

Mit Solarkonzentration zu 80% Wirkungsgrad

Mit konzentriertem Sonnenlicht kann nicht nur Strom, sondern auch Warmwasser generiert werden. Letzteres kann wiederum zur Kühlung oder für sauberes Trinkwasser verwendet werden. So ist die Technologie insbesondere für weniger entwickelte Länder, beispielsweise in Afrika, attraktiv. Der in der Schweiz entwickelte Sonnenkonzentrator enthält modernste Technologien und lässt sich gerade deshalb günstig herstellen.

Die Parabolschüssel konzentriert das Sonnenlicht im Brennpunkt auf das 2000-Fache. Jeder, der schon einmal mit Lupe und Sonne experimentiert hat, kennt die Wirkung. Dank einer Kombination hocheffizienter Solarzellen und eines aktiven, von IBM entwickelten Kühlsystems, steigt der Wirkungsgrad auf bis zu 80%. Ein Tracking-System führt die Schüssel um zwei Achsen immer direkt der Sonne nach, daher ihr informeller Name «Sonnenblume». Das Hirn der Anlage ist Embedded-Hardware, die grafisch mit Labview programmiert wurde.

Konzentrierte Sonnenenergie

Die 10 m hohe und 18 t schwere Sonnenblume hat eine Lebensdauer von bis zu 60 Jahren. Sie liefert an einem sonnigen Tag eine Leistung von 32 kW – 12 kW elektrisch und 20 kW thermisch. Damit können mehrere durchschnittliche Haushalte versorgt werden. Eine grössere Anlage mit mehreren Sonnenblumen könnte demnach genügend Energie und Wasser für ein Dorf liefern. Die Sonnenblume besteht im Kern aus folgenden drei Systemkomponenten: der Optik, dem Empfänger und dem Tracker.

Optik

Eine 40 m² grosse Parabolschüssel enthält 36 elliptische Spiegel. Diese sind mit einer 0,2 mm dünnen, silberbeschichteten Kunststoffolie verbunden. Sie ähnelt der Verpackungsfolie von Schokolade und wird mit kontrolliertem Unterdruck verformt und an die gekrümmten Spiegel gesaugt. Damit bündeln sie die Sonnenstrahlen im Brennpunkt auf das 2000-Fache ihrer Energie. Eine luftgefüllte, klimaregelte Kunststoffhülle schützt vor Regen, Hagel, Staub und Vögeln.



Die Embedded-Anwendung der «Sonnenblume» ist grafisch mit Labview programmiert und wird als robuster Echtzeit-Code auf Linux und ARM-Mikrocontroller betrieben.

Letztere werden durch die Hülle auch vor Verbrennungen geschützt.

Empfänger

Im Brennpunkt der Parabolschüssel trifft die konzentrierte Sonnenenergie auf 6 Empfänger (Receiver), die jeweils mit 36 Multizellenempfänger bestückt sind. An einem sonnigen Tag leistet jeder dieser 1x1 cm² grossen Photovoltaikzellen bis zu 57 W, was zu einer elektrischen Gesamtleistung von 12 kW führt. Ohne Kühlung würden die Zellen jedoch bei 1500°C verglühen. Dies verhindert ein von IBM für ihre Supercomputer entwickeltes aktives Kühlsystem, das gleichzeitig die Verlustleistung in thermische Energie konvertiert. Mikrokanäle unter den Zellen kühlen mit bis zu 85–90°

heissem Wasser – nur wenige Zehntelmmillimeter unter den aktiven Photovoltaikzellen, die so auf einer Betriebstemperatur von 105°C gehalten werden. Über das Kühlwasser werden zusätzliche 20 kW Wärmeleistung gewonnen, was z. B. für Entsalzungsanlagen genutzt werden kann. Inspiration für diese Kühltechnologie war übrigens das hierarchisch verzweigte Blutsystem im menschlichen Körper.

