

# Monitoring einer grossen Solarthermie-Anlage in Chile – Eine Bachelorarbeit im Ausland

## Die Bachelorarbeit

*Hintergrund.* Verschiedene Simulationswerkzeuge auf dem Markt können den Energieertrag von solarthermischen Kollektoren bewerten, vernachlässigen jedoch oft Faktoren wie Alterung und Verschmutzung. Dies kann dazu führen, dass die Auswirkungen sich ändernder Effizienzparameter auf die Systemleistung im Laufe der Zeit unterschätzt werden. An der Pontificia Universidad Católica de Chile entwickelt die Grupo Solar eine Open-Source-Bibliothek, um die Genauigkeit, möglicherweise durch Berücksichtigung dieser Faktoren, zu verbessern. Als Grundlage für die Open-Source-Bibliothek wurde ein Modell des zehn Jahre alten solarthermischen Systems (STS) von der Grupo Solar erstellt. Das STS besteht aus einem kombinierten solarthermischen Kollektorfeld mit Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren.



Abbildung 1: (links) Solarthermie-Anlage zur Beheizung des Campuspools



Abbildung 2: (rechts) Vakuumröhrenkollektorfeld

*Zielsetzung.* Das Ziel dieser Arbeit war es, die Leistung des STS zu bewerten und sich dabei auf das Modell der Grupo Solar zu konzentrieren. Die Bewertung umfasste drei Teilaufgaben: Leistungsüberprüfungen gemäß ISO-Standard 24194; Simulationsbewertung mit verschiedenen Fehlermetriken; und Optimierung der Kollektoreffizienzparameter durch einen genetischen Algorithmus (GA).

*Ergebnisse Teilaufgabe 1.* Die Ergebnisse der Leistungsüberprüfungen zeigten, dass nur die Schätzung des Flachkollektorfeldes verifiziert wurde, jedoch wurde aufgrund von Unsicherheiten, wie dem Fehlen eines Solar Keymarks, Vorsicht geboten. Die erstellten Python-Skripte sind vielseitig

einsetzbar und können auch für andere solarthermische Kollektorfelder verwendet werden. Bei der Verwendung der Python-Skripte sollten die Effizienzparameter auf Solar Keymarks basieren, und mindestens zwanzig gültige Datenpunkte müssen berücksichtigt werden.

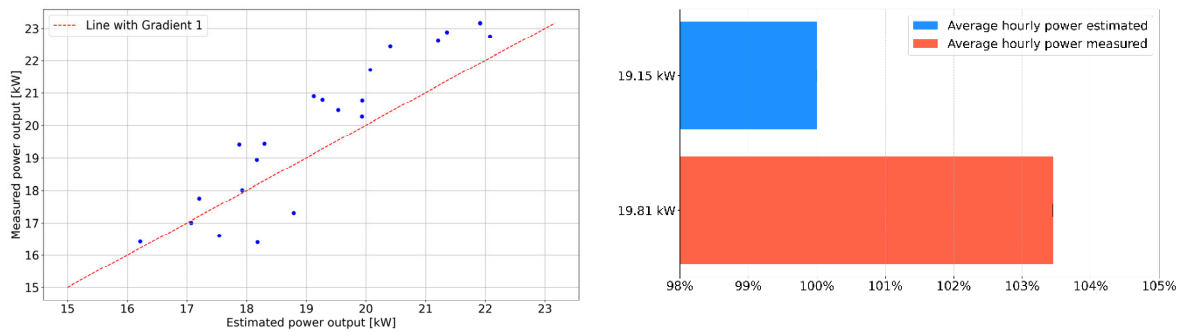


Abbildung 3: (links) Durchschnittliche stündliche geschätzte und gemessene Leistung für das Flachkollektorfeld gegeneinander dargestellt.

Abbildung 4: (rechts) Mittlere durchschnittliche stündliche Leistung der geschätzten und gemessenen Leistung für das Flachkollektorfeld.

**Ergebnisse Teilaufgabe 2.** Die entwickelten Python-Skripte zur Simulationsbewertung erwiesen sich als vielseitig und können allgemein verwendet werden, um simulierte und gemessene Daten zu vergleichen. Sie berechnen den Coefficient of Determination, den Normalized Mean Bias Error, den Root Mean Squared Error, die Normalized Residuals und das Dynamic Time Warping für separate Tage. Zusätzlich führen diese Skripte überlappende Durchschnittswerte ein, um Simulationseinschränkungen, wie die Vernachlässigung thermischer Trägheit, zu berücksichtigen. Die Bewertung des STS-Modells zeigte signifikante Fehler, was zu erwarten war, da das Modell noch nicht kalibriert wurde.

