

Vortragsprotokoll zu Themenabend

„Robotik bei Solaranlagen“

Hannes Hassler, 19.11.2008, Happylab

Ich bin Hannes Hassler. Ich habe Technische Mathematik an der TU Graz studiert. In meiner Diss geht es um Kryptographie, Algorithmen auf Chips und um paralleles Computing.

Mein Thema hier hat damit nicht so viel zu tun. Ich möchte mein Heliostaten-Projekt vorstellen und vorher auch allgemein über Solarenergie erzählen und dann speziell auf Heliostaten einschwenken.

Der Ausgangspunkt warum ich mich für Solarenergie interessiert habe, ist Meerwasserentsalzung. Wenn man Trinkwasser aus Meerwasser durch reverse osmosis erzeugt, kosten Tausend Liter etwa 0,66 Dollar, unter Einsatz von fossilem Brennstoffen, also Erdöl. Wir sprechen dabei von Saudi Arabien. Wasser wird damit auch zu einer Währung für Energie. Jeder Liter Wasser der solar erzeugt wird, spart fossile Energie und hilft damit die Klimaerwärmung zu begrenzen.

Es gibt zwei Arten von Solaranlagen: Einerseits Akkumulatoren also Wärmespeicher und andererseits Konzentratoren. Zu den Akkumulatoren gehören etwa Kupferrohre auf dem Dach mit Wasser das darin aufgewärmt wird, Heatpipes in Vakuumröhren und mit linearen Reflektoren. Dabei werden schon Temperaturen von 300 bis 400 Grad erreicht. Es gibt auch einfache Heatraps wie zum Beispiel ein schwarzer Kessel hinter einem Glas oder durchsichtigem Plastik. Das funktioniert nach dem Glashauseffekt. Die Sonne scheint durch das Glas und die Hitze bleibt dahinter gefangen. Solare Kocher arbeiten so. Hier seht ihr Bilder mit verschiedenen solaren Kochern. Es ist in Bezug auf Einfachheit und Kosten eine sehr gute Lösung. Man kann schon mit zwei Schachteln, einer größeren und einer kleineren, aus der Pappe von ein paar Klorollen als Isolierung, ein bisschen Alufolie und einem Stück Plexiglas einen Kocher bauen mit dem man sich eine Mahlzeit zubereiten kann. Bei schönem Wetter allerdings nur und man braucht auch etwas länger als mit einem E-herd. Vielerorts braucht man einen Kocher einfach für hygienische Gründe. In Afrika aber auch anderswo ist das Wasser häufig mit Wurmparasiten verseucht (Dracontiasis, Bilharziose); man darf nur abgekochtes Wasser trinken und sich waschen. Ich habe einmal eine Zahl aus dem Jahr 2003 gelesen, dass weltweit etwa 100.000 solare Kocher im Einsatz sein sollen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Akkumulatoren einfacher zu bauen und zu warten sind, weil es keine beweglichen Teile gibt. Ich habe einmal Kontakt zur Firma Tinox aufgenommen die für Saudi-Arabien mit Sonnenenergie Meerwasser entsalzt; und zwar mit so einem Akkumulatorsystem aus Kupferrohren und mit einer Verdampfung bei ca 70 bis 80 Grad. Sie haben auf meine Email zurück geschrieben und gefragt, ob ich 20 Jahre *wartungsfreien* Betrieb garantieren kann. Die Elektronik die ich verwende gibt es überhaupt erst seit einigen Jahren, und generell nimmt man von Elektronik keine besonders lange Lebensdauer an; drei bis fünf Jahre ist schon ziemlich gut. Wahrscheinlich läuft auch kein Gerät mit beweglichen mechanischen Teilen eine so lange Zeit.

Die anspruchsvollere und empfindlichere Technologie sind die Konzentratoren. Hauptsächlich weil sie beweglich sein müssen, idealerweise automatisiert beweglich. Natürlich muss man etwa einen solaren Kocher auf die Sonne ausrichten, aber man muss ihn nicht alle zehn Minuten nach richten; einfach deswegen weil es ein relativ primitive Wärmegrube ist. Die Ausrichtung von solaren Lichtempfängern ist der komplizierteste und schwierigste Teil. Es gibt Mechanik, es gibt Elektronik es gibt Software. Das bedeutet es kostet gleich sehr viel mehr Geld in der Entwicklung und im Bau. Wenn ein energielieferndes System große Startkosten hat, dann muss man es größer anlegen, damit man die Kosten bzw. die Energie die man aufgewendet hat, um es zu bauen und zu betreiben überhaupt wieder herein bekommt. Hier seht ihr ein Bild von einem Heliostatarray der Sandia Laboratories in den USA. Es sind ungefähr 200 Spiegel die die Sonnenenergie auf den Solarturm fokussieren. Die Energiedichte ist unabhängig von der Größe der Spiegel, es zählt nur die Anzahl, man spricht in diesem Zusammenhang etwa von 200 Sonnen. Man kann also durchaus auch mit einem kleinen System wie meinem auf 200 Sonnen kommen.

