter den Grenzbelastungen des Konstruktionsmaterials, welches eine Streckgrenze von 200MPa bis 300MPa und eine Zugfestigkeit von 700MPa bis 1300MPa aufweist.

6.2.1 Kopplung

Wie schon erwähnt, sollen beide Drehbewegungen der drei Heliostaten falls möglich gekoppelt werden. Die Gesamtbewegung kann als Superposition aus zwei Bewegungen betrachtet werden. Deswegen wurden beide Achsen (Tages- und Deklinationsachse) einzeln untersucht, um die Realisierbarkeit der Kopplung zu analysieren.



Koppelung der Tagesachse

Um die Möglichkeit auf Koppelung der Tagesachse zu untersuchen, wurden die drei Heliostaten/Spiegel einzeln betrachtet. Gesucht ist die Auslenkung δ_i der Spiegel bezüglich einer zum Ziel parallelen Achse, welche durch die Zentren der Spiegel verläuft, bei gleichem Einfallswinkel α . Dies ist nötig um eine mögliche Abhängigkeit nachzuweisen.

Die Einstrahlung der Sonne muss nur von einer Seite her untersucht werden, da es sich um ein symmetrisches Problem handelt.

- Berechnung des Auslenkungswinkel $\delta_1\,$ des Zentralen Heliostaten bei einem Einfallswinkel α der Strahlung



Abbildung 18 : Schema der Winkelberechnung des zentralen Spiegels, Draufsicht

- Berechnung des Auslenkungswinkel δ_2 des linken Heliostaten bei einem Einfallswinkel α der Strahlung



 $\tan(\varepsilon) = \frac{f}{d} \tag{6.7}$

$$\varepsilon = \arctan(\frac{f}{d})$$
 (6.8)

$$\beta = \alpha + \delta_2 \tag{6.9}$$

$$\boldsymbol{\beta} = \boldsymbol{\varepsilon} - \boldsymbol{\delta}_2 \tag{6.10}$$

 $\varepsilon - \alpha = 2\delta_2 \tag{6.11}$

$$\delta_2 = \frac{\varepsilon - \alpha}{2} = \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\alpha}{2}$$
$$= \delta_1 - 45^\circ + \frac{\varepsilon}{2}$$
(6.12)

Abbildung 19 : Schema der Winkelberechnung des linken Spiegels, Draufsicht



• Berechnung des Auslenkungswinkel δ_3 des rechten Heliostaten bei einem Einfallswinkel α der Strahlung

Einfallende Strahlung

β

δ3

Spiegel

$$\beta = \varepsilon + \delta_3 \tag{6.13}$$

$$\gamma + 2\beta = 180^{\circ} \tag{6.14}$$

$$\gamma = \alpha - \varepsilon \tag{6.15}$$

$$\alpha - \varepsilon + 2\beta = 180^{\circ} \tag{6.16}$$

$$\alpha - \varepsilon + 2\varepsilon + 2\delta_3 = 180^\circ \tag{6.17}$$

$$\alpha + \varepsilon + 2\delta_3 = 180^\circ \tag{6.18}$$

$$\delta_3 = \frac{180^\circ - \alpha - \varepsilon}{2} \tag{6.19}$$

$$\delta_3 = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} - \frac{\varepsilon}{2} \tag{6.20}$$

$$\delta_3 = \delta_1 + 45^\circ - \frac{\varepsilon}{2} \tag{6.21}$$

Abbildung 20 : Schema der Winkelberechnung des rechten Spiegels, Draufsicht

d

γ

α

ε

δ3

Ziel

f

ReflektierteStrahlung

Diese trigonometrischen Berechnungen lassen den Schluss zu, dass die Winkel δ_i zueinander phasenverschoben sind und dass diese Phasenverschiebung unabhängig vom Einfallwinkel α der Sonnenstrahlung ist. Die Phasenverschiebung ist abhängig vom Winkel ε , welcher von der Distanz der Spiegel zum Ziel "f" und vom Abstand der einzelnen Spiegel zueinander "d" definiert wird. Dies legt dar, dass die Kopplung der Tagesbewegung einer Heliostatenreihe möglich ist.

Um nun mehrere Heliostatenreihen zu koppeln, muss eine Übersetzung bzw. ein Mechanismus konzipiert werden, um mehrere Reihen anzutreiben. Diese Übersetzung ist nötig, da nicht alle Reihen die gleiche Distanz zum Ziel und deswegen andere Drehgeschwindigkeit aufweisen. Eine mögliche Lösung zeigt die Abbildung 21.



Abbildung 21 : Mögliches Konzept der Kopplung mehrerer Heliostatenreihen mit Übersetzung, Draufsicht auf die Gesamtanlage



Kopplung der Deklinationsachse

Wie schon erwähnt kann dieses Problem unabhängig von der Kopplung der Tagesachse betrachtet werden. Die Abbildung 22 zeigt die Seitenansicht einer Gesamtanlage, mit mehreren Reihen von Heliostaten. Durch diese Unabhängigkeit der Kippbewegung (Deklinationsdrehung) zur Tagesbewegung ist klar, dass für jeden Heliostaten derselben Reihe die gleiche Neigung nötig ist, um das Ziel zu treffen. Somit ist die Koppelung der Deklinationsachse derselben Heliostatenreihe möglich.



Abbildung 22 : Seitenansicht mehrerer Heliostatensysteme/Heliostatenreihen. Zu sehen ist, dass jeder Heliostat einer Reihe den selben Winkel einnehmen muss, um das Ziel zu treffen.

Die Kopplung der Heliostaten einer Reihe kann durch eine fixe Stange realisiert werden. Diese Stange garantiert dieselbe Auslenkung aller Spiegel der Reihe.

Um die Deklinationsbewegung mehrere Heliostatenreihen einer Anlage zu koppeln, muss wie schon für die Tagesbewegung eine Übersetzung konzipiert werden. Näheres hierzu finden sie im Abschnitt "6.2.3 Beschreibung einiger Konzepte der Konstruktion".



Abbildung 23 : Schema eines möglichen Konzepts zur Kopplung mehrerer Heliostatenreihen, Seitenansicht



Berechnung der Distanz der Spiegel zu einander

Die Distanz "d" der Spiegel (Spiegelzentren) zueinander ist ein Faktor der berechnet werden muss. Falls die Distanz zu klein wird, decken die Spiegel je nach Einfallswinkel der Strahlung einander ab. Die Abbildung 24 zeigt das Schema nach dem die Berechnung ausgeführt wurde. Folgende Parameter sind dargestellt:

- a: Auslenkung des zentralen Spiegels bezüglich der horizontalen Achse durch die Zentren der Spiegel
- β: Auslenkung des linken Spiegels bezüglich der horizontalen Achse durch die Zentren der Spiegel
- y: Einfallswinkel der Strahlung
- x: Distanz zwischen dem Schnittpunkt des zentralen Spiegels mit der eintreffenden Strahlung und der horizontalen Achse
- y: Distanz zwischen dem Schnittpunkt des linken Spiegels mit der eintreffenden Strahlung und der horizontalen Achse
- d1: horizontale Distanz des Spiegelzentrums des zentralen Spiegels zum Schnittpunkt des zentralen Spiegels mit der einfallenden Strahlung
- d₂: horizontale Distanz des Schnittpunktes des zentralen Spiegels mit der einfallenden Strahlung zum Schnittpunkt der einfallenden Strahlung mit der horizontalen Geraden durch die Zentren der Spiegel
- d₃: horizontale Distanz des Spiegelzentrums des linken Spiegels zum Schnittpunkt des linken Spiegels mit der einfallenden Strahlung
- d₄: horizontale Distanz des Schnittpunktes der einfallenden Strahlung mit der horizontalen Geraden durch die Zentren der Spiegel zum Schnittpunkt der einfallenden Strahlung mit dem linken Spiegel





$$d_1 = 0.3 * \cos(\delta_1) \qquad (6.22) \qquad \tan(\gamma) = \frac{y}{d_2} = \frac{x}{d_4} \qquad (6.26)$$

 $(\cap \cap \cap)$

$$d_{2} = \frac{y}{\tan(\alpha)}$$

$$d_{2} = \frac{y}{\tan(\alpha)}$$
(6.23)
(6.24)

$$y = 0.3 * \sin(\delta_2)$$
 (6.25) $d_4 = \frac{x}{y} * d_2$ (6.28)



Mit Hilfe dieser Formeln (6.22 bis 6.28) und den Formeln des Abschnitts "Kopplung der Tagesachse" (6.6 / 6.12 / 6.21) wurden die Berechnungen, welche im Anhang 2 zu finden sind, ausgeführt. Nach der Analyse dieser Berechnungen wurde der Entscheid gefällt einen Winkel von ±43° mit der zu realisierenden Prototypenanlage abzudecken. Dies Entspricht einer Distanz zwischen den Heliostatenachsen von 0.8m und wie im folgenden Abschnitt *"6.2.2 Abmessungen des Spiegelfeldes"* beschrieben ist, einer Distanz zwischen Fresnellinse und Heliostatenanlage von mindestens 11.37m.

6.2.2 Abmessungen des Spiegelfeldes

Wie in der Semesterarbeit schon behandelt, werden die Abmessungen des Spiegelfeldes durch die optischen Eigenschaften bzw. durch die Brennweite der Fresnellinse bestimmt.



Abbildung 25 : Schema zur Berechnung der Abmessungen des Spiegelfeldes

Die Abmessungen des Spiegelfeldes werden durch folgende Formeln bestimmt:

$$\tan(\psi) = \frac{f_Frenel}{5}$$
(6.29)
$$f = \tan(\psi) * b$$
(6.30)

Daraus folgt, dass bei einer vom Hersteller bzw. Verkäufer gegebene Brennweite von 71.12cm und einer halben Breite der Heliostatenanlage von 0.8m die Distanz zwischen Heliostatenanlage und Fresnellinse 11.37m betragen muss.

Falls der gesamte äussere Spiegel im Spiegelfeld sein soll, beträgt die habe Breite b=1.1m. Somit beträgt die Distanz f=15.6m.

6.2.3 Beschreibung einiger Konzepte der Konstruktion

Kopplung Deklinationsachse => Kippstange

Wie schon im Abschnitt "6.2.1 Kopplung" beschrieben, kann die Kopplung durch eine fixe Stange, welche alle drei Heliostaten verbindet, realisiert werden. Durch diese fixe Verbindung muss der Elektrohubzylinder nur an einem Heliostaten ansetzen, um alle drei Heliostaten um einen Winkel auszulenken. Die Kippstange ist in ihrer Konzeption nicht unterbrochen. Sie wird durch angeschweisste Verbindungsplatten mit der restlichen Halterung verschraubt. Durch diese ununterbro-



chene Bauweise kann garantiert werden, dass die Hebelkraft des Antriebs bei allen drei Heliostaten auf der gleichen Höhe ansetzt. Was beachtet werden muss ist, dass die Halterungen präzise fabriziert sind. Die Abbildung 26 zeigt das konzipierte 3D Model mit hervorgehobener Kippstange. Die Abbildung 27 zeigt ein Foto des Bauteils, an welchem der Elektrohubzylinder ansetzt. Es ist in der Höhe verstellbar. Durch diese Höhenverstellbarkeit wird eine Übersetzung erreicht, die es erlaubt, mehrere Heliostatanreihen zu koppeln.



Abbildung 26 : 3D Model der Heliostatenanlage mit markierter Kippstange



Abbildung 27: Mechanismus zum Einstellen der Übersetzung (Angriffspunkt der Kippbewegung)

Kopplung Tagesachse => Lenkstange

Auch das Kopplungselement der Tagesachse ist ein wichtiges Bauteil. Die Lenkstange, an welche einzelne Platten geschweisst sind, wird mit den Hebeln verbunden, die alle nach vorne die gleiche Länge aufweisen. Der geringe Reibungskoeffizient dieser, sowie aller anderen Drehverbindung, wurde durch das Verarbeiten von Igus Gleitlagern garantiert. Am Antriebshebel, der auf der Rückseite länger ist als die anderen und sich auf dieser Konstruktion am zentralen Heliostat befindet, setzt der Elektrohubzylinder seine Kraft an. Diese Verlängerung ist genau bestimmt, denn sie garantiert das Erreichen des minimal zu erreichenden Winkels.

Die Abbildung 28 zeigt das konzipierte 3D Model der Lenkstange.



Abbildung 28 : 3D Model der Heliostatenanlage mit markierter Lenkstange



Weiter zeigt die Abbildung 29 das 3D Gesamtmodel mit der Positionsangabe des Antriebshebels und die Abbildung 30 ein Foto des montierten Antriebshebels.





Abbildung 29 : 3D Model der Heliostatenanlage mit Position des Antriebshebels

Abbildung 30 : Foto des monierten Antriebshebels

Regelung der Spiegelausrichtung => Klemmmechanismus

Der Klemmmechanismus ist auch in die Hebel eingearbeitet. Er lässt die Regelung bzw. Ausrichtung der Spiegel um die einzelnen Tagesachsen zu. So können Versuche mit einzelnen Spiegeln ausgeführt werden oder alle auf eine Fläche justiert werden. Der Klemmmechanismus besteht aus einem Stift, der eine Einfräsung mit dem selben Radius wie die Rotationsachse der Tagesachse aufweist. Durch anziehen der Mutter wird der Stift nach aussen gezogen und klemmt die Rotationsachse im Hebel in der gewünschten Ausrichtung fest. Die Abbildung 31 zeigt das 3D Model des Klemmstiftes und die Abbildung 32 ein Foto des montierten Mechanismus. Auf der Abbildung 32 ist weiter ein Hebel ohne Antrieb zu sehen. Dieser kann mit dem Antriebshebel Abbildung 30 verglichen werden.



Abbildung 31 : 3D Model des Klemmstiftes



Abbildung 32 : Montage des Hebels, des Klemmmechanismus und der Lagerung der Tagesachse



Positionierungssystem

Da die verbauten Elektrohubzylinder kein Positionierungssystem aufweisen, wurde eine externe Positionsgebung konzipiert. Diese ist auf der Abbildung 33 schematisch dargestellt.



Abbildung 33 : Schema des Konzepts des Positionsmesssystems

An die Achse der Befestigung des Elektrohubzylinders wird ein Seil angebracht, welches über einen Potentiometer [31] zu einer gelagerten Konstantkraftfeder [32] führt. Durch die Änderung der Position des Zylinders wird die Achse des Potentiometers laufend mitgehdreht. Dadurch wird der Wiederstand des Potentiometers verändert. Dieser Wiederstand kann mit Hilfe der Steuerungen ausgelesen und dementsprechend kalibriert und weiterverarbeitet werden.

Die Abbildung 34 zeigt die Konstantkraftfeder und die Abbildung 35 einen Potentiometer (10 Umdrehungen).



Abbildung 34 : Foto der Konstantkraftfeder



Abbildung 35 : Montierter Potentiometer



6.2.4 Realisation

Alle Fertigungspläne der Prototypenanlage mit drei Spiegeln sind im Dossier *Fertigungspläne Heliostatenanlage für drei Spiegel, Petrig Fernando, Juli 2014, HES-SO Valais/Wallis*, welches dieser Arbeit beiliegt, enthalten.