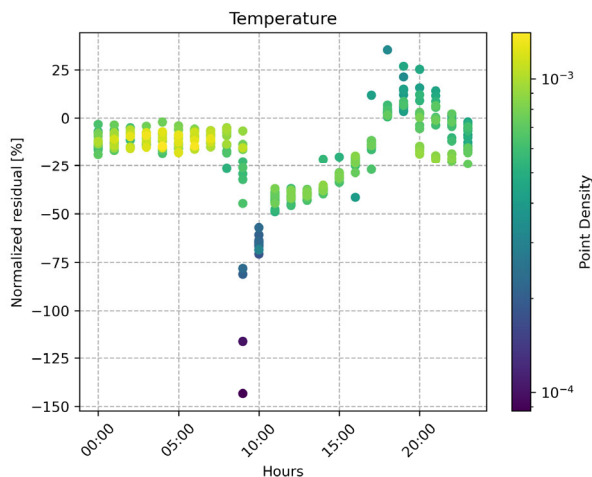


Abbildung 5: Verteilung der Normalized Residuals während der Tage für die Temperatur des aus dem System austretenden Wassers.

**Ergebnisse Teilaufgabe 3.** Für die Optimierung der Kollektoreffizienzparameter optimierte der GA effektiv Parameter, sodass Fehler reduziert wurden, jedoch traten Variationen basierend auf Optimierungsszenarien auf. Die Bestimmung der Plausibilität dieser Parameter basierend auf Literaturrecherche erwies sich als schwierig, da Faktoren wie Staubablagerung und Alterung von

Faktoren wie Klima und Standort abhängen. Die Analyse ergab, dass die optimierten Parameter wahrscheinlich nicht die genauen Effizienzparameter der Kollektoren widerspiegeln.

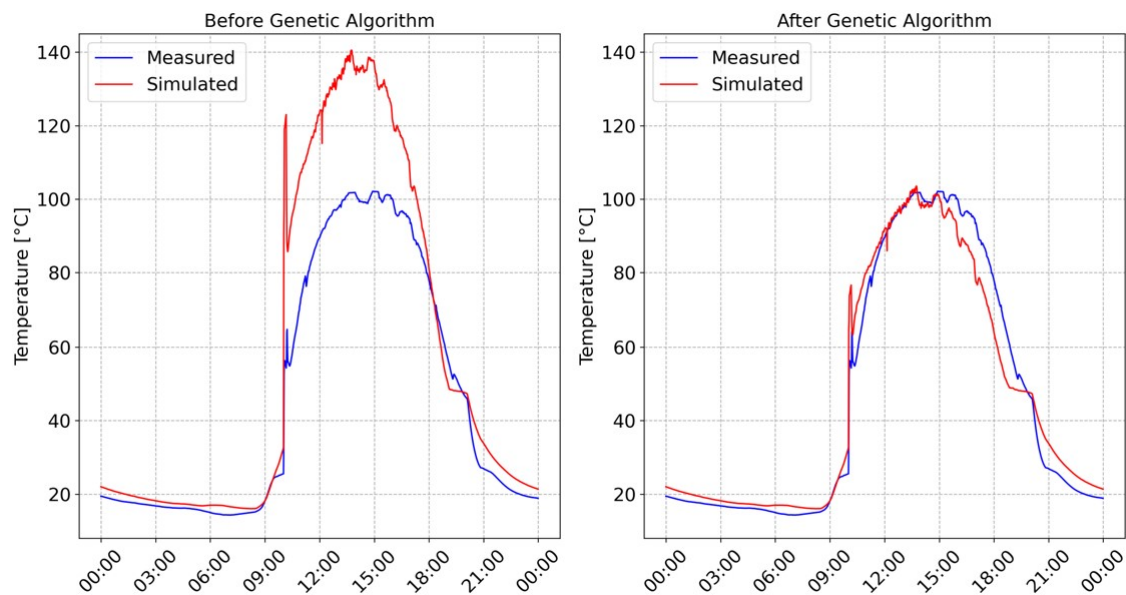


Abbildung 6: Gemessene und simulierte Temperatur vor und nach der Optimierung der Moduleffizienzparameter mit einem genetischen Algorithmus.

## Herausforderungen eines Auslandsemesters

Das Schreiben einer Bachelorarbeit im Ausland birgt eine Vielzahl von Herausforderungen. Während meines Auslandsemesters in Chile musste ich insbesondere folgende Herausforderungen meistern.