Für welchen Zweck sind Konzentratoren überhaupt interessant. Zunächst zum Kochen und Dekontaminieren. Für diesen Zweck reicht eine Temperatur von 100 bis 130 Grad, was man mit solaren Kochen auch gut erreicht. Papier bzw. Pappe beginnt erst bei ca 200 Grad zu brennen. Man muss sich immer auch daran denken, dass gebündeltes Sonnenlicht gefährlich ist. Es kann ein Brand ausgelöst werden oder man kann sich leicht die Augen verletzen. Das Material das für die Wärmespeicherung und Übertragung verwendet wird, hat oft eine kürzere Lebensdauer als unter normalen Umständen. Einmal habe ich einen Versuch durchgeführt wo ich Licht mit einer Fresnellinse gebündelt habe und durch einen Lichtleiter geschickt habe. Durch einen Plastiklichtleiter. Das hat super funktioniert. Das andere Ende des Lichtleiter war irrsinnig hell und ich habe es auf ein vertrocknetes Blatt gerichtet das ziemlich schnell zu rauchen und zu glimmen begonnen hat. Gleichzeitig ist mir aber das Ende des Lichtleiters fast sofort um ein paar Zentimeter geschmolzen. Die Lösung wäre hier wohl, dass man einen Übergang mit Glas macht, weil Glas höhere Temperaturen aushält. Bei meinen Experimenten mit dem Heliostatarray habe ich daher auch immer mit Sonnenbrille gearbeitet. Bei Experimenten mit sehr vielen Sonnen müsste man wohl eine Schweißbrille nehmen.

Übrigens wird und wurde auch die olympische Fackel seit der Antike bis heute durch einen Brennspiegel angezündet.

Hohe Temperaturen sind des weiteren interessant für Meerwasserentsalzung und zwar auf zweierlei Weisen. Zunächst die Entsalzung durch Destillation; also Wasser wird verkocht (verdunstet) und der wieder verflüssigte Dampf ist salzfrei. Es gibt solche Anlagen, effizient sind besonders mehrstufige Verdampfungs-Verflüssigungsanlagen. Es gibt aber energetisch bessere Prozesse die mit Reverse-Osmosis funktionieren. Das kann man sich einfach so vorstellen, dass Salzwasser unter hohem Druck

(60bar) durch einen sehr feinporigen Filter gepresst wird. So feinporig, dass das Salz zurück bleibt und nur das Wasser durch geht. Große Entsalzungsanlagen in Saudi-Arabien funktionieren nach diesem Prinzip. Eine Hochdruckpumpe erzeugt die den nötigen Druck. Die Energie dafür kommt von fossilen Brennstoffen, also letztlich Erdöl, das in der Golfregion billig ist. Ich habe gelesen, dass die Salzkonzentration im persischen Golf schon so gestiegen ist, dass in zehn oder zwanzig Jahren dieses Verfahren nicht mehr funktioniert. Der natürliche Salzausgleich zum indischen Ozean ist zu schwach. Vielleicht baut man dann Wasserpipelines vom Indischen Ozean um die Golfanreinerstaaten zu versorgen.

Aber zurück zu unserem Thema. Interessant wäre es mit einer Wärmekraftmaschine eine solche Pumpe zu betreiben, das wäre dann ebenfalls Wassergewinnung durch Solarenergie. An der TU in München gibt es ein Institut das sich mit so einem Gedanken befasst. Die wollen die Energie aber aus Vakuum-Heatpipes beziehen.