Alle Teile wurden von der mechanischen Werkstatt der HES-SO in Sitten gefertigt. Ebenso wurden alle nötigen Schweissarbeiten dort ausgeführt.

Die für die Montagearbeiten benötigten Schrauben- bzw. Montageteileliste ist im Anhang 5 beigelegt. Die Montagearbeiten wurden selber ausgeführt.

6.3 Versuchsbank

Pflichtenheft Versuchsbank

- Aufnahme der Fresnellinse
- Fresnellinse soll um einen Winkel von ±45° kippbar sein
- Die Versuchsbank soll eine Platte zur Temperaturmessung oder einen schwarzen Körper aufnehmen können
- Die Höhe der Ziele soll einstellbar sein
- Die Distanz der Zielfläche zur Fresnellinse soll regulierbar sein

6.3.1 Versuchsbank Version 1

Die Abbildung 36 zeigt die erste Version der Versuchsbank.



Abbildung 36 : 3D Model der Versuchsbank Version 1 mit montiertem schwarzen Körper

Sie besteht aus zwei Teilen. Auf dem vorderen Teil ist das Grundgestell für den Aufnahmerahmen der Fresnellinse mit Scharnieren befestigt. Auf dem zweiten Teil befinden sich die Aufnahmeprofile für den Zielrahmen, auf dem wiederum das gewünschte Messobjekt fixiert werden kann. Die beiden Teile werden durch vier aussen liegende Verbindungsprofiele miteinander verbunden. Mit diesen Verbindungsprofilen wird auch die Distanz von der Fresnellinse zum Zielobjekt variiert.

Diese Version wurde aufgrund ihrer Komplexität und der Kosten, sowie vor allem aus Zeitgründen nicht realisiert.



6.3.2 Versuchsbank Version 2

Die zweite Version der Versuchsbank (Abbildungen 37 und 38) ist die vereinfachte Variante der ersten Versuchsbank. Sie besteht auch aus zwei Teilen, wobei diese nicht mehr selbststehend sind, sondern einen Tisch als Basis benötigen. Der vordere Teil ist ein Rahmen, in welchem die Fresnellinse befestigt wird. Dieser ist mit Standardscharnieren auf einer Grundkonstruktion befestigt, welche ihrerseits mit Schraubzwingen auf dem Tisch fixiert wird. Der hintere Teil besteht aus einem rechteckigen Grundgestell, an welchem der Zielrahmen befestigt werden kann, der seinerseits in der Höhe verstellbar ist. Dieses Grundgestell kann frei auf dem Tisch positioniert werden.



Abbildung 37 : 3D Model Versuchsbank 2



Abbildung 38 : Realisierte und aufgebaute Versuchsbank 2

Diese Version wurde realisiert. Sie konnte mit Resten aus der Produktion hergestellt werden, was eine erhebliche Zeitersparnis als Konsequenz hatte.

6.3.3 Realisation

Das Basismaterial der Versuchsbänke sind ITEM Profile der Grösse 8 40mm x 40mm [33]. Dieses Grundmaterial wurde wegen seiner guten und schnellen Verarbeitbarkeit, das heisst einfache Fertigung durch Zuschneiden der Lägen und schneller Zusammenbau, sowie aufgrund der Befestigungsmöglichkeiten und Variabilität verwendet. Die Messinstrumente können durch genormte Zubehörteile an der Konstruktion befestigt werden und somit kann die Konstruktion bei Bedarf einfach erweitert werden. Ein Nachteil dieser Materialwahl ist der Preis der Profile, da sie relativ teuer sind. Das Fertigungsmaterial des Zielrahmens, der Temperaturmessplatte sowie des schwarzen Körpers ist Aluminium. Aufgrund des geringen Gewichts, der guten Verarbeitbarkeit, der Korrosionsbeständigkeit sowie der Verfügbarkeit wurde dieses Material gewählt.

Zielrahmen

Der Zielrahmen ist so konzipiert, dass er an ITEM Standardprofilen der Grösse 8 40mm x 40mm befestigt werden kann. Er dient als Befestigung der Temperaturmessplatte sowie des schwarzen Körpers. (Die Pläne sind im Fabrikationsdossier enthalten)



Temperaturmessplatte

Auf der Temperaturmessplatte sollen, wie es der Name schon sagt, die Temperaturen an verschiedenen Punkten gemessen werden. Sie verfügt über die nötigen Bohrungen, um am Zielrahmen fixiert werden zu können sowie mehrere Bohrungen, um Thermometer zu befestigen. (Die Pläne sind im Fabrikationsdossier enthalten)

Schwarzer Körper [34]

Der schwarze Körper (siehe Abbildung 39) ist eine Aluminiumbox mit den Abmessungen 30cm x 30cm x 30cm, welche eine Öffnung von 10cm x 10cm auf einer Seite aufweist. Durch diese Öffnung soll die gesamte durch die Spiegel reflektierte und durch die Fresnellinse konzentrierte Strahlung eindringen, wobei möglichst wenig dieser Strahlung wieder ausdringen soll. Durch diese Strahlung soll die Temperatur der Box steigen und mit Hilfe von Thermometern gemessen werden.



Abbildung 39 : 3D Model des schwarzen Körpers

6.4 Kosten

Auf der Internetseite metalladen.ch [35] sind alle Preise der im Sortiment enthaltenen Metallprodukte angegeben. Die Preise der verwendeten Materialien wurden nach diesen Angaben berechnet. Falls ein Produkt nicht aus Inox verfügbar ist, jedoch aus Aluminium, wird der Preis 3.5-mal teurer als der von Aluminium angenommen. Dieser Wert kommt vom Vergleich gleicher Profile aus beiden Materialien zustande.

Die Preise der Gewindestangen wurden der Internetseite koch.ch [36] entnommen.

Die Kosten der Heliostatenanlage mit Spiegeln betragen 5657 CHF. Hinzu kommen noch die Kosten der Mechanik des Positionierungssystems die 250 CHF betragen.

Die Kosten der Versuchsbank [37] belaufen sich auf 755 CHF.

Die detaillierte Kostenberechnung der Heliostatenanlage sowie der Versuchsbank sind im Anhang 1 zu finden.

Die Elektrohubzylinder sind nicht im Preis der Heliostatenanlage enthalten, sie werden über die elektronischen Komponenten abgerechnet.



7 ELEKTRONIK

Um die mechanische Montage schlussendlich steuern zu können, müssen elektronische Elemente eingefügt werden. Neben den Verbindungsteilen der Elektronik und Mechanik, den Elektrohubzylindern, werden noch andere Komponenten benötigt, um diese eben erwähnten Elektroantriebe zu betreiben.

Konzept

Als Spannungsquelle dient ein Transformator, welcher an eine standard Stromversorgung 230V angeschlossen wird. Dieser Transformator liefert eine Spannung von 12V. Die Elektrohubzylinder benötigen neben der Spannung von 12V eine maximale Stromstärke von 6A. Dadurch wird ein Transformator notwendig, der eine genügend hohe Stromstärke zulässt. Der Transformator versorgt seinerseits die Steuerungen. Sie steuern die Elektrohubzylinder und nehmen die Rückmeldung zur Position der Potentiometer entgegen und werten diese weiter aus.

Die folgende Abbildung 40 zeigt das Elektroschema 1 der konzipierten Anlage.



Abbildung 40 : Elektroschema 1 der konzipierten Anlage mit Potentiometern zur Positionsmessung



Dadurch, dass die Positionsrückmeldung nicht realisiert werden konnte, sieht das Elektroschema der realisierten Prototypanlage wie folgt aus (Abbildung 41, Elektroschema 2):





Verwendete Geräte

Folgende elektronischen Komponenten wurden verwendet.

- Steuerung EPOS2 50/5 [38]
- Steuerung EPOS2 70/10 [39]
- Elektrohubzylinder HIWIN LAS1-1-1-200-12-G [29]
- Potentiometer
- Transformator
- Kabel und Stecker
- Laptop

Bemerkungen

Die verwendeten Steuerungen waren hausintern vorhanden und wurden deswegen verwendet. Sie erfüllen die Anforderungen, um die gewünschten Funktionen auszuführen.

Weiter waren die Elektrohubzylinder nur mit einer Schutzklasse von IP54 [40] und ohne Positionsgeber lieferbar. Diese sind auch mit einer Schutzklasse von IP65 und mit integrierter optischer Positionsmessung oder Potentiometer verfügbar. Aufgrund der zu langen Lieferzeit musste auf die verwendeten Elektrohubzylinder ausgewichen werden.

Der momentan verwendete Transformator ist ein hausinterner des Physiklabors. Dieser kann in der Weiterführung des Projektes durch ein kleineres Modell ersetzt werden.

Kosten

Teil	Menge	Preis [CHF]	Total Kosten [CHF]
Steuerung EPOS2 50/5	1	599.70	599.70
Steuerung EPOS2 70/10	1	628.70	628.70
Elektrohubzylinder	2	230.00	460.00
Potentiometer	2	32.00	64.00
Transformator	1	110.00	110.00
Divers Kabel, Stecker, etc.	verschieden	20.00	20.00

Kosten Total Elektronik [CHF]	1882.40
-------------------------------	---------

Tabelle 1 : Kostenzusammenstellung der elektronischen Komponenten

Programmierung und Steuerung

Mit Hilfe der Software EPOS Studio [41], welche mit den EPOS2 Steuerungen von Maxon Motor geliefert wird bzw. deren aktuelle Version von der Internetseite des Herstellers heruntergeladen werden kann, können die Steuerungen konfiguriert und die nötigen Parameter der angeschlossenen Geräte eingegeben werden.

Da der realisierte elektronische Aufbau keine Positionsmessung aufweist, konnte nur die Stromregelung verwendet werden, um die Motoren und somit die ganze Anlage zu steuern. Dies wird wieder mittels der Software EPOS Studio gemacht. So kann je nach Stromstärke und Richtung die Geschwindigkeit, sowie der Sinn des Elektrohubzylinders geregelt werden. Das Starten und Stoppen der Bewegung muss jeweils manuell durch betätigen einer Schaltfläche erledigt werden.

Tests

• Elektrohubzylinder ohne Belastung

Die Zylinder sind schon bei einer Stromstärke von ±500mA zu bewegen.

• Elektrohubzylinder auf der Anlage montiert

Um die Tagesachse in Bewegung zu versetzen ist mindestens eine Stromstärke von 600mA nötig. Bei der Deklinationsachse sind sogar -1800mA einzustellen, um sie in Bewegung zu versetzen.

• Visiergenauigkeit

Bei den ausgeführten Tests war die Visiergenauigkeit ausreichend. Die vorgegebene Zielfläche konnte durch Motorensteuerung getroffen werden. Somit traten auch beim Treffen der Fresnellinse keine Probleme auf.

• Bemerkungen

Um die Elektrohubzylinder auszufahren muss eine negative Stromstärke angewendet werden.

Die Stromstärke, welche angewendet werden muss, um die Anlage zu bewegen kann je nach Aussentemperatur oder Sonneneinstrahlung variieren.

Montage

Die Montage des Elektrohubzylinders für die Tagesachsenbewegung ist einfach auszuführen. Es gilt nichts Spezielles zu beachten.



Die Montage des Elektrohubzylinders für die Deklinationsachsenbewegung ist dafür umso delikater. Durch die zwei möglichen Regelungen des Zylinders muss sichergestellt werden, dass der Zylinder bei der Bewegung nicht mit den Kanten der Ausfräsungen kollidiert und sich verklemmt.

8 KOSTEN DER GESAMTEN TESTANLAGE

Komponent	Kosten [CHF]
Mechanische Konstruktion	5657
Positionnierungssystem	250
Elektronik	1882
Fresnellinse	331
Versuchsbank	755
Tisch	150
Montagekosten	500
Total	9525

Tabelle 2 : Gesamtkosten-Zusammenstellung der Anlage

Die Herstellungskosten der Gesamtanlage sind der vorhergehenden Tabelle 2 zu entnehmen. Zu beachten gilt, dass noch keinerlei Entwicklungskosten hinzugefügt wurden.

9 INBETRIEBNAHME DER GESAMTANLAGE

Die gesamte Testanlage wurde zum ersten Mal am 3. Juli 2014 auf dem Parkplatz der HES-SO Valais/Wallis in Sitten zu Funktionstesten aufgebaut und in Betrieb genommen. Der erste Test der Gesamtanlage lieferte folgende Resultate:

Aufbau der Heliostatenanlage

Aufgrund des Gewichts und der Abmessungen der Heliostatenanlage sind zwei Personen nötig um die Anlage aufzustellen. Der Transport ist angenehmer, wenn die äusseren Spiegel mit Hilfe der Regelung nach innen gedreht werden. Die elektronischen Komponenten sind auf einem andren Modul gelagert und können leicht angeschlossen werden.

Ausrichtung der Heliostatenanlage

Durch das Anschliessen der elektronischen Geräte zur Steuerung der Anlage ist eine erneute Ausrichtung der Heliostatenanlage sehr umständlich und sollte, um unnötigen Beschädigungen vorzubeugen, vermieden werden.

Aufbau der Versuchsbank

Die Versuchsbank ist, wie schon die Heliostatenanlage, zu zweit transportierbar. Sie ist einfach aufzubauen und in Position zu bringen. Durch die Modularität der Versuchsbank können die Teile auch einzeln transportiert und aufgebaut werden.

Ausrichtung der Versuchsbank

Die Versuchsbank ist einfach auszurichten. Die Zielhalterung kann einfach in Position gebracht und in alle nötigen Richtungen gedreht oder verschoben werden.

Regelung der einzelnen Spiegel

Die Regelung durch den Klemmmechanismus der einzelnen Spiegel funktioniert und ist einfach alleine auszuführen.





Abbildung 42 : Spiegel noch nicht geregelt



Abbildung 43 : alle drei Spiegel auf die selbe Fläche geregelt

Steuerung der Anlage

Die Anlage kann, wie schon im Labor getestet, durch die Software angesteuert und bewegt werden. Um die Funktion der Anlage zu gewährleisten, muss die Stromversorgung garantiert sein. Das Ablesen des Computerbildschirms gestaltete sich durch starke Sonneneinstrahlung als schwierig.

Visierung der Fresnellinse

Die Fresnellinse konnte nur durch Motorensteuerung anvisiert werden. Dass bedeutet, dass die Steuerung für diese Funktion eine ausreichende Empfindlichkeit aufweist.

Ausrichtung der Zielhalterung

Der Zielrahmen konnte durch die vorgesehenen Schrauben einfach in der Höhe verstellt und in der gewünschten Position fixiert werden. Am Zielrahmen besteht die Möglichkeit die nötigen Messinstrumente zu positionieren.

Temperaturmessung auf der Zielplatte

Die Temperaturen auf der Zielplatte sind mit Hilfe von Thermometern messbar.

Bemerkungen

Der zentrale Spiegel muss parallel zur Basiskonstruktion ausgerichtet sein.