*Kulturelle Unterschiede.* Während in der Schweiz Gespräche oft sehr direkt geführt werden und eine gewisse Ruhe herrscht, kann es bei Treffen in Chile lebhaft und hektisch zugehen. Anfangs war diese Dynamik für mich ungewohnt, doch mit der Zeit lernte ich, die intensiven und lebhaften Diskussionen zu schätzen. Ein weiteres herausforderndes Thema war Pünktlichkeit. Besonders für einen Schweizer, wo Pünktlichkeit einen hohen Stellenwert hat, stellte die Anpassung an die weniger starre Zeitplanung in Chile anfangs eine echte Herausforderung dar. Doch mit der Zeit lernte ich, mich flexibler zu organisieren und mich den anderen kulturellen Gepflogenheiten anzupassen.

*Sprachbarriere.* Die Sprachbarriere war eine weitere Herausforderung in Chile. Dank eines vorherigen dreiwöchigen Sprachaufenthalts in Cusco, Peru, konnte ich meine Spanischkenntnisse verbessern und mein Selbstvertrauen stärken. An der Universität konnten viele Studierende und Dozierende gut Englisch sprechen, was die Kommunikation erleichterte. Dennoch war es manchmal schwierig, insbesondere allein unterwegs, da einige Einheimische nur Spanisch sprachen und oft sehr schnell noch dazu. Doch mit Geduld und Anpassungsfähigkeit gelang es mir, auch diese Hürde zu meistern und mich erfolgreich zu integrieren.

*Zeitmanagement.* Das Zeitmanagement war während meines Aufenthalts in Chile besonders herausfordernd. Als ich mich am anderen Ende der Welt befand, umgeben von einer Vielzahl atemberaubender Landschaften - von Wüsten bis hin zu Gletschern -, war der Wunsch, diese zu erkunden, natürlich groß. Da ich mich jedoch im 7. Semester befand und mich ausschließlich auf meine Bachelorarbeit konzentrierte, konnte ich mir die Zeit für Erkundungen nehmen. Dennoch war eine sorgfältige Planung der Arbeit entscheidend, um Stress zu vermeiden und die Möglichkeit zu haben, die beeindruckende Natur Chiles in vollen Zügen zu genießen.



Abbildung 7: Piedras Rojas - San Pedro de Atacama



Abbildung 8: Grey Gletscher - Torres del Paine

*Soziale Isolation.* Fern von Familie und Freunden fühlte ich mich manchmal einsam, besonders wenn die Kommunikation aufgrund von Zeitunterschieden schwierig war. Doch trotz dieser Herausforderung gelang es mir, neue Freundschaften zu schließen. Durch gemeinsame Aktivitäten an der Universität, Veranstaltungen und das Kennenlernen anderer Austauschstudierender konnte ich eine unterstützende soziale Gemeinschaft aufbauen, die mir half, mich in Chile zu Hause zu fühlen und die Einsamkeit zu überwinden.

## Vorteile eines Auslandssemesters

Ein Auslandssemester ist natürlich nicht nur von Herausforderungen geprägt, sondern war für mich auch mit vielen Vorteilen verbunden.

*Erweiterte Perspektiven.* Ein Auslandssemester ermöglicht es, neue Perspektiven auf kulturelle, soziale und akademische Themen zu gewinnen und Einblicke in verschiedene Forschungskulturen und -methoden zu erhalten. Diese Erfahrung trägt dazu bei, die eigenen wissenschaftlichen Fähigkeiten zu schärfen und den Horizont zu erweitern.

*Sprachkompetenz und Kommunikationsfähigkeit.* Ein Auslandssemester ist eine hervorragende Gelegenheit, die Sprachkenntnisse zu verbessern und fließender in einer Fremdsprache zu kommunizieren. Der tägliche Umgang mit der neuen gelernten Sprache sowohl im akademischen als auch im sozialen Kontext fördert das Sprachverständnis und die Fähigkeit, sich klar und effektiv auszudrücken.

*Interkulturelle Kompetenz.* In einem Auslandssemester lern man in multikulturellen Teams zu arbeiten und aus verschiedenen Perspektiven eine innovative Lösung zu kreieren, was in der heutigen Arbeitswelt eine wichtige Fähigkeit ist.

*Internationales Netzwerk.* Ein Auslandssemester bietet die einzigartige Möglichkeit, ein internationales Netzwerk von Kontakten aufzubauen, das über das Studium hinaus von hohem Wert ist. Das eröffnet neue Möglichkeiten für die Karriere und das Studium und legt den Grundstein für langfristige Beziehungen, die in Zukunft nützlich sein können.



Autor: Fabian Paulsson