Designüberlegungen: Nachdem ich mich einmal zum Bau von Heliostaten entschlossen habe, musste ich mich mit der Frage des Designs und des Materials beschäftigen. Da ich als Privatperson nur begrenzte Mittel habe, kommen nur billige und einfache Materialien in Frage (sehr viel Styrodur), mit denen ich in der Wohnung keine Schwierigkeiten habe. Welchen Antrieb sollte ich nehmen. Die erste Wahl war zunächst Schrittmotoren, weil man mit ihnen sehr exakte und gut wiederholbare Stellungen machen kann. Ich konnte sie auch recht gut ansteuern. Ich habe aber bald entdeckt, dass es mir zu viel Arbeit ist mich auch noch mit dem der Mechanik des Untersetzungsgetriebe für den Schrittmotor herumzuschlagen und dass man Schrittmotoren zu einem vernünftigen Preis nur schwer bekommt. Ich habe über ebay einige gekauft und einen hab ich von einem alten Drucker ausgebaut. Alle Motoren waren verschieden; zum Teil mit unterschiedlich vielen Anschlusskabeln; kein guter Ausgangspunkt wenn man ein Produkt entwirft, das in vielfacher und gleicher Ausfertigung entstehen soll. Und außerdem waren sie ziemlich schwer. Irgendwann hab ich die Schrittmotoren aufgegeben und habe mit RC-Servos begonnen. Die waren zunächst viel schwieriger anzusteuern. Ich hab da noch mit Java und dieser IO-Karte gearbeitet. IO-Warrior, falls das jemand was sagt. Aber das Servosignal, das man bekommt ist nicht besonders gut. Dass es auch Microcontroller gibt, hab ich schon gewusst, aber das war mir irgendwie zu haarig ohne dass ich mich näher damit beschäftigt habe. Irgendwann habe ich im Make-Magazin von Arduino gelesen. Die Entwicklungsumgebung kann man sich gratis runter laden und ansehen. Ich hab gleich gewusst, dass ist das Richtige für mich. Im Prinzip vereinfachtes Programmieren in C.

Das Servosignal war gleich um vieles besser. Mit der Zeit bin ich aber wieder damit unzufrieden geworden, besonders nach der Robotchallenge dieses Jahr. Die Signalerzeugung frisst einfach zu viel Zeit vom Microcontroller weg. Zeit die er sinnlos mit Warten verbringt. Ich habe dann eine Library gefunden die einen Art Dispatcher für den kleinen Mann auf dem Arduino realisiert und damit war ich dann den Sommer über zufrieden. Diesen Herbst bin ich dann auf diesen Submicrocontroller von Pololu gestossen. Ich musste zuerst noch eine Minilibrary entwickeln um die richtigen Befehle über eine serielle Verbindung die softwaremässig

implementiert ist hinüber zu bekommen. Dann war's ein Traum mit dem Baustein zu arbeiten. Ich habe meine Lösung auch ins Pololu Forum reingeschrieben und Handkuss dafür bekommen. Dieses kleine Ding kann acht Servos gleichzeitig treiben. Alles was es braucht sind ein paar Bytes über die serielle Schnittstelle. Ich führe das mal vor mit dem Heliostaten hier. Ihr seht die grünen Leuchtdiode blinken, das bedeutet, es wird etwas übertragen. Bei dieser Aktion bewegen sich abwechselnd der azimuthale Servo (kurz) und der elevation Servo (lang).

Die Servobewegungen sind jetzt sehr exakt und belasten die Rechenzeit von Arduino überhaupt nicht mehr. Gerade dass man eine gewünschte Position seriell an Pololu schickt. Jetzt habe ich auch eine Winkelauflösung von 0,05 Grad; vorher war es nur ungefähr ein Grad. Ein weiteres Problem mit dem ich vorher beschäftigt habe, war die Ansteuerung von vielen Servos. Ich hatte so ein System entwickelt, wo nicht bewegte Servos abgeschaltet werden, auch dieses Problem ist jetzt miterledigt. Man kann mit einem solchen Pololu acht Servos ansteuern und man kann viele Pololus auf eine serielle Leitung hängen und auf bis zu 128 Servos ausbauen.

Sensorüberlegungen. Sensor bei Heliostaten. Sensor bei Fokusbereich.

Ich möchte in meinem Vortrag auch ein bisschen auf Arduino im allgemeinen eingehen und zeigen wie man ein einfaches Programm darauf zum Laufen bringt. Es ist ein sehr simples Programm das nichts anderes tut als eine Leuchtdiode zum Blinken zu bringen. Hier seht ihr das Programm. Im ersten Teil wird eine Variable deklariert die festlegt um welchen Pin es sich handelt. Pin 13 bietet sich, weil direkt daneben Masse ist. Im Setup-Teil wird dieser Pin als OUTPUT Pin deklariert. Der wird beim Starten beziehungsweise nach einem Reset nur einmal durchlaufen. Der anschließende Loop Teil wird „ewig“ durchlaufen. Dort wird abwechselnd der Output auf den Leuchtdiodenpin auf HIGH und auf LOW gesetzt.