10 EXPERIMENTELLE VERSUCHE

Um definitive Messergebnisse zu erhalten, wurde die gesamte Testanlage am 6. Juli 2014 auf dem Parkplatz der HES-SO Valais/Wallis erneut aufgebaut und in Betrieb genommen.

10.1 Messung der Temperatur auf einer Mauer ohne Fresnellinse

Beim ersten Experiment wird die Temperatur einer Mauer bestimmt, wenn die Strahlung eines Spiegels, zwei Spiegel und schliesslich aller drei Spiegel auf sie trifft. Die Temperaturen werden mit zwei Thermometern bestimmt (siehe Abbildungen 45 und 46). Einer befindet sich direkt auf der Mauer und misst somit die Mauertemperatur. Der Andere steht 2cm von der Mauer ab und misst die Lufttemperatur unmittelbar vor der angestrahlten Mauer. Diese Temperaturen sollen miteinander und mit der Referenztemperatur der Mauer (nicht angestrahlt) verglichen werden. Jede Temperaturmessung wird nach 2 Minuten Anstrahlung vorgenommen. Nach der Messung wird gewartet bis die Mauer wieder die Referenztemperatur hat, bevor mit der nächsten Messung begonnen wird.



Anschliessend sind einige Impressionen des Versuchsaufbaus abgedruckt.



Abbildung 44 : Vorbereitung der Versuchsumgebung



Abbildung 46 : Thermometer



Abbildung 45 : Thermometer zur Messung der Mauertemperatur und der Lufttemperatur



Abbildung 47 : Messapparaturen



Abbildung 48 : Ausgerichtete Heliostatenanlage



Darstellung des ausgeführten Versuchs

In diesem Abschnitt werden der theoretisch vorbereitete Versuchsablauf sowie das ausgeführte Experiment präsentiert. Die Fotoaufnahmen zeigen das quantitative Resultat des Versuchs. Durch das etappenweise Hinzufügen der Spiegel ist eine Helligkeitszunahme zu erkennen. Weiter ist die Machbarkeit der Reflexion der drei Spiegel auf dieselbe Fläche bewiesen.





Abbildung 50 : Ziel zum Testen des Anvisierens mit der Steuerung und zur Temperaturmessung (Referenzwert)



Abbildung 52 : Foto, Zielfläche von einem Spiegel angestrahlt



Abbildung 54 : Foto, Zielfläche von zwei Spiegeln angestrahlt

Abbildung 49 : Schema des Versuchsaufbaus



Abbildung 51 : Schema Temperaturmessung, Fläche durch einen Spiegel angestrahlt



Abbildung 53 : Schema Temperaturmessung, Fläche durch zwei Spiegel angestrahlt

HES-SO Valais /Petrig - v0.1 09.07.2014





Abbildung 55 : Schema Temperaturmessung, Fläche durch drei Spiegel angestrahlt



Abbildung 56 : Foto, Zielfläche von drei Spiegeln angestrahlt

10.2 Messung der Temperatur auf einer Fläche von 10cm x 10cm

Beim zweiten Experiment soll die Strahlung der Spiegel durch eine Fresnellinse auf eine Fläche von 10cm x 10cm konzentriert werden und die Temperatur dieser Fläche bestimmt werden. Auch dieses Experiment wird mit einem, zwei und drei Spiegeln durchgeführt.



Abbildung 57 : Schema des Versuchsaufbaus mit Versuchsbank



Abbildung 59 : Schema des Versuchsaufbau mit drei Spiegeln in Funktion



Abbildung 58 : Foto der Montage der zwei Thermometer, einer mit Kontakt zur Platte der andere 1cm vor der Platte



Abbildung 60 : Angestrahlte Zielplatte

10.3 Resultate

Bezeichnung	Anzahl Spiegel	Temperatur Mauer [°C]	Temperatur Luft [°C]
Referenztemperatur	0	22.6	22.6
1 Spiegel auf Ziel gerichtet	1	27.5	27.5
2 Spiegel auf Ziel gerichtet	2	33.1	33.1
3 Spiegel auf Ziel gerichtet	3	40.5	40.5

Messung der Temperatur auf der Mauer ohne Fresnellinse

Tabelle 3 : Resultate der Temperaturmessung auf und vor der Mauer



Grafik 1 : Graph der Resultate der Temperaturmessung auf und vor der Mauer

Die Temperatur der Mauer ist auf der Grafik 1 nicht erkennbar, da die beiden Kurven identisch sind. Die Temperaturmessung 2cm vor der Mauer wurde gemacht um eine eventuelle Trägheit der Aufwärmung der Mauer nachweisen zu können. Die identischen Messungen zeigen auf, dass die Aufheizung sofort einsetzend ist. Bei Annahme einer linearen Entwicklung der Kurve kann bei einem Erweitern auf 50 Heliostaten eine Temperatur von 290°C erwartet werden.

Messung der Temperatur auf der Zielfläche mit Fresnellinse

Bezeichnung	Anzahl Spiegel	Temperatur Platte[°C]	Temperatur Luft [°C]
Referenztemperatur	0	44.5	28.2
1 Spiegel auf Ziel gerichtet	1	58.2	62.7
2 Spiegel auf Ziel gerichtet	2	70.2	68.5
3 Spiegel auf Ziel gerichtet	3	85.6	95.6

Tabelle 4 : Resultate der Temperaturmessung auf und vor der Aluminiumplatte




Grafik 2 : Graph der Resultate der Temperaturmessung vor und auf der Aluminium-Zielplatte

Die Grafik 2 zeigt die Kurven für die Messungen auf der Versuchsbank mit der Fresnellinse. Die Temperaturen sind nicht so hoch wie erwartet und die Kurven überlagern sich nicht. Dieses Problem wurde schon während dem Experiment entdeckt und ist wahrscheinlich auf die Fresnellinse zurückzuführen. Nach einigen Tests wurde erkennt, dass sich der Brennpunkt der Linse nicht wie vom Hersteller angegeben in 71cm Entfernung befindet. Die Strahlen fokussierten auf ca 1m Distanz zum Ziel. Da aber eine grössere Distanz zwischen Fresnlellinse und Heliostatenanlage benötigt wird, um alle Fokuspunkte auf die Zielplatte zu lenken, konnte der Versuch an diesem Testtag nicht gemacht werden. Deswegen sind die Ergebnisse des zweiten Versuchs mit Vorsicht zu geniessen. Die Abbildung 61 zeigt die drei Fokuspunkte bei ca. einem Meter Distanz zur Fresnellinse. Weiter ist anzumerken, dass die Aluminiumplatte schon vor Beginn der Messungen auf der Versuchsbank von hinten der Sonnenstrahlung ausgesetzt war. Hier wäre ein Schutz der Messplatte sinnvoll, um die Messdaten nicht zu verfälschen.



Abbildung 61 : Foto der Fokuspunkte auf einer Distanz von 1m zur Fresnellinse



11 KONZEPT AUTOMATISIERUNG

Konzept Schachtel [42]

Die Position der Sonne wird mit Hilfe einer Schachtel, die eine kleine runde Öffnung auf ihrer Vorderseite aufweist bestimmt. Das einfallende Sonnenlicht trifft auf die Grundfläche der Schachtel. Die Position dieses Lichtpunktes wird von einer Kamera detektiert. Somit kann die Position der Sonne bestimmt werden und die beiden Auslenkungswinkel, welche benötigt werden um die Heliostaten auszurichten. In diesem Konzept kann die Kamera auch durch elektronische Komponenten / Sensoren ersetzt werden, welche die Bodenplatte der Schachtel bilden.

Konzept Sonnensensor [43]

Die ganze Automatisierung kann auch mit Hilfe eines Sonnensensors verwirklicht werden. Diese elektronischen Instrumente können fertig eingekauft werden.

12 WEITERFÜHRUNG DES PROJEKTS

Verbesserungen

- Die Motoren sowie die Elektrik (Potentiometer zur Positionsmessung) müssen gegen Witterung geschützt werden.
- Weiter müssen die Motoren mit dem Positionierungssystem ausgestattet werden, um die aktuelle Position der Elektrohubzylinder (Istwert) weiter elektronisch verarbeiten zu können.
- Eine Alternative zum Schutz der Motoren ist der Austausch dieser durch Motoren, welche ein Positionierungssystem integriert haben und nach IP 65 fabriziert sind. (Datenblatt und stornierte Bestellung siehe Anhänge 3 und 4).
- Ausarbeitung einer Steuerung mittels einer Software, um die Anlage durch Winkeleingabe zu bewegen.
- Weiter sollten die Füsse der Heliostatenanlage durch Räder ersetzt werden, um ihren Transport zu erleichtern.
- Ein wichtiger Punkt ist die genauere Untersuchung der Fresnellinse. Die vom Hersteller gegebene Brennweite muss nach den ausgeführten Versuchen in Frage gestellt werden.

Ausbau der Testanlage

- Anschaffung eines kompakteren Transformators
- Erstellung eines witterungsbeständigen Schrankes / Wagens zur Unterbringung sowie zum Schutz der elektrischen Komponenten und der Steuereinheit
- Automatisierung der Testanlage

13 SCHLUSSFOLGERUNG

Wenn von Solargenergie die Rede ist, ist meist die Nutzung von Photovoltaikanalgen zur Stromerzeugung gemeint. Wobei in den letzten Jahren auch das Heizen von Gebäuden mittels Solarthermieanlagen einen Aufschwung erlebt hat. Auch riesige solarthermische Anlagen, welche sich aus rieseigen Heliostaten zusammensetzt, wurden zur Stromerzeugung realisiert.

Eine Anlage im kleineren Massstab bietet viele Vorteile, die eine grosse Anlage nicht erreichen kann. Zwar ist durch ihre Grössendifferenz die verarbeitete Energie um einiges kleiner, doch durch die Konzentration dieser Energie auf eine kleine Fläche können respektable Temperaturen erreicht werden.

Darum hat die Entwicklung der realisierten Anlage während dieser Diplomarbeit durchaus ihren Sinn. Durch diese Prototypanlage konnte während den zwei Testtagen gezeigt werden, dass zum einen die Anlage funktionstüchtig ist und zum anderen, dass die Anlage ihre Funktion, das Konzentrieren der auf drei Spiegel einfallender Sonnenstrahlung auf eine Fläche, erfüllt.

So zeigen die qualitativen Resultate (Beobachtungen während dem Betrieb der Anlage, vgl Abbildungen 42 und 43) auf, dass es möglich ist, die reflektierte Strahlung dreier Spiegel durch das Verwenden von Heliostaten auf eine Fläche zu lenken, sowie diese Strahlung durch das Anbringen einer Fresnellinse konzentriert werden kann. Weiter zeigen die quantitativen Messresultate (Temperaturmessungen) auf, was die Multiplikation der Spiegel bringt. Die Temperatur auf der Wand konnte von 27.5°C, beim Anstrahlen durch einen Spiegel, auf 40.5°C, beim Anstrahlen durch drei Spiegel, gesteigert werden.

Weiterführend sollten mit der gesamten Testanlage noch weitere Versuche ausgeführt werden, um die einzelnen Komponenten weiter zu testen und sich mit der Anlage vertraut zu machen. Einer nötigen Untersuchung muss die Fresnellinse unterzogen werden. Die Testergebnisse waren nicht eindeutig und eine mögliche Fehlerquelle ist die vom Hersteller angegeben Brennweite, welche unter Umständen nicht korrekt ist.

Schlussendlich kann gesagt werden, dass die Heliostatenanlage wie auch die Versuchsbank realisiert, getestet und funktionstüchtig sind. Die einfallende Sonnenstrahlung kann mit Hilfe dieser Heliostatenanlage konzentriert werden. Somit wurden die Ziele der Diplomarbeit erreicht. Das ganze Projekt war sehr arbeitsintensiv und interessant und zeigt den möglichen Nutzen einer solchen Anlage auf.

14 DANKSAGUNG

Zum Schluss dieser Arbeit möchte ich mich bei allen, welche mich beim Anfertigen dieser Arbeit unterstützt und betreut haben bedanken.

Bei Herr Prof. Dr. Christoph Ellert für die Ermöglichung und Betreuung der Arbeit.

Bei Herr Prof. Alain Moreillon für die Betreuung und Unterstützung der mechanischen Konzeption und Realisation.

Bei Herr Christophe Truffer für die zur Verfügung Stellung der Steuerungen und die Hilfe bei der Programmierung.

Und bei den Angestellten der mechanischen Werkstatt der HES-SO Valais/Wallis in Sitten für die Fertigung der mechanischen Komponenten, sowie die gute Zusammenarbeit.



15 VERZEICHNISSE

Literaturverzeichnis

[1] Naturkatastrophe von Fukushima, http://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Fukushima, Stand: 08.07.2014 23:15

[2] Erneuerbare Energien, http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare_Energien, Stand: 09.07.2014 00:44

[3] Solarenergie, http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenenergie, Stand: 09.07.2014 00:46

[4]FossileEnergien-nichterneuerbareEnergien,http://www.swissworld.org/de/wirtschaft/energiewirtschaft/fossile_energien/Stand: 09.07.2014 00:49Energien,

[5] Photovoltaik, http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik, Stand: 09.07.2014 09:16

[6] Solarwärme für Eigenheime, Swissolar, http://www.energieagentursg.ch/Portals/0/Downloads/Publikationen/Erneuerbare%20Energien/Solar-Eigenheim.pdf, Stand: 09.07.2014 09:19

[7] Sonnenwärmekraftwerk, http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenw%C3%A4rmekraftwerk, Stand: 09.07.2014 09:21

[8] Stirling engine, http://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_engine, Stand: 09.07.2014 09:23

[9] Sonnenschein, http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenschein, Stand: 09.07.2014 09:29

[10] Heliostat, http://en.wikipedia.org/wiki/Heliostat, Stand: 09.07.2014 09:30

[11.1] Parabolspiegel, http://de.wikipedia.org/wiki/Parabolspiegel, Stand: 09.07.2014 09:31

[11.2] Andreas Neiser, Der Brennpunkt des Parabolspiegels, http://www.qsl.net/dd2pd/Mathe/Brennpunkt%20Parabolspiegel.pdf, Stand: 09.07.2014 10:47

[12] Sammellinse, http://de.wikipedia.org/wiki/Sammellinse, Stand: 09.07.2014 09:32

[13] Solarthermie der Zukunft: Energie aus der Turmspitze, http://www.solarify.eu/2012/05/28/solarthermie-der-zukunft-energie-aus-der-turmspitze/, Stand: 09.07.2014 09:35

[14] Hochtemperatur Sonnenkonzentrator durch Integration vieler Einzelsysteme, Petrig Fernando, Mai 2014, HES-SO Valais/Wallis

[15.1] Geometrische Optik, http://www.unikassel.de/fb10/fileadmin/datas/fb10/physik/oberflaechenphysik/exp2/Lehre/ExpPhysII/Geometrische-Optik.pdf, Stand: 09.07.2014 09:35

[15.2] 1.4. Optische Abbildungen mit Linsen, http://www.uni-leipzig.de/~mqf/poeppl/praes_OP_kap_1_4.pdf , Stand: 09.07.2014 09:48