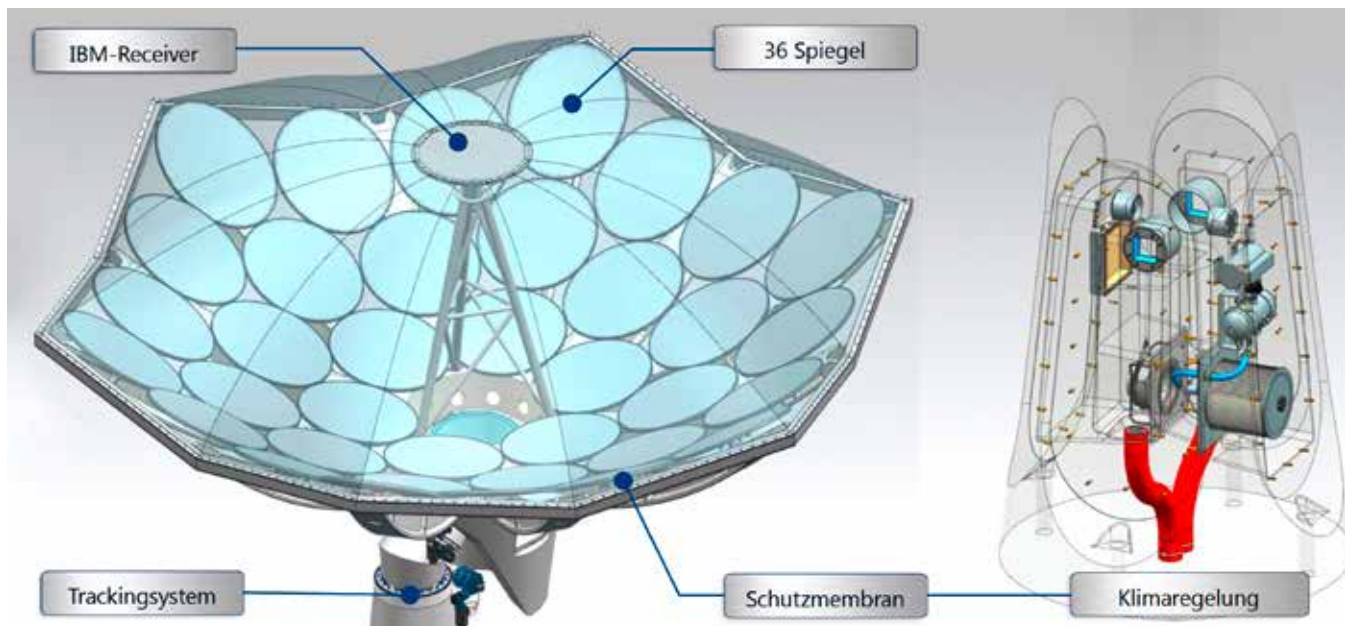
Tracker

Für einen bestmöglichen Wirkungsgrad wird die Schüssel per Tracking kontinuierlich der Sonne nachgeführt. Das geschieht in mehreren Phasen. Zuerst ermittelt der Tracker dank aktueller Meteodaten die ungefähre Lage der Sonne und führt eine Grobpositionierung

der Schüssel aus. Anschliessend ermittelt ein Sonnensensor den aktuellen Positionsvektor und regelt die Schüssel nach. Schliesslich wird sie kontinuierlich zur Sonne gerichtet. Dabei wird die Ausleuchtung aller Photovoltaikzellen gemessen und der Tracker für bestmöglichen Ausgleich nachjustiert. Das Tracking geschieht über zwei Schrittmotorachsen mit Absolutencodern in der Rückführung.

Durchdachtes System

Dank radikal kostengünstigem Design lässt sich die Anlage auch in ärmere Länder verkaufen. Dies wurde in mehrfacher Hinsicht erreicht. Erstens liess sich die Anzahl der Solarzellen dank Konzentration auf ein Minimum reduzieren. Dadurch kann man sich im Gegensatz zu flächendeckenden Klassikern