Zugaben:

Einmal war ich in Griechenland auf Urlaub; auf einer Insel in den Kykladen. Diese Inseln sind meistens sehr trocken mit hochgelegenen Dörfern. Man darf dort im Klo nicht mit Wasser spülen; das Papier kommt in einen eigenen Eimer daneben. Das Trinkwasser muss mit der Fähre her transportiert werden. Es ist heiß dort und Meer gibt es genug. Seitdem überlege wie man mit Sonnenenergie aus Meerwasser Trinkwasser gewinnen kann.

Vor ein paar Jahren habe an einem Verdampfer mit Gegenstromkühlung gearbeitet und eine Apparatur aus Kupferrohren zusammen gelötet. Daran habe ich vielleicht ein dreiviertel Jahr gearbeitet. Als es fertig war, habe ich das mit der Lötlampe als Wärmequelle ausprobiert und nachdem ich ungefähr einen halben Liter Wasser verdampft hatte, hab ich gewusst: So! Jetzt brauche ich etwas um aus Sonnenenergie auf ebenso hohe Temperaturen zu kommen. Ziemlich bald habe ich mich zu einem Konzept

mit Spiegeln entschlossen, das ich schon aus der Schule kenne. In meinem Physikbuch stand, dass schon Archimedes mit Spiegeln römische Schiffe verheizt haben soll. Ich habe also mit der Arbeit an diesen Spiegeln begonnen ohne aber zu wissen wie man solche Spiegel nennt. Erst wieder ein dreiviertel Jahr später habe ich dann zufällig in einem Buch bei Conrad entdeckt, dass diese Art von Spiegeln Heliostaten heißen. Mit diesem Wort habe dann begonnen nach anderen Leuten, Projekten und Patenten zu googeln, die auch so etwas machen. Einerseits habe ich entdeckt, dass es schon Patente seit den siebziger Jahren gibt (also einige schon abgelaufen) die etwas mit konzentrierenden Heliostaten zu tun haben und welche Leute und Firmen zur Zeit praktisch überhaupt etwas tun: Es gibt nicht besonders viele. In Europa habe ich nur zwei Referenzen gefunden: Einerseits diese Versuchsanlagen in Spanien (vermutlich von der EU gefördert und wohl ziemlich teuer) und Erik Rossen in der Schweiz, der aber nur eine mechanische Konstruktion eines Heliostaten zeigt und keine elektronische oder sonstige automatische Nachführung entwickelt hat. Es gibt schon Firmen, in Deutschland beispielsweise, die einzelne Heliostaten anbieten und die dazu gedacht sind um zum Beispiel Nordzimmer eines Hauses mit Tageslicht zu beleuchten. Diese Systeme kosten ein irres Geld und es wird nur ein einziger Spiegel gesteuert. Ich kenne aber sonst keine Person oder Institut in Europa die ernsthaft den Bau eines konzentrierenden und automatischem Heliostatarrays anstrebt. Kommen wir aber zunächst zurück generell zur Solarenergie.

In einem (negativem) Bericht aus dem Jahre 2007

<http://www.schattenblick.de/infopool/natur/chemie/chene696.html>

werden die Kosten für die Gewinnung (durch Entsalzung) von einem Kubikmeter Trinkwasser, also tausend Liter auf 10 Dollar geschätzt.

General Electric kommt dagegen in einer (positiven) Studie aus dem Jahr 2005 auf Kosten von drei US Dollar pro tausend Gallonen und vergleicht das mit Kosten aus dem Jahr 1978 wo die gleiche Menge noch 20 Dollar gekostet hat. Persönlich bin geneigt da eher der Studie von General Electric zu glauben, weil sie nämlich wirklich selber Anlagen bauen und betreiben. Welcher Quelle man nun auch glaubt, für jeden Liter Trinkwasser wird bei Entsalzung eine Menge Energie verbraucht und zwar fossile Energie. Wenn es gelingt mit Solarenergie Trinkwasser zu erzeugen ist das fast so als ob man Energie erzeugt. Und zwar Energie die sich auch noch problemlos speichern lässt. Jeder gewonnene Liter entspricht eingesparter fossiler Energie. Und wird erzeugt ohne Belastung für Klimaerwärmung. In diesem Kyoto-System wo Klimapunkte vergeben werden, rechnet sich das.