[16] Fresnel-Linse, http://de.wikipedia.org/wiki/Fresnel-Linse, Stand: 09.07.2014 09:43



[17] Spiegel, http://de.wikipedia.org/wiki/Spiegel#Metallbeschichtung, Stand: 09.07.2014 09:46

[18] STRONGEST SOLAR MIRRORS AVAILABLE FOR THE PRICE, http://www.greenpowerscience.com/SHOPARABLOICHOME.html , Stand: 09.07.2014 09:51

[19.1] Spiegelfolie für Solarenergie, http://solarmedia.blogspot.ch/2012/05/der-3m-geschaftsbereich-renewable.html , Stand: 09.07.2014 09:53

[19.2] Spiegelfolie, http://www.pearl.ch/kw-1-spiegelfolie.shtml , Stand: 09.07.2014 09:54

[20] Reflexionsgrad, http://de.wikipedia.org/wiki/Reflexionsgrad, Stand: 09.07.2014 09:57

[21] STRONGEST SOLAR MIRRORS AVAILABLE FOR THE PRICE, http://www.greenpowerscience.com/SHOPARABLOICHOME.html, Stand: 09.07.2014 09:51

[22] Wandspiegel, http://www.ikea.com/ch/de/catalog/products/94889900/ , Stand: 09.07.2014 09:59

[23] Fresnel Lenses, http://www.greenpowerscience.com/FRESNELSHOP/43INCHSPOT.html, Stand: 09.07.2014 10:00

[24] Thunwetter, Sonne und Mond, http://www.thunerwetter.ch/sonne.html , Stand: 09.07.2014 10:01

[25] Reflexion_(Physik), http://de.wikipedia.org/wiki/Reflexion_(Physik), Stand: 09.07.2014 10:02

[26] Montierung, http://de.wikipedia.org/wiki/Montierung, Stand: 09.07.2014 10:04

[27] Winddruck, http://de.wikipedia.org/wiki/Winddruck, Stand: 09.07.2014 10:05

[28] Elektrohubzylinder, http://www.hiwin.ch/ch/produkte/elektrohubzylinder , Stand: 09.07.2014 10:06

[29] Angst und Pfister, https://www.apsoparts.com/ishop/en-INT/Drive%20Technology/Drive%20systems%20and%20components/Drives/Linear%20actuators %20HIWIN®/category/node/14606.xhtml, Stand: 09.07.2014 10:09

[30] Bringhen AG Online-Shop, http://www.bringhen.ch/products/Bain/Armoires-de-toilette-Miroirs/Miroirs/Miroir-ELITE-PLUS-QUADRO-60-x-60-cm-avec-bords-renforcs.html?cat=126&, Stand: 09.07.2014 10:12

[31] Potentiometer, http://en.wikipedia.org/wiki/Potentiometer, Stand: 09.07.2014 10:15

[32] Durovis Online-Shop – Konstantkraftfedern: http://www.durovis.ch/index.php/federnkatalog/konstantkraftfedern.html, Stand: 09.07.2014 10:17

[33] Item Online Catalog, http://catalog.item24us.com/product_info.php?info=p2603_Profile-8-40x40.html, Stand: 09.07.2014 10:19

[34] Schwarzer Körper, http://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzer_K%C3%B6rper, Stand: 09.07.2014 10:20

[35] Metall-Laden Online-Shop, http://www.metallladen.ch/, Stand: 09.07.2014 10:21



[36] Koch Gruppe Online-Shop, http://www.koch.ch/Katalog/StartFromSearchEngine.asp?page=http://www.koch.ch/Katalog/ColorV ersion/ArticlePages/0030,0050,0020,0200,0060.html, Stand: 09.07.2014 10:23

[37] SOMAG ALU PROFIL SYSTEM, http://www.somag.de/downloads/SomagPreisliste.pdf, Stand: 09.07.2014 11:30

[38] Maxon Motor EPOS2 50/5, http://www.maxonmotor.ch/maxon/view/product/control/Positionierung/347717, Stand: 09.07.2014 10:31

[39]MaxonMotorEPOS270/10,http://www.maxonmotor.ch/maxon/view/product/control/Positionierung/375711,Stand:09.07.201410:33

[40] Schutzart, http://de.wikipedia.org/wiki/Schutzart, Stand: 09.07.2014 10:35

[41] Maxonmotor – Download EPOS Studio, http://www.maxonmotor.ch/maxon/view/product/control/Positionierung/375711, Stand: 09.07.2014 10:37

[42] Messung der Sonnenposition über dem Horizont mit einem Schattenstab (Gnomon), http://www.didaktik.physik.uni-due.de/IYA2009/IYA2009-Schattenstab.html, Stand: 09.07.2014 10:42

[43] Sonnensensor, http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnensensor, Stand: 09.07.2014 10:43

[44] SELER INDUSTRY, http://www.selerindustry.com/index.php?page=Reflecteur-solaire-S-ReflecT&hl=de, Stand: 09.07.2014 22:15



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Schema des Funktionsprinzips	2
Abbildung 2 : Schema des Funktionsprinzips unter Verwendung	2
Abbildung 3 : Schema der Verwendung von Parabolspiegeln	3
Abbildung 4 : Schema des Reflexionsverhaltens eines Parabolspiegels mit parallel zur optischen Achse einfallenden Strahlung	4
Abbildung 5 : Schema des Reflexionsverhaltens eines Parabolspiegels mit nicht parallel zur optischen Achse einfallenden Strahlung	J4
Abbildung 6 : Beispiel eines Resultats von Raytracing.m	5
Abbildung 7 : Schema der berechneten Werte des Programms Focus_Quality.m	5
Abbildung 8: Auswertung der von Focus_Quality.m gelieferten Daten	6
Abbildung 9 : Foto des realisierten Heliostatensystems	8
Abbildung 10 : Foto der realisierten und aufgebauten Versuchsbank	8
Abbildung 11 : Schema der azimutalen	9
Abbildung 12 : Schema der äquatorialen	9
Abbildung 13 : 3D Model der fertigen Heliostatenanlage	10
Abbildung 14 : Beschreibung der Einzelteile der Heliostatenanlage, Rückenansicht	10
Abbildung 15 : Beschreibung der Einzelteile an der Heliostatenanlage, Frontansicht	11
Abbildung 16 : Simulation der Belastung mit einer horizontalen Kraft von 500N	12
Abbildung 17 : Simulation der Belastung der Heliostaten durch ein Drehmoment von 150Nm	12
Abbildung 18 : Schema der Winkelberechnung	13
Abbildung 19 : Schema der Winkelberechnung	13
Abbildung 20 : Schema der Winkelberechnung	14
Abbildung 21 : Mögliches Konzept der Kopplung mehrerer Heliostatenreihen mit Übersetzung, Draufsicht auf die Gesamtanlage	14
Abbildung 22 : Seitenansicht mehrerer Heliostatensvsteme/Heliostatenreihen. Zu sehen ist, dass ieder Heliostat einer Reihe den se	elben
Winkel einnehmen muss, um das Ziel zu treffen	15
Abbildung 23 : Schema eines möglichen Konzepts zur Kopplung mehrerer Heliostatenreihen. Seitenansicht	15
Abbildung 24 : Schema zur Berechnung der Distanz der Spiegelzentren / Rotationsachsen der Tagesachsen zueinander	16
Abbildung 25 : Schema zur Berechnung der Abmessungen des Spiegelfeldes.	17
Abbildung 26 : 3D Model der Heliostatenanlage mit markierter Kippstänge	18
Abbildung 27 : Mechanismus zum Einstellen der Übersetzung (Angriffspunkt der Kippbewegung)	18
Abbildung 28 : 3D Model der Heliostatenanlage mit markierter Lenkstange	18
Abbildung 29 · 3D Model der Heliostatenanlage mit Position des Antriebshebels	19
Abbildung 30 : Foto des monierten Antriebshebels	19
Abbildung 31 · 3D Model des Klemmstiffes	19
Abbildung 32 : Montage des Hebels, des Klemmmechanismus und der Lagerung der Tagesachse	19
Abbildung 33 - Schema des Konzents des Positionsmesssystems	20
Abbildung 34 : Eoto der Konstantkräffeder	20
Abbildung 35 : Montierter Potentiometer	20
Abbildung 36 - 3D Model der Versuchsbank Version 1 mit montiertem schwarzen Körper	21
Abbildung 37 · 3D Model Versuchsbank /	22
Abbilding 38 : Bealisierte und aufrebaute Versuchsbank 2	22
Abbildung 39 : 3D Model des schwarzen Körners	23
Abbildung 40 : Elektroschema 1 der konzinierten Anlage mit Potentiometern zur	24
Abbildung 41 · Elektroschema 2 der realisierten Anlage ohne Positionsmessung	25
Abbilding 41 : Elokase loch nicht geregelt	28
Abbildung 42 - Opiogen noch nicht gerögen.	20
Abbildung 40 - Vorbereitung der Versuchsungehung	20
Abbildung 45 - Verbernung der Verseinig der Mauertemperatur und der Luftemperatur	20
Abbildung 45 : Thermometer zur Messung der Madertemperatur und der Euftemperatur	23
Abbildung 40 - Meesanaaturen	20
Abbildung 47 - Missapparaturen	23
Abbildung 40 - Ausgehönder henosaleriarinage	29
Abbildung 49 - Scientia des versuchsaubaus.	30
Abbildung 50 : Ziel zum resten des Anvisierens mit der stedening und zur reinperatumnessung (Reierenzweit)	
Abbildung 51 : Schema remperaturnessung, nache durch einen Spieger angestraht	
Abbildung 52 - 500, Zielinaufe von einem opreget angestrant.	
Abbildung 55 - Schema Temperatunnessung, Frache unter zwei Spieger drigestrahlt	
Abbildung 55 - 1 00, Zielilaule voll Zwei Spiegell allgestallalle.	
Abbildung 55 - Schema Temperatunnessung, Frache unter une Spiegel angestrahlt	
Abbildung 50 - 1 00, Zielinaute von diet spiegein angestraint.	اد ۲د
Abbildung 57 - Scheinid des Velsuchsdubdus mill Velsuchsbahk	
Abbildung 50 : Foto der Montage der zwei mermonneten, einer mit Kontakt zur Platte der andere förn vor der Platte.	
Abbildung 59 - Schemid des Velsuchsaubau mit drei Spiegein in Fühktion	
Abbildung ou - Angestrainie zielpiatte	
ADDITUUTING OF . FOR DEFORMS PUTIENTE AUT EITER DISTANZ VOIT THE ZUF FRESTIENTINGE	33



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : Kostenzusammenstellung der elektronischen Komponenten	26
Tabelle 2 : Gesamtkosten-Zusammenstellung der Anlage	27
Tabelle 3 : Resultate der Temperaturmessung auf und vor der Mauer	32
Tabelle 4 : Resultate der Temperaturmessung auf und vor der Aluminiumplatte	32

Grafikverzeichnis

Grafik 1 : Graph der	Resultate der	Temperaturmessung	auf und vor o	der Mauer	
Grafik 2 : Graph der	Resultate der	Temperaturmessung	vor und auf o	der Aluminium-	Zielplatte 33

16 AUTHENTIZITÄTSERKLÄRUNG

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Semesterarbeit mit dem Titel Hochtemperatur Sonnenkonzentrator durch Integration vieler Einzelsysteme eigenständig verfasst habe.

Name _____

Vorname

Ort _____

Datum _____

Unterschrift _	
----------------	--



17 ANHANG

Anhang 1 : Kostenberechnungen

Anhang 1.1 : Detaillierte Kostenberechnung der Versuchsbank Version 2 Anhang 1.2 : Detaillierte Kostenberechnung Heliostatenanlage

Anhang 2 : Berechnung und Resultate Abstand der Spiegel zueinander

Anhang 3 : Datenblätter der elektronischen Komponenten

Anhang 3.1 : Datenblatt der Motoren HIWIN LAS1-1-1-200-12G Anhang 3.2 : Datenblatt der Motoren HIWIN LAS2-1-1-200-24G Anhang 3.3 : Datenblatt der Digitalen Positioniersteuerung EPOS2 50/5 von Maxon Motor Anhang 3.4 : Datenblatt der Digitalen Positioniersteuerung EPOS2 70/10 von Maxon Motor

Anhang 4 : Bestellungen

Anhang 4.1 : Bestellung der Motoren bei Angst-Pfister
Anhang 4.2 : Bestellung der Spiegel bei Bringhen AG
Anhang 4.3 : Bestellung der Fresnellinse bei Greenpowerscience
Anhang 4.4 : Bestellung der Konstantkraftfedern bei Durovis
Anhang 4.5 : Bestellung der Potentiometer bei Distrelect
Anhang 4.6 : Bestellung der Scharniere bei Item Industrietechnik Schweiz GmbH
Anhang 4.7 : Bestellung der Gleitlager bei Igus
Anhang 4.8 : Stornierte Bestellung der Elektrohubzylinder bei HIWIN

Anhang 5 : Schrauben- und Montageteileliste



Anhang 1 : Kostenberechnungen

Anhang 1.1 : Detaillierte Kostenberechnung der Versuchsbank Version 2 Anhang 1.2 : Detaillierte Kostenberechnung Heliostatenanlage



Anhang 1.1 : Detaillierte Kostenberechnung der Versuchsbank Version 2

Die Preise für die Item Profile wurde der Internetseite SOMAG ALU PROFIL SYSTEM entnommen [37]. Diese Profile sind in Meterware erhältlich

Kosten Item Profile 8 40x40	19.21	EUR/m
	23.05	CHF/m

Weiter wurden die Kosten der benötigten Menge berechnet

Menge	Länge [cm]	Preis [CHF]
4	91	83.91
2	83	38.27
4	40	36.88
8	39	71.92
4	80	73.77

Zusammenstellung der Schlussabrechnung

Beschreibung	Preis [CHF]
Kosten Profile Total	304.75
Kosten Zielrahmen und Messplatte	150.00
Montagekosten	100
Kosten der Fixierplättchen	150
Kosten Kleinteile	50

Kosten Total Versuchsbank 2 754.75



Anhang 1.2 : Detaillierte Kostenberechnung Heliostatenanlage

				Länge	Kosten Material	Herstellungszeit	Bearbeitungskosten	Kosten Total
Teil	Material	Menge	Dimensionen	[mm]	[CHF]	[h]	[CHF]	[CHF]
P001	Inox	1	100x50x3	1700	294.53	0.25	25.00	319.53
P002	Inox	2	80x80x2.5	500	50.00	2.00	200.00	250.00
P003	Inox	1	80x80x2.5	500	25.00	2.00	200.00	225.00
P004	Gewindestange Inox	3	M12	100	4.50	0.17	16.67	21.17
P005	Inox Rohr	3	Ø 18 - 13	78	8.76	2.50	250.00	258.76
P006	Inox	1	50x50x2	300	21.93	0.75	75.00	96.93
P007	Aluminium	1	50x8	45	0.94	0.50	50.00	50.94
P010	Inox	2	100x50x3	420	145.53	0.75	75.00	220.53
P101	Inox	3	40x40x2	670	126.63	1.00	100.00	226.63
P102	Inox	3	50x10	110	5.41	1.00	100.00	105.41
P103	Inox	3	Ø 25 - 20	72	10.58	2.50	250.00	260.58
P104	Igus Lager	9	WFM_1820_12_1		41.40	0.00	0.00	41.40
P105	Aluminium	3	Ø 48 - 20	20	19.40	1.25	125.00	144.40
P107	Inox	3	50x10	110	5.41	2.00	200.00	205.41
P108	Igus Lager	3	WFM_1517_12_1		13.71	0.00	0.00	13.71
P109	Aluminium	3	Ø 25 - 17	32	8.15	1.00	100.00	108.15
P111	Inox	6	70x6	70	32.56	1.50	150.00	182.56
P112	Inox	1	40x40x2	1640	103.32	0.50	50.00	153.32
P201	Aluminium	1	60x40	30	3.43	1.00	100.00	103.43
P202	Aluminium	1	60x40	38	4.35	1.00	100.00	104.35
P301	Inox	3	35x35x2	678	95.60	0.50	50.00	145.60
P302	Inox	3	40x40	26	21.92	3.00	300.00	321.92



P303	Inox	3	40x40	59	49.75	3.75	375.00	424.75
P402	Inox	6	20x20x3	600	74.52	1.00	100.00	174.52
P403	Inox	12	10x6.5	9	2.15	1.50	150.00	156.62
P404	Inox	12	40x5	15	6.62	1.00	100.00	100.00
P601	Aluminium	2	15x25	150	5.72	0.75	75.00	80.72
P602	Inox	3	Ø 10	32	0.40	1.25	125.00	125.40
P605	Inox	6	30x6	50	3.00	1.50	150.00	153.00
P606	Inox	1	20x20x2	1640	41.82	0.25	25.00	66.82
P607	Aluminium	1	15x25	219	4.17	0.75	75.00	79.17
P608	Aluminium	2	25x8	70	1.55	0.75	75.00	76.55
P609	Lager Igus	6	WFM_1416_05_1		25.32	0.00	0.00	25.32
P610	Inox	3	Ø 20	20	2.74	0.67	66.67	69.40
P611	Gewindestange Inox	2	M6	45	0.44	0.25	25.00	25.44
P801	Spiegel	3	600x600		136.74		0.00	136.74
P901		2	Elektrohubzylinder					
P907		2	Motorzylinder					
P930	Inox	1	Ø 8	46	0.40	0.17	16.67	17.06
P931	Inox	1	60x60	20	4.02	1.50	150.00	154.02
P932	Inox	2	Ø 12 - 8,5	40	2.46	0.50	50.00	52.46
P940	Aluminium	1	50x30	40	2.89	1.00	100.00	102.89
P943	Inox	1	Ø 8	40	0.34	0.33	33.33	33.68
P944	Inox	1	Ø 8	24	0.21	0.17	16.67	16.87
P945	Gewindestange Inox	3	M8	46	1.00	0.25	25.00	26.00
r				Kosten	Total			5657.17



Anhang 2 : Berechnung und Resultate Abstand der Spiegel zueinander



Anhang 2 : Berechnung und Resultate Abstand der Spiegel zueinander

	Nötige Spiegelausrichtung Distanzen Spiegelabstand					Distant				
Einfallswinkel α [°]	δ1 [°]	δ2 [°]	δ3 [°]	d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]	d4 [m]	x [m]	y [m]	d_tot [m]
0	45.00	42.99	47.01	0.21	#DIV/0!	0.22	#DIV/0!	0.21	0.20	#DIV/0!
1	44.50	42.49	46.51	0.21	11.61	0.22	12.05	0.21	0.20	24.09
2	44.00	41.99	46.01	0.22	5.75	0.22	5.97	0.21	0.20	12.15
3	43.50	41.49	45.51	0.22	3.79	0.22	3.94	0.21	0.20	8.17
4	43.00	40.99	45.01	0.22	2.81	0.23	2.93	0.20	0.20	6.19
5	42.50	40.49	44.51	0.22	2.23	0.23	2.32	0.20	0.19	4.99
6	42.00	39.99	44.01	0.22	1.83	0.23	1.91	0.20	0.19	4.20
7	41.50	39.49	43.51	0.22	1.55	0.23	1.62	0.20	0.19	3.63
8	41.00	38.99	43.01	0.23	1.34	0.23	1.40	0.20	0.19	3.20
9	40.50	38.49	42.51	0.23	1.18	0.23	1.23	0.19	0.19	2.87
10	40.00	37.99	42.01	0.23	1.05	0.24	1.09	0.19	0.18	2.61
11	39.50	37.49	41.51	0.23	0.94	0.24	0.98	0.19	0.18	2.39
12	39.00	36.99	41.01	0.23	0.85	0.24	0.89	0.19	0.18	2.21
13	38.50	36.49	40.51	0.23	0.77	0.24	0.81	0.19	0.18	2.06
14	38.00	35.99	40.01	0.24	0.71	0.24	0.74	0.18	0.18	1.93
15	37.50	35.49	39.51	0.24	0.65	0.24	0.68	0.18	0.17	1.81
16	37.00	34.99	39.01	0.24	0.60	0.25	0.63	0.18	0.17	1.71
17	36.50	34.49	38.51	0.24	0.56	0.25	0.58	0.18	0.17	1.63
18	36.00	33.99	38.01	0.24	0.52	0.25	0.54	0.18	0.17	1.55
19	35.50	33.49	37.51	0.24	0.48	0.25	0.51	0.17	0.17	1.48
20	35.00	32.99	37.01	0.25	0.45	0.25	0.47	0.17	0.16	1.42
21	34.50	32.49	36.51	0.25	0.42	0.25	0.44	0.17	0.16	1.36
22	34.00	31.99	36.01	0.25	0.39	0.25	0.42	0.17	0.16	1.31
23	33.50	31.49	35.51	0.25	0.37	0.26	0.39	0.17	0.16	1.27
24	33.00	30.99	35.01	0.25	0.35	0.26	0.37	0.16	0.15	1.22
25	32.50	30.49	34.51	0.25	0.33	0.26	0.35	0.16	0.15	1.18
26	32.00	29.99	34.01	0.25	0.31	0.26	0.33	0.16	0.15	1.15
27	31.50	29.49	33.51	0.26	0.29	0.26	0.31	0.16	0.15	1.11
28	31.00	28.99	33.01	0.26	0.27	0.26	0.29	0.15	0.15	1.08
29	30.50	28.49	32.51	0.26	0.26	0.26	0.27	0.15	0.14	1.05
30	30.00	27.99	32.01	0.26	0.24	0.26	0.26	0.15	0.14	1.03
31	29.50	27.49	31.51	0.26	0.23	0.27	0.25	0.15	0.14	1.00
32	29.00	26.99	31.01	0.26	0.22	0.27	0.23	0.15	0.14	0.98
33	28.50	26.49	30.51	0.26	0.21	0.27	0.22	0.14	0.13	0.96
34	28.00	25.99	30.01	0.26	0.19	0.27	0.21	0.14	0.13	0.94
35	27.50	25.49	29.51	0.27	0.18	0.27	0.20	0.14	0.13	0.92
36	27.00	24.99	29.01	0.27	0.17	0.27	0.19	0.14	0.13	0.90
37	26.50	24.49	28.51	0.27	0.17	0.27	0.18	0.13	0.12	0.88
38	26.00	23.99	28.01	0.27	0.16	0.27	0.17	0.13	0.12	0.87
39	25.50	23.49	27.51	0.27	0.15	0.28	0.16	0.13	0.12	0.85
40	25.00	22.99	27.01	0.27	0.14	0.28	0.15	0.13	0.12	0.84
41	24.50	22.49	26.51	0.27	0.13	0.28	0.14	0.12	0.11	0.83
42	24.00	21.99	26.01	0.27	0.12	0.28	0.14	0.12	0.11	0.81
43	23.50	21.49	25.51	0.28	0.12	0.28	0.13	0.12	0.11	0.80
44	23.00	20.99	25.01	0.28	0.11	0.28	0.12	0.12	0.11	0.79
45	22.50	20.49	24.51	0.28	0.11	0.28	0.11	0.11	0.11	0.78
46	22.00	19.99	24.01	0.28	0.10	0.28	0.11	0.11	0.10	0.77
47	21.50	19.49	23.51	0.28	0.09	0.28	0.10	0.11	0.10	0.76
48	21.00	18.99	23.01	0.28	0.09	0.28	0.10	0.11	0.10	0.75
49	20.50	18.49	22.51	0.28	0.08	0.28	0.09	0.11	0.10	0.74
50	20.00	17.99	22.01	0.28	0.08	0.29	0.09	0.10	0.09	0.73
51	19.50	17.49	21.51	0.28	0.07	0.29	0.08	0.10	0.09	0.72
52	19.00	16.99	21.01	0.28	0.07	0.29	0.08	0.10	0.09	0.72
53	18.50	16.49	20.51	0.28	0.06	0.29	0.07	0.10	0.09	0.71
54	18.00	15.99	20.01	0.29	0.06	0.29	0.07	0.09	0.08	0.70
55	17.50	15.49	19.51	0.29	0.06	0.29	0.06	0.09	0.08	0.69
56	17.00	14.99	19.01	0.29	0.05	0.29	0.06	0.09	0.08	0.69

HES-SO Valais /Petrig –v0.1 09.07.2014



	naute Ecole o Ingenierie	TT
tochschule für	Ingenieurwissenschaften	10

57	16.50	14.49	18.51	0.29	0.05	0.29	0.06	0.09	0.08	0.68
58	16.00	13.99	18.01	0.29	0.05	0.29	0.05	0.08	0.07	0.68
59	15.50	13.49	17.51	0.29	0.04	0.29	0.05	0.08	0.07	0.67
60	15.00	12.99	17.01	0.29	0.04	0.29	0.04	0.08	0.07	0.67
61	14.50	12.49	16.51	0.29	0.04	0.29	0.04	0.08	0.06	0.66
62	14.00	11.99	16.01	0.29	0.03	0.29	0.04	0.07	0.06	0.66
63	13.50	11.49	15.51	0.29	0.03	0.29	0.04	0.07	0.06	0.65
64	13.00	10.99	15.01	0.29	0.03	0.29	0.03	0.07	0.06	0.65
65	12.50	10.49	14.51	0.29	0.03	0.29	0.03	0.06	0.05	0.64
66	12.00	9.99	14.01	0.29	0.02	0.30	0.03	0.06	0.05	0.64
67	11.50	9.49	13.51	0.29	0.02	0.30	0.03	0.06	0.05	0.64
68	11.00	8.99	13.01	0.29	0.02	0.30	0.02	0.06	0.05	0.63
69	10.50	8.49	12.51	0.29	0.02	0.30	0.02	0.05	0.04	0.63
70	10.00	7.99	12.01	0.30	0.02	0.30	0.02	0.05	0.04	0.63
71	9.50	7.49	11.51	0.30	0.01	0.30	0.02	0.05	0.04	0.62
72	9.00	6.99	11.01	0.30	0.01	0.30	0.02	0.05	0.04	0.62
73	8.50	6.49	10.51	0.30	0.01	0.30	0.01	0.04	0.03	0.62
74	8.00	5.99	10.01	0.30	0.01	0.30	0.01	0.04	0.03	0.62
75	7.50	5.49	9.51	0.30	0.01	0.30	0.01	0.04	0.03	0.61
76	7.00	4.99	9.01	0.30	0.01	0.30	0.01	0.04	0.03	0.61
77	6.50	4.49	8.51	0.30	0.01	0.30	0.01	0.03	0.02	0.61
78	6.00	3.99	8.01	0.30	0.00	0.30	0.01	0.03	0.02	0.61
79	5.50	3.49	7.51	0.30	0.00	0.30	0.01	0.03	0.02	0.61
80	5.00	2.99	7.01	0.30	0.00	0.30	0.00	0.03	0.02	0.61
81	4.50	2.49	6.51	0.30	0.00	0.30	0.00	0.02	0.01	0.60
82	4.00	1.99	6.01	0.30	0.00	0.30	0.00	0.02	0.01	0.60
83	3.50	1.49	5.51	0.30	0.00	0.30	0.00	0.02	0.01	0.60
84	3.00	0.99	5.01	0.30	0.00	0.30	0.00	0.02	0.01	0.60
85	2.50	0.49	4.51	0.30	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.60
86	2.00	-0.01	4.01	0.30	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.60
87	1.50	-0.51	3.51	0.30	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.60
88	1.00	-1.01	3.01	0.30	0.00	0.30	0.00	0.01	-0.01	0.60
89	0.50	-1.51	2.51	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	-0.01	0.60
90	0.00	-2.01	2.01	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	-0.01	0.60



Anhang 3 : Datenblätter der elektronischen Komponenten

- Anhang 3.1 : Datenblatt der Motoren HIWIN LAS1-1-1-200-12G
- Anhang 3.2 : Datenblatt der Motoren HIWIN LAS2-1-1-200-24G
- Anhang 3.3 : Datenblatt der Digitalen Positioniersteuerung EPOS2 50/5 von Maxon Motor
- Anhang 3.4 : Datenblatt der Digitalen Positioniersteuerung EPOS2 70/10 von Maxon Motor
- Anhang 3.5 : Datenblatt 7/8" (22mm) Precision Wirewound Potentiometer von Vishay Spectrol

Linear Actuator LAS Series

10. HIWIN LAS Series (1)

LAS1

CE





∞ RL = S+119 Stroke ≤250 RL=S+169 Stroke > 250 **RL** : Retracted length S : Stroke length

Table 10.1 Specifications

Screw type	ACME
Weight*	1.04kg
Protection	IP54
Compatible controller	Compatible with all controllers (*Notice the type of connector: Audio/DIN 4pin)
Working temp.	+5°C~40°C
Stroke length 200mm	

Option:

(1) IP65 (2) Back fixture turned 90 (3) Rod end with flat connector (RL=S+110, S≤250/RL=S+160, S>250) (4) 36VDC motor (5) External reed switches (6) Plastic gear (Max. load: 800N) (7) Plug : DIN 4PIN plug / Stereo plug / Mono plug



8.1-82

Table 10.2	LAS1 S	pecificat	ions										
Model	Thrust	Pulling	Holding	Speed	Standa	rd strøke				Duty	Current	max.	
	max.	max.	max.	(mm / s)	(mm) :	S				cycle	(A)		
	(N)	(N)	[N]	Load = Max. / Load = 0						%	12VDC	24VDC	
LAS1-1	1200	1200	800	8/12	50	100	150	200	250	10	6	2.5	
LAS1-2	600	600	300	16/25	50	100	150	200	250	10	6	3	

1200

1000

800

*Min. input power = Voltage x Current max.

LAS1-1/-2 24(12) VDC Motor 30 25 20 15 10 5 Speed (mm/s) - LAS1-1 - LAS1-2 0 600 800 1000 1200 0 200-400 Load (N) LAS1-1/-2 24 VDC Motor 3.0 2.5 2.0 1.5 1.0 0.5 Current (Amp) LAS1-1 LAS1-2



400

200

. 0 L 0



600

Load (N)

**Note: The test results are obtained by using the 12VDC power supply.



Linear Actuator LAS Series

11. HIWIN LAS Series (2)

LAS2







- RL=S+146 Stroke≤250 RL=S+196
- Stroke > 250 **RL: Retracted length**
- S: Stroke length

Table 11.1 Specifications

+5°C~40°C

ACME	Supply voltage	24VDC	12VDC	5VDC
1.3kg		High level 24VDC	High level 12VDC	ΠL
IP54	Output	Low level 0.2V/40mA PNP*	Low level 0.2V/40mA PNP*	
Compatible with all controllers		PS. Open collector	PS. Open collector	
(*Notice the type of connector: Audio/DIN 4pin)	* Low noise			

* Stroke length 200mm

Working temp.

Compatible controller

Option:

Screw type Weight*

Protection

(1) IP65

(2) Position feedback

1: Potentiometer 10k ohm (RL = S+154, $S \le 250$ / RL = S+204, S > 250) 2: Optical sensor: PNP (standard), NPN. TTL

(3) 36VDC motor

(4) Back fixture turned 90° (5) Rod end with flat connector (RL = S+133, $S \le 250 / RL = S+183$, S > 250) (6) Plug: DIN 4PIN plug / Stereo plug / Mono plug [7] UL version



Table 11.3 LAS2 Specifications

Model	Thrust max.	Pulling max.	Holding max.	Speed (mm / s)	Standa (mm) :	ard stro : S	ke			Duty cycle	Current (A)	max.	Optical Sensor Resolution	Potentiometer Resolution
	(N)	{N]	(N)	Load = Max. / Load = 0						%	12VDC	24VDC	(mm/pulse)	(Ohm/mm)
LAS2-1	1800	1200	1800	4.5/7	50	100	150	200	250	10	6	3	0.3175	21
LAS2-2	1200	1200	1000	8/15	50	100	150	200	250	10	6	4	0.635	10.5
*Min, input power = Voltage x Current max.														



**Note: The test results are obtained by using the 24VDC power supply.







EPOS2 50/5, Digitale Positioniersteuerung, 5 A, 11- 50 VDC

Artikelnummer 347717

•	Artikel vergleichen	Preisstaffeln		
	 Auf den Merkzettel Anfrage stellen Weiterempfehlen Artikeldetail drucken 	Stückpreis 1-4 C 5-19 C 20-49 C ab 50 A Preise ohne Mehrwertsteuer		CHF 599.70 CHF 528.20 CHF 454.00 Auf Anfrage
		Bestellmenge		mbination starten den Warenkorb

Bild vergrössern

Beschreibung

Die EPOS2 50/5 ist eine modular aufgebaute, digitale Positioniersteuerung. Abgestimmt auf bürstenbehafteten DC-Motoren mit Encoder und bürstenlosen EC-Motoren mit Hall-Sensoren und Encoder von 5 bis 250 Watt.

Spe	zifikationen	
Droc		
FIU	Cowiebt	240 a
	Gewicht	240.0
WOL	pr	
	DC-Motoren bis	250 W
	EC-Motoren bis	250 W
Sen	sor	
	kein Sensor (DC-Motoren)	Ja
	Digitaler Inkremental-Encoder (2-Kanal,	Ja
	Disiteler lekromentel Encoder (2 Konol	
	differentiell)	Ja
	Digitale Hall-Sensoren (EC-Motoren)	Ja
	SSI Absolut Encoder	Ja
	Analoger Inkremental-Encoder	
1	(2-Kanal, differentiell)	
Betr	iebsarten	
<u> </u>	Stromregler	Ja
	Drehzahlregler	Ja
	Positionsregler	Ja
Elek	trische Daten	
	Betriebsspannung Vcc (min.)	11 V
	Betriebsspannung Vcc (max.)	50 V
	Logikversorgung Vc (min) optional	- 11 V
	Logikversorgung Vc (max.) optional	50 V
	Max. Ausgangsspannung (Faktor * Vcc)	0.9
	Max. Ausgangsstrom Imax	10 A
	Max. Dauer des max. Ausgangsstroms	10
	Imax	
	Ausgangsstrom dauernd Icont	5 A
	Taktfrequenz der Endstufe	50 kHz
	Abtastfreuquenz PI Stromregler	10 kHz
	Abtastfreuquenz PI Drehzahiregler	1 kHz
	Abtastfreuquenz PID Positionsregler	1 kHz
	Max. Wirkungsgrad	94 %
	Max. Drenzani (DC-Motoren)	
	Max. Drenzani (1 Polpaar)	100000 min ⁻¹
	May Drehzahl (1 Polpaar)	
	Sinuskommulierung	25000 min ⁻¹
<u> </u>	Interne Motordrossel pro Phase	22 uH
Eino	änge	
	Hall-Sensor-Signale	H1, H2, H2
	Encoder-Signale	A, A, B, B, I, I\
[Max. Encoder Eingangsfrequenz	5 MHz
	Digitale Eingänge	· 11
	Funktionen der digitalen Eingänge	Endschalter, Referenzschalter, General Purpose, Freigabe, Schnellstopp, SSI Encoder, 2ter Inkremental Encoder, Step/Direction-Sollwert, Master-Encoder, Positions-Marker, Endstufe Hardware-Freigabe
	Analoge Eingänge	2
	Auflösung, Bereich, Schaltung	12-bit, -10+10V, differentiell
	Funktionen der Eingänge	Sollwert, General Purpose
	DIP-Schalter	. 10
<u> </u>	Funktionen der DIP-Schalter	CAN Node-ID, Autobitrate, CAN-Bus Abschluss
Aus	gänge	
	Digitale Ausgänge	5
1		

<u> </u>	Funktionen der digitalen Ausgänge	Haltebremse, General Purpose, Position-Compare, Bereit
	Analoge Ausgänge Auflösung, Bereich	1 12-bit, 0+10V
	Funktionen der analogen Ausgänge	Fixer Wert
Spa		46 VDC may 20 mA
	Encoder-Versorgungsspannung	+5 VDC, max. 30 mA
	Hilfs-Ausgangsspannung	+5 VDC, max. 150 mA
Sch	nittstellen	
	RS232	Ja
	USB (Full Speed)	
	CANopen	Slave
	CANopen application layer	DS-301
	CANopen frameworks	DSP-305
	Gateway Funktion RS232 zu CAN	Ja
Anz	blae	
	Statusanzeige Bereit	grüne LED
	Statusanzeige Fehler	rote LED
Sch	ıtzfunktion	
	Schutzfunktionen	Strombegrenzung, Überstrom, Übertemperatur, Unterspannung, Überspannung, Spannungstransienten, Kurzschluss der Motorleitung
Umg	ebungsbedingungen	
	remperatur – Betrieb (min.)	45 °C
<u> </u>	Temperatur – Lagerung (max.)	-40 °C
	Temperatur – Lagerung (max.)	85 °C
	Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend)	20 %
	(min.) Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend)	80 %
	(max.)	
Mec	Covient	240 -
	Abmessung (Länge)	240 g 120 mm
	Abmessung (Breite)	93.5 mm
	Abmessung (Höhe)	27 mm
Soft		Betestigungsbohrungen für Schrauben M3
301		EPOS Setun
	Grafische Benutzeroberfläche	EPOS Studio
	Betriebssystem	Windows 8, Windows XP SP3, Windows Vista
	Windows-DLL für PC	32-/64-bit
	Programmierbeispiele	MS Visual C#, MS Visual C++, MS Visual Basic, MS Visual Basic.NET, Borland C++, Borland Delphi, NI LabView, NI
		LabWindows/CVI
	Programmierbeispiel	J2-Dit Eclipse C++/QT
	IEC 61131-3 Bibliothek für CAN-Master	Beckhof, Siemens/Helmholz, VIPA
	maxon-Bibliothek für NI SoftMotion	National Instruments Compact Rio
Fun	ktionen	
	CANopen Profile Position Mode	
<u> </u>	CANopen Homing Mode	Ja
	Position Mode	Ja
	Interpolated position Mode (PVT)	Ja
	Velocity Mode	Ja la
	Master Encoder Mode	Ja
	Step/Direction Mode	Ja
	Analog Set Value Commands	Ja
	Path generator with	Ja
	Position Control Feed Forward	Ja
	Velocity Control Feed Forward	Ja
	Dual loop position and Velocity Control	Ja
	Position Marker	Ja
	Enable	Ja
	Position Compare	Ja
	Control of holding brakes	Ja
l	Advanced automatic control settings	Ja
Dow	nloads	
	atalogseiten	
<u>رت</u> د	Katalogseiten (deutsch. PDF 892 KR)	Version 2014
Ś	Katalogseiten (englisch, PDF 887 KB) カタログのページ (日本語, PDF 410 KB)	Version 2014 Version 2013

http://www.maxonmotor.ch/maxon/view/product/control/Positionierung/347717

04.07.2014

▶ klandototicher

English

- - > EPOS2 Feature Comparison Chart (englisch, PDF 316 KB)

 - > EPOS2 Feature Comparison Chart (englisch, PDF 316 KB)
 > EPOS2 Firmware Specification (englisch, PDF 11 MB)
 > EPOS2 Communication Guide (englisch, PDF 3 MB)
 > EPOS2 50/5 Hardware Reference (englisch, PDF 4 MB)
 > EPOS2 50/5 Getting Started (englisch, PDF 5 MB)
 > EPOS2 50/5 Cable Starting Set (englisch, PDF 2 MB)
 > EPOS2 Application Note Collection (englisch, PDF 17 MB)
 > CAD Drawing EPOS2 50/5 (englisch, ZIP 8 MB)

Software/Firmware

- English
 - > Setup EPOS2, EPOS2 P, EPOS3 and MCD's Studio 2.00 Rev. 2 (englisch, ZIP 924 MB)
 - 924 MB) > EPOS Windows 32-Bit and 64-Bit DLL (englisch, ZIP 49 MB) > EPOS Net Library (englisch, ZIP 17 MB) > EPOS LabVIEW Instrument Driver (englisch, ZIP 15 MB) > EPOS Linux Library (englisch, ZIP 5 MB) > EPOS2 NI CompactFlO Library (englisch, ZIP 9 MB) > EPOS2 IEC 61131 Beckhoff Library (englisch, ZIP 806 KB) > EPOS2 IEC 61131 Siemens Library (englisch, PDF 274 KB) > EPOS2 IEC 61131 VIPA Library (englisch, ZIP 841 KB) > EPOS USB Driver Installation (englisch, ZIP 2 MB)

- Version January 2014 Version December 2013 Version April 2013 Version December 2013 Version December 2013 Version December 2013 Version December 2013 Version November 2012
- Version 24 Version 4.9.5.0 Version 4.9.5.0 Version 4.9.5.0 Version 4.9.2.0 Version 1.0.10 Version July 2010 Version December 2012 Version July 2010 Version 2.08.30 Signed Rev. 2

> Passendes Zubehör kaufen

EPOS2 70/10, Digitale Positioniersteuerung, 10 A, 11- 70 VDC Artikelnummer 375711



tückpreis	1-4	CHF 628.70
	5-19	CHF 553.80
	20-49	CHF 476.00
	ab 50	Auf Anfrage
Preise ohne N	Tehrwertsteuer	
	Ko	mbination starten

Bestellmenge 1

Beschreibung

Die EPOS2 70/10 ist eine modular aufgebaute, digitale Positioniersteuerung. Abgestimmt auf bürstenbehafteten DC-Motoren mit Encoder und bürstenlosen EC-Motoren mit Hall-Sensoren und Encoder von 80 bis 700 Watt.

Spe	zifikationen	
Proc	iukt	
	Gewicht	330 g
Mote)r	
	DC-Motoren bis	700 W
	EC-Motoren bis	700 W
Sen		
	kein Sensor (DC-Motoren)	la
	Digitaler Inkremental-Encoder (2-Kanal	
	differentiell)	Ja
	Digitaler Inkremental-Encoder (3-Kanal,	
	differentiell)	Ja
	Digitale Hall-Sensoren (EC-Motoren)	Ja
	SSI Absolut Encoder	Ja
	Analoger Inkremental-Encoder	la la
ľ	(2-Kanal, differentiell)	Ja
Betr	iebsarten	
	Stromregler	Ja
	Drehzahiregler	Ja
	Positionsregler	Ja
Elek	trische Daten	
	Betriebsspannung Vcc (min.)	11 V
	Betriebsspannung Vcc (max.)	70 V
	Logikversorgung Vc (min) optional	_ 11 V
	Logikversorgung Vc (max.) optional	70 V
	Max. Ausgangsspannung (Faktor * Vcc)	0.9
	Max. Ausgangsstrom Imax	25 A
	Max. Dauer des max. Ausgangsstroms	10
	Imax	15
	Ausgangsstrom dauernd Icont	, 10 A
	Taktfrequenz der Endstufe	50 kHz
	Abtastfreuquenz PI Stromregler	10 kHz
	Abtastfreuquenz PI Drehzahlregier	. 1 kHz
	Abtastfreuquenz PID Positionsregler	1 kHz
	Max. Wirkungsgrad	94 %
ļ	Max. Drehzahl (DC-Motoren)	100000 min"
	Max. Drehzahl (1 Polpaar)	100000 min ⁻¹
<u> </u>	Blockkommutierung	:
	Max. Drenzani (1 Poipaar)	² 25000 min ⁻¹
	Interne Meterdrossel pro Phase	25.uH
Eine	anne Molorurosser pro r nase	
Emé		
-	Hall-Sensor-Signale	
	Max Encoder Eingengefrequenz	5 MHz
-		10
	Eunktionen der digitalen Eingänge	Endschalter, Referenzschalter, General Purpose, Freigabe, Schnellstopp, SSI Encoder, 2ter Inkremental Encoder,
		Step/Direction-Sol/wert, Master-Encoder, Positions-Marker, Endstufe Hardware-Freigabe
ļ	Analoge Eingange	2 12 bit 0 JEV/ differential
	Autiosung, Bereich, Schaltung	12-Dit, U+DV, dimerentien
-	DIP Scholter	
	Funktionen der DIP-Schalter	CAN Node-ID. CAN-Bus Abschluss
A		
Aus	Dialitala Auggingo	· 5
		·

Haltebremse, General Purpose, Position-Compare, Bereit Funktionen der digitalen Ausgänge Spannungsausgänge +5 VDC, max. 30 mA Hall-Sensor-Versorgungsspannung Encoder-Versorgungsspannung +5 VDC, max. 100 mA +5 VDC, max. 150 mA Hilfs-Ausgangsspannung Referenz-Ausgangsspannung +5 VDC, (Ro= 1 kOhm) Schnittstellen RS232 .la USB (Full Speed) Ja CAN Ja CANopen Slave CANopen application layer DS-301 DSP-305 CANopen frameworks Gateway Funktion RS232 zu CAN Ja Gateway Funktion USB zu CAN Ja Anzeige grüne LED Statusanzeige Bereit Statusanzeige Fehler rote LED Schutzfunktion Strombegrenzung, Überstrom, Übertemperatur, Unterspannung, Überspannung, Spannungstransienten, Kurzschluss Schutzfunktionen der Motorleitung Umgebungsbedingungen Temperatur - Betrieb (min.) -10 °C Temperatur - Betrieb (max.) 45 °C -40 °C Temperatur - Lagerung (min.) 85 °C Temperatur - Lagerung (max.) Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend) 20 % (min.) Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend) 80 % (max.) Mechanische Daten Gewicht 330 g 150 mm Abmessung (Länge) Abmessung (Breite) 93 mm Abmessung (Höhe) 27 mm Befestigung Befestigungsbohrungen für Schrauben M3 Software Installationsprogramm EPOS Setup Grafische Benutzeroberfläche EPOS Studio Windows 8, Windows XP SP3, Windows Vista Betriebssystem Windows-DLL für PC 32-/64-bit PC Master IXXAT, Vector, National Instruments MS Visual C#, MS Visual C++, MS Visual Basic, MS Visual Basic.NET, Borland C++, Borland Delphi, NI LabView, NI Programmierbeispiele LabWindows/CVI Linux Shared Object Library 32-bit Programmierbeispiel Eclipse C++/QT IEC 61131-3 Bibliothek für CAN-Master Beckhof, Siemens/Helmholz, VIPA maxon-Bibliothek für NI SoftMotion National Instruments Compact Rio Funktionen **CANopen Profile Position Mode** Ja Ja CANopen Profile Velocity Mode **CANopen Homing Mode** Ja Position Mode .la Interpolated position Mode (PVT) Ja Velocity Mode Ja Ja Current Mode Master Encoder Mode Ja Ja Step/Direction Mode Analog Set Value Commands Ja Path generator with Ja sinusoidal/trapezoidal profiles Position Control Feed Forward Ja Velocity Control Feed Forward Ja Dual loop position and Velocity Control Ja Position Marker Ja Quickstop Ja Enable Ja Position Compare Ja Control of holding brakes Ja Advanced automatic control settings Ja Downloads

Katalogseiten

- > Katalogseiten (deutsch, PDF 892 KB)
- > Katalogseiten (englisch, PDF 887 KB)
 > カタログのページ (日本語, PDF 410 KB)

Version 2014 Version 2014 Version 2013

- Handbücher
 - ▶ English

http://www.maxonmotor.ch/maxon/view/product/control/Positionierung/375711

04.07.2014

>>
 >> EPOS2 Firmware Specification (englisch, PDF 11 MB)
 >> EPOS2 Communication Guide (englisch, PDF 3 MB)
 >> EPOS2 70/10 Hardware Reference (englisch, PDF 3 MB)
 >> EPOS2 70/10 Getting Started (englisch, PDF 4 MB)
 >> EPOS2 70/10 Cable Starting Set (englisch, PDF 2 MB)
 >> EPOS2 Application Note Collection (englisch, PDF 17 MB)
 >> CAD Drawing EPOS2 70/10 (englisch, ZIP 7 MB)

Software/Firmware

▶ English

> Setup EPOS2, EPOS2 P, EPOS3 and MCD's - Studio 2.00 Rev. 2 (englisch, ZIP > Setup EPOS2, EPOS2 P, EPOS3 and MCD's - Studio 2.00 Re 924 MB)
> EPOS Windows 32-Bit and 64-Bit DLL (englisch, ZIP 49 MB)
> EPOS LabVIEW Instrument Driver (englisch, ZIP 15 MB)
> EPOS LabVIEW Instrument Driver (englisch, ZIP 15 MB)
> EPOS2 NI CompactRIO Library (englisch, ZIP 9 MB)
> EPOS2 IEC 61131 Beckhoff Library (englisch, ZIP 806 KB)
> EPOS2 IEC 61131 Siemens Library (englisch, ZIP 841 KB)
> EPOS USB Driver Installation (englisch, ZIP 2 MB) Version 24 Version 4.9.5.0 Version 4.9.5.0 Version 4.9.5.0 Version 4.9.2.0 Version 1.0.10

Version 2012

Version July 2010

Version December 2012 Version July 2010 Version 2.08.30 Signed Rev. 2

Version January 2014 Version December 2013 Version April 2013 Version December 2013 Version December 2013 Version December 2013

Version December 2013 Version November 2012

CAD-Dateien (STEP) > CAD File- STP/IGS/PDF (ZIP 7 MB)



> Passendes Zubehör kaufen



Model 533, 534, 535

Vishay Spectrol

7/8" (22mm) Precision **Wirewound Potentiometer**



ADDITIONAL FEATURES

- Special Resistance Tolerances to 1%
- Rear Shaft Extensions and Support Bearing
- Non Turn Lug
- Dual Gang Configuration and Concentric Shafts
- High Torque and Center Tap
- · Special Markings and Front Shaft Extensions
- Servo Unit available and Slipping Clutch

Note: The color of this product is changing to blue, during the internal period you may recieve either black or blue.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
PARAMETER	MODEL 533	MODEL 534	MODEL 535				
Resistance Range							
Standard Values	50Ω to 20KΩ	100Ω to 100KΩ	50Ω to 50KΩ				
Capability Range	5Ω to 60KΩ	10Ω to 200KΩ	5Ω to 100KΩ				
Standard Tol	± 5%	± 5%	± 5%				
Linearity (Independent)	± 0.25%	0.20%	± 0.25%				
Noise	100Ω ENR	100Ω ENR	100Ω ENR				
Rotation (Electrical & Mechanical)	1080° + 10%	3600° + 10%	1800° ± 10°				
Power Rating (@ 70°C)	1.0 watts	2.0 watts	1.5 watts				
Insulation Resistance	1000MΩ minimum 500VDC						
Dielectric Strength	1000V _{RMS} minimum 60Hz						
Absolute Minimum Resistance	Not to exceed linearity x total resistance or 1Ω ,						
		whichever is greater					
Тетрсо	20ppm/°C (standard values, wire only)						
End Voltage	0.25% of total applied voltage, maximum						
Phasing CCW end points - section 2 phased to section 1 within ±							
Taps Center tap only							

MARKING	
Unit Identification	Manufacturer's name and model number, resistance value and tolerance, linearity specification date code and terminal identification

RESISTANCE VALUES					
Ohms 533:	50R, 100R, 200R, 500R, 1K, 2K, 5K, 10K, 20K				
534:	100R, 200R, 500R, 1K, 2K, 5K, 10K, 20K, 50K, 100K				
535:	50R, 100R, 200R, 500R, 1K, 2K, 5K, 10K, 20K, 50K				

ORDERING IN	IFORMATION		
The Models 533 (3 to	urn), 534 (10 turn) and 535 (5 tur	n) can be ordered by stating	
534	1	2	XXX
MODEL	MOUNTING	NUMBER OF SECTIONS	RESISTANCE EIA CODE
	1. Bushing 2. Servo	1. Single section 2. Dual section	
·			
Document Number: 5	Z065 For techn	ical questions, contact sfer@vishav.com	www.vishav.com

Revision 09-Jan-04

1





Vibration	15g thru 2000Hz
Shock	50g
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Rotational Life (Shaft Revolution)	
533	300,000
534	1,000,000
534 (Servo)	> 1,000,000
535	500,000
	1 A 160 B
Load Life	900 Hours
Temperature Range	- 55°C to + 125°C

For technical questions, contact sfer@vishay.com

Document Number: 57065 Revision 09-Jan-04



Model 533, 534, 535

7/8" (22mm) Precision Wirewound Potentiometer

Vishay Spectrol

RESISTANCE ELEMENT DATA														
RESISTANCE VALUE (Ω) RESOLUTION %		OHMS PER TURN		MAX CURRENT AT 70°C		MAX VOLTAGE ACROSS COIL								
									AM	BIENT (m	A)	(V)		
533	534	535	533	534	535	533	534	535	533	534	535	533	534	535
50	_	50	0.149	_	0.120	0.0746	-	0.0603	141.0	-	173.0	7.07	-	8.66
100	100	100	0.111	0.060	0.075	0.1114	0.0603	0.0746	100.0	141.0	122.0	10.0	14.1	12.2
200	200	200	0.097	0.037	0.061	0.1954	0.0746	0.1220	70.7	100.0	86.6	14.1	20.0	17.3
500	500	500	0.069	0.031	0.049	0.3424	0.1520	0.2459	44.7	63.2	54.7	22.4	31.6	27.4
1K	1K	1K	0.063	0.025	0.041	0.6331	0.2459	0.4113	31.6	44.7	38.7	31.6	44.7	38.7
2K	2K	2K	0.041	0.021	0.031	0.8206	0.4113	0.6331	22.4	31.6	27.4	44.7	63.2	54.8
5K	5K	5K	0.044	0.016	0.034	2.2330	0.8206	1.7230	14.1	20.0	17.3	70.7	100.0	86.6
10K	10K	10K	0.034	0.017	0.030	3.4510	1.7230	3.0160	10.0	14.1	12.2	100.0	141.0	122.0
20K	20K	20K	0.031	0.015	0.020	6.1790	3.0160	3.9910	7.07	10.0	8.66	141.0	200.0	173.0
-	50K	50K	-	0.009	0.015	-	4.6690	7.4560	_	6.32	5.47		316.0	274.0
-	100K	-	-	0.007	-	-	7.4560	-	-	4.47	-	-	447.0	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
	-	-	_		-	_	-	-		-	-	_	-	-

Document Number: 57065 Revision 09-Jan-04



Legal Disclaimer Notice

Vishay

Notice

Specifications of the products displayed herein are subject to change without notice. Vishay Intertechnology, Inc., or anyone on its behalf, assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies.

Information contained herein is intended to provide a product description only. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document. Except as provided in Vishay's terms and conditions of sale for such products, Vishay assumes no liability whatsoever, and disclaims any express or implied warranty, relating to sale and/or use of Vishay products including liability or warranties relating to fitness for a particular purpose, merchantability, or infringement of any patent, copyright, or other intellectual property right.

The products shown herein are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications. Customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Vishay for any damages resulting from such improper use or sale.

Document Number: 91000 Revision: 08-Apr-05



Anhang 4 : Bestellungen

Anhang 4.1 : Bestellung der Motoren bei Angst-Pfister
Anhang 4.2 : Bestellung der Spiegel bei Bringhen AG
Anhang 4.3 : Bestellung der Fresnellinse bei Greenpowerscience
Anhang 4.4 : Bestellung der Konstantkraftfedern bei Durovis
Anhang 4.5 : Bestellung der Potentiometer bei Distrelect
Anhang 4.6 : Bestellung der S charniere bei Item Industrietechnik Schweiz GmbH
Anhang 4.7 : Bestellung der Gleitlager bei Igus
Anhang 4.8 : Stornierte Bestellung der Elektrohubzylinder bei HIWIN



Anhang 4 : Bestellungen

Anhang 4.1 : Bestellung der Motoren bei Angst-Pfister

Anhang 4.2 : Bestellung der Spiegel bei Bringhen AG

Anhang 4.3 : Bestellung der Fresnellinse bei Greenpowerscience

Anhang 4.4 : Bestellung der Konstantkraftfedern bei Durovis

Anhang 4.5 : Bestellung der Potentiometer bei Distrelect

Anhang 4.6 : Bestellung der Scharniere bei Item Industrietechnik Schweiz GmbH

Anhang 4.7 : Bestellung der Gleitlager bei Igus

Anhang 4.8 : Stornierte Bestellung der Elektrohubzylinder bei HIWIN

Hes-so//Valais

Haute Ecole d'Ingénierie (HEI) Route du rawyl 47 Tél. (027) 606 85 11 Fax 606 8575 CH-1950 Sion 2

Angst und Pfister AG

18.juin.14

Thurgauerstrasse 66

Postfach

Sion, le

CH - 8052 Zürich

Numéro TRC14XXX

Commande

Secteur	Design and Materials		
Rubrique		Tel:	+41 44 306 61 oder +41 44 306 65 65
Référence	trc	Fax:	+41 44 302 18 71

Veuillez avoir l'obligeance de nous faire parvenir :

Abréviation du mandant

Quantité	Référence article	Désignation		Prix unitaire	Total CHF
2	09.1570.4063	Linearantrieb HIWIN LAS1-1, 12V DC	LAS1-1-1-200-12	230.00	460.00
		Angst und Pfister			
TD Petrig / F	llert		I		
Paiement		30 jours net	Sous-total		460.00
Délais de liv	raison	Dès que possible	Rabais	0.0%	
Adresse de l	ivraison	Hes-so//Valais	TVA	8.0%	36.80
		Haute Ecole Spécialisée			
		Christophe truffer, Resp. achats	Total CHF		496.80
		Route du Rawyl 47		-	
		CH-1950 Sion 2			
Personne de	contact	Christophe Truffer, 027 606 87 23			
E-mail		christophe.truffer@hevs.ch			

Avec nos remerciements

Important

Christophe Truffer

- numéro de commande à rappeler sur la facture merci

Hes-so//VALAIS

Haute Ecole Spesialisée Rte du Rawyl 47, Case postale 2134 CH-1950 Sion 2 Tél. (027)606 85 11 Fax (027) 606 85 15

Bringhen AG

Kantonsstrasse 41

CH- 3930 Visp

Commande

Numéro STA-14-117

Secteur	Design & Materials			
Rubrique	310000		Tel:	027 948 84 11
Référence	sta	,	Fax:	

Veuillez avoir l'obligeance de nous faire parvenir :

11 juin 2014 Sion, le

Quantité Référence article Désignation Prix unitaire Total CHF 136.74 3 45.58 Spiegel TD Petrig / Ellert 30 jours Sous-total 136.74 Paiement Délais de livraison Rabais 0.0% dès que possible Hes-so//VALAIS TVA 8.0% 10.90 Adresse Design & Materiels Total CHF Amandus Steiner 147.64 Rte du Rawyl 47, Case postale 2134 CH-1950 Sion 2 A. Steiner, 027 606 88 23 Personne de contact amandus.steiner@hevs.ch E-mail

> Avec nos remerciements Mei

A. Steiner, resp. d'achats

Important

- numéro de commande à rappeler sur la facture merci

Hes-so//VALAIS

Haute Ecole Specialisée Rte du Rawyl 47, Case postale 2134 CH-1950 Sion 2 Tél. +41 (027) 606 85 11 Fax +41 (027) 606 85 15

GREENPOWERSCIENCE

A. Steiner, resp. d'achats,

Commande

Numéro STA-14-091

USA

		Sion, le	22 mai 2014
Référence	sta	Telefax	+41 27 455 95 25
Secteur Rubrique	Design & Materials 310000	Telefon	+41 27 455 02 40

Veuillez avoir l'obligeance de nous faire parvenir :

Quantité	Référence article	Désignation		Prix unitaire	Total US\$
1	×.,	SPOT LENSES 43" FRAMED		279.00	- 279.00
1		Taxes		27.00	27.00
		A payer par la carte de credit Hes-so/	Valais		
					-
TD Petrig			Sous-total		306.00
Paiement		30 jours net	Rabais		
Délai de livi	raison	dés que possible	TVA	8.0%	24.50
Adresse de	livraison	HES-SO - VALAIS			
Facturation	1	Design & Materiels	Total	US\$	330.50
		Amandus Steiner			i
		Rte du Rawyl 47, Case postale 2134			
		CH-1950 Sion 2			
Personne de	contact	Amandus Steiner	1,		
E-mail		amandus.steiner@hevs.ch			
		Avec no	s remercieme	ents	70/

Important :

- Numéro de la commande à rappeler sur la facture s.v.p.


Durovis AG, Inwil Technische Produkte An der Reuss 7 CH-6038 Gisikon LU www.durovis.ch info@durovis.ch Telefon +41(0)41-455 60 10 Telefax +41(0)41-455 60 20

UID: CHE-102.940.239 MWST

Rechnung an: 1005872

HES-SO Valais Route du Rawyl 47 Case postale 2134 1950 Sion 2 Liefern an: 1005872 027 606 85 11 027 606 85 75

HES-SO Valais Design & Materiels zHd. Hr. Amandus Steiner Route du Rawyl 47 Case postale 2134 1950 Sion 2

Lieferschei	n - Nr. 2152575.00	Gisikon, 26.06.14	Seite 1
Ihre Bestellung: Bestell-Datum: Ihre Referenz: Unser Kontakt:	STA-14-126 26.06.2014 Amandus Steiner Gregor Stahel		
Artikel-Nummer	Bezeichnung / Text	Menge	Termin
KKF-1000	Konstantfeder 0,10 x 10 Di 10	2	
KKL-1042	Lager 10/12x10 zu Feder 1000	2	
	Kleinmengenzuschlag	1	

Die Waren entsprechen den Richtlinien 2011/65/EU (RoHS2)

1995630 🛛 🖎 Distrelec

23.06.14 16:59 DirectFax

DISTRELEC

fernando.petrig@me.com

Distrelec Zweigniederlassung der Dätwyler Schweiz AG Grabenstrasse 6, 8606 Nänikon Tel 044 944 99 11 Fax 044 944 99 88

> Fernando Petrig Haus Lotus 1 3923 Törbel

AUFTRAGSBE	STATIGU	NG vom 23.06.14/FCO	Seite	1	Aut	trag	342 40)12
Kundennum	ær :	525 567	I/Referenz	:	000MPR91			
I /Faxnumme Versandart	r :	fernando.petrig@me.com Norma1post	I/Bestellung	:	vom 23.06. Internet	14		
Artikel- Nr.	Best. Menge	Bezeichnung	Nachlief Menge We	erun oche	g Einzel- Preis	Gesan (ntpreis MF	CD
71 57 66	2	534B1103JCB Potentiometer 10kOhm 1in.	5%		22,80		45,60	01

CD	Nettobetrag	Porto und	Bearb	Steuerpf1.	MwSt%	MwSt	
01	45,60	Verpackung 12,40	Zuschlag	Betrag 58,00	8,00%	Betrag 4,64	Totalbetrag CHF 62.65
							02,05

Hes-so//Valais

Haute Ecole d'Ingénierie (HEI) Route du rawyl 47 Tél. (027) 606 85 11 Fax 606 8575 CH-1950 Sion 2

item Industrietechnik Schweiz (

Diessenhoferstrasse 14

Commande

Numéro TRC14XXX

CH - 8252 Schlatt

Secteur	Design and Materials	Tel:	+41 52 647 31 31
Rubrique		Fax:	+41 52 647 31 99
Référence	trc	E-Mail	info@item.ch

Veuillez avoir l'obligeance de nous faire parvenir :

Sion, le 26.juin.14

Abréviation du mandant

Quantité	Référence article	Désignation		Prix unitaire	Total CHF
2	0.0.196.36	Scharnier 8 40 Zn (Baureihe 8, Scharn	ierhälften, GD-Zn, s	auf Anfrage	auf Anfrage
TD Petrig / E	llert				L
Paiement		30 jours net	Sous-total		
Délais de livi	aison	Dès que possible	Rabais	0.0%	
Adresse de l	vraison	Hes-so//Valais	TVA	8.0%	
		Haute Ecole Spécialisée			
		Christophe truffer, Resp. achats	Total CHF		
		Route du Rawyl 47			
		CH-1950 Sion 2			
Personne de o	contact	Christophe Truffer, 027 606 87 23			
E-mail		christophe.truffer@hevs.ch			

Avec nos remerciements

Christophe Truffer

Important

- numéro de commande à rappeler sur la facture merci

Ch. Costa, Resp. de commandes



Hes-so//Valais Haute Ecole d'Ingénie	erie (HEI)	Confirmatio	n de cor	nmande	
M. Pascal Sartoretti Route du Rawyl 47 1950 Sion 2		Numéro AB0032854-1	Date 27.06.2014	N° de client 8551686	Page 1
Schweiz					
		Contact:	Nathalie W	/ellenzohn	
		N° de téléphone:	+41 52 64	7 31 31	
		N° de fax:	+41 52 647	7 31 99	
N° téléphone:	027 606 85 11	E-mail:	info@item	24.ch	
N° télécopie:	027 606 85 15	Date livraison:	30.06.14		
Votre référence:	Online du 27.06.2014	Code transporteur:	PP PRIO		

Hes-so//Valais, Haute Ecole d'Ingénierie (HEI), M. Pascal Sartoretti, Rte du rawyl 47, 1950 Livraison: Sion 2

Pos	. Désignation		Quantité	Unit	Prix unitaire	Remise	Montant
1.0	19636 Charnière 8 40 Zn Date livraison planifiée	30.06.14	2	Pièce	8,78	10 %	15,80
			Tc 8%	otal CHF h	ors TVA		15,80 1,26
			То	otal CHF av	vec TVA		17,06

Notre code TVA: CHE-109.632.773 MWST Votre code TVA: 379239 MWST

Conditions de paiement et de livraison

Les conditions générales de item Industrietechnik Schweiz GmbH sont applicables.

Coûts de transport à la charge du client

Paiement

item Industrietechnik SchweizGmbH Diessenhoferstrasse 14 30 jours net CH-8252 Schlatt Telefon Le matériel vient délivré par: item Industrietechnik Schweiz GmbH Telefax +41 52 647 3199 Diessenhoferstrasse 14 8252 Schlatt info@item24.ch Internet

www.item24.ch Tolérance générale selon norme DIN ISO 2768-mk et tolérance de rectitude et planéité selon DIN EN 12020 partie MwSt.-Nr. CHE-109.632.773 MWST Si vous avez des questions concernant cette offre, veuillez contacter s.v.p. notre team commercial

UBS AG 4051 Basel

292-573525.01C BIC: UBSWOHZH80A

IBAN: CH 55 0029 2292 5735 2501C Pour de plus amples informations concernant les produits item et les prestations de service, veuillez contacter votre 0.4.115.90/02.2013 conseiller personnel Michel Ehret (tél.: 079 446 13 57), qui se tient à votre disposition.

<u>Prix</u>

myigus - Druckansicht

aus

Bestellung 04.06.2014 14:20:19

Anrede:	Herr	PLZ:	1950
Titel:		Ort:	Sion
Vorname;	Amandus	Land:	Suisse
Nachname:	Steiner	Bundesland:	
Firma:	Hes-so//Valais	Telefon:	+41 27 606 88 23
Abteilung:		Fax:	+41 27 606 88 16
Straße/Postfach:	Route du Rawyl 47		

ŧ.

Lieferanschrift (falls abweichend vo	n der Bestellanschrift)	Rechnungsanschrift (falls abweichend von der Bestellanschrift)
Anrede:	Herr	Anrede:
Vorname:	Amandus	Vorname:
Nachname:	Steiner	Nachname:
Firma:	Hes-so//Valais	Firma:
Straße/Postfach:	Route du Rawyl 47	Straße/Postfach:
PLZ:	1950	PLZ:
Ort;	Sion	Ort:
Land:	Suisso	Land:
Bundesland:		Bundesland:
Telefon:	+41 27 606 88 23	Telefon:
Fax:	+41 27 606 88 16	Fax:
E-Mail:	amandus.steiner@hevs.ch	E-Mall:
1900 - A. and March 19 (1997) - 1999		

THE ALL MET AND AN AN AND ADDRESS TRANSPORTED AND AN ADDRESS ADDR

Zahlungsart: Bestellnummer; Lieferantennummer: Kommissionsnummer: Bemerkungen:

Polymer Gleitlager Referenz Nr. W14-2050-612

Rechnung

STA-14-102

Kundennummer: 8155664

Pos,	Anzahl	ArtNr.
1	9	WFM-1820-12
2	3	WFM-1517-12
з.	6	WFM-1416-05

Bezeichnung iglidurth W300, Gleitlager mit Bund, Form F (metrisch) iglidur® W300, Gleitlager mit Bund, Form F (metrisch)

igildur® W300, Gleitlager mlt Bund, Form F (metrisch)

Gesamt	Einzel
41.40 CHF	4 60 CHF
13.71 CHF	4,57 CHF
25.32 CHF	4.22 CHF
13.00 CHF	Versandkosten
93.43 CHF	Summe (Netto)
7,47 CHF	MwSt. (8 %)
100.90 CHF	Gesamtbetrag

Versand mit UPS-Standard

https://secure.igus.de/myigus/default.aspx?PAGE=orderprint&order=70118

3638000 Spicher Straße 1a/	LIEFERSCHEIN Midderkasseler Stra LIEFERSCHEIN Midderkasseler Stra LIEFERSCHEIN Midderkasseler Stra Kinden-Ni. Leferschein-Nr. Customer-No. Leferschein-Nr. Victomer-No. Sissoon Bildur® Sissoon Bitte bei Zahlungen angeben. Soon 47142749 Soon 47142749 3638000 Bitte bei Zahlungen angeben. Soon 47142749 Soon 47142749 Soon 47142749 Bitte bei Zahlungen angeben. Soon 47142749 Soon 47142749 Monsieur Ferm	Vertreter/Agent Resp. regional: igus Schweiz igus-Kontakt Contact Resp. cde: Daniela Olejnik 7al-Durchwahl/Tei: Janiela Olejnik 73 Tel-Durchwahl/Tei: STA-14-102	sestelite Strück je ME Gelieferte Strück Jordered Pieces each Unit Delivered Pieces 2té cdé à Unité Oté livré	9.00 I.000 -H- 9.00 й 1.000 и 1.00	3.00 1.000 -H- 3.00 У. С. 1.000 - Н- 3.00 У. С. 1.000 У. Г. 1.000 У. С. 1.0000 У. С. 1.000 У. С. 1.0000 У. С. 1.0000 У. С. 1.0000 У. С. 1		illigungs-Nr.: DE/7150/EA/0059) der Waren, Wetterstructurgen gemeinen der Waren,
Lieferschein: 20147142749	Ihre Bestellung/Your order/cde client: STA-14-102 Ihre Kommission/Project/Project client: Fernando Petrig LiefNL/Supplier Code/N° fournisseur: Versandart/Shipment/Livraison: AB WERK USt-IdNL/N° intracomm.: DE121976915 / igus GmbH · Postfach 906123 · 51127 Köln Rechnungsadresse/Billing Address/Adresse de facture: igus Schweiz GmbH Winkelstrasse 5	4622 EGERKINGEN SCHWEIZ	os. Termin/KW Bestellnummer Artikelbezeichnung Jo. Date Part No. Description Référence Description	<pre>1 iglidur W300 Gleitlager, mit Bund Art.Nr.:-WFM-1820-12 Tariff Code: 84833080 CoO=DE Praef=*1</pre>	<pre>2 iglidur W300 Gleitlager, mit Bund Art.Nr.: WFM-1517-12 Tariff Code: 84833080 CoO=DE Praef=*1</pre>	3 iglidur W Gleitlager, mit Bund Art.Nr.: WFM-1416-05 Tariff Code: 84833080 COO=DE Praef=*1	Der Ausführer (Ermächtigter Ausführer, Bev erklärt, dass diese Waren, soweit nicht ar

Hes-so//VALAIS

Haute Ecole Spesialisée Rte du Rawyl 47, Case postale 2134 CH-1950 Sion 2 Tél. (027)606 85 11 Fax (027) 606 85 15

Commande

Numéro STA-14-115

 Secteur
 Design & Materials

 Rubrique
 310000
 Tel:
 055 225 00 25

 Référence
 sta
 Fax:
 055 225 00 20

Veuillez avoir l'obligeance de nous faire parvenir :

Sion, le 10 juin 2014

Quantité	Référence article	Désignation		Prix unitaire	Total Euro
2	LAS2-1-1-200-24G	Elektrohubzylinder mit Potentiometer IP65		238.00	- 476.00
1		Frais		20.00	20.00
Labor A210	Ellout / TD Doutin				
Paiement	Ellent / ID Feilig	30 jours	- Sous-total		496.00
Délais de livi	raison	dès que possible	Rabais	0.0%	120.00
Adresse		Hes-so//VALAIS	TVA	8.0%	39.70
		Design & Materiels			
		Amandus Steiner	Total Euro		535.70
		Rte du Rawyl 47, Case postale 2134 CH-1950 Sion 2		=	
Personne de contact		A. Steiner, 027 606 88 23			
E-mail		amandus.steiner@hevs.ch]		

Avec nos remerciements

A. Steiner, resp. d'achats

Allei

- numéro de commande à rappeler sur la facture merci

Important

Hiwin

Andrin Schraner Schachenstrasse 80 **CH- 8645 Jona**

aterials



Anhang 5 : Schrauben- und Montageteileliste

Anhang 5 : Schrauben- und Montageteileliste

Verwendung	Teil	Grösse	Menge
Basis	Fuss	M10	5
	Mutter	M10	10
	Unterlagsscheibe	Passend zu M10	10
Halterung Schubmotor	Gewindestange	M8x80mm	2
	Mutter	M8	2
	Unterlagsscheibe	Passend zu M8	2
Lenkstange	Gewindestange	M8x46mm	3
	Mutter	M8	6
	Unterlagsscheibe	Passend zu M8	6
Pisitionierungssystem Schub	Gewindestange	M8x56mm	4
	Mutter	M8	8
	Unterlagsscheibe	Passend zu M8	8
	Gewindestange	M6x50mm	1
	Mutter	M6	2
Hebel	Mutter	M8	3
	Gewindestange	M6	2
	Mutter	M6	4
	Unterlagsscheibe	Passend zu M6	4
vertikale Rotationsachse	Schraube	M6x5mm	6
	Circlip	23.9	3
Halterung Rotationsachse	Schraube	M6x10mm	12
	Mutter/Ankerung	M6	12
Chassis	Mutter	M12	6
Pisitionierungssystem Kipp	Gewindestange	M8x27	4
	Mutter	M8	8
	Unterlagsscheibe	Passend zu M8	8
	Gewindestange	M6x50mm	1
	Mutter	M6	2
Regelung horiz. Kipp	Schraube	M8x25	1
Spiegel	Schraube	M5x10mm	12
Regelung vert. Kipp	Schraube	M6x25	4
Achsen	Circlip	8mm	6