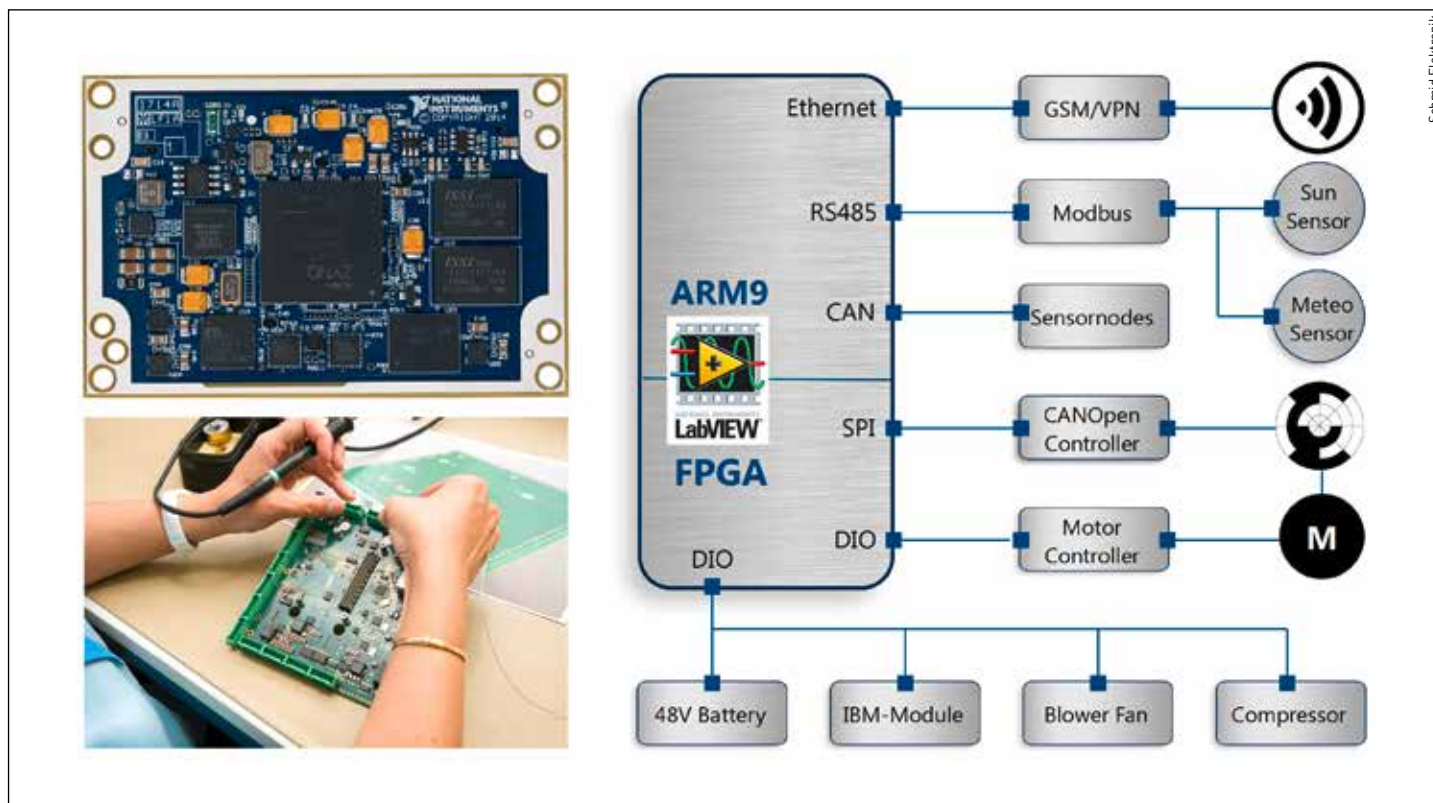
Die Parabolschüssel (links) konzentriert Sonnenenergie über elliptische Spiegel beim IBM-Receiver im Brennpunkt. Sie ist mit einer Membran geschützt und hält im Innern ein konstantes Mikroklima (rechts) aufrecht (Temperatur, Feuchte, Druck).

die etwas teureren, jedoch effizienteren Zellen leisten. Durch die enorme Leistung im Brennpunkt müssen diese Zellen gekühlt werden, was wiederum nutzbare thermische Energie liefert. Anstelle teurer Spiegel kommen kostengünstige, pneumatische Folien und eine günstige Betonstruktur zum Einsatz, deren

Herstelltoleranzen wiederum durch Sensorik, Hardware und Software kompensiert werden kann. Schliesslich ist geplant, die Sonnenblume vor Ort zu produzieren, damit einerseits die Transportkosten minimiert und dank lokalen Produktionsbetrieben die Herstellkosten reduziert werden können.

Aus Sicht eines Ingenieurs fasziniert vor allem der innovative Charakter in Bezug auf Interdisziplinarität, Wirtschaftlichkeit und Technologiemix: Bau-, Mechanik-, Optik-, Elektronik- und Softwareingenieure arbeiten agil und Hand in Hand auf ein gemeinsames Ziel hin und denken im System. Die Struktur

ist aus Spezialbeton hergestellt. Diese faserhaltige Mischung härtet in wenigen Stunden in jeder beliebigen Form aus und verfügt dann über ähnliche mechanische Eigenschaften wie Aluminium, bei nur einem Fünftel des Preises. Insgesamt ist es ein Technologiemix vom Feinsten: von der groben Be-



Das «Hirn» der Sonnenblume ist ein scheckkartengrosses System-on-Module mit Multicore-ARM9 und FPGA (oben links). Es wird über ein kundenspezifisches Baseboard (unten links) mit mehreren Sensoren und Aktoren verbunden (rechts).

tonstruktur über das mikromechanische Kühlungssystem bis zur Steuerungselektronik mit Multicore, FPGA und 4GL/DSL-Programmiersprache.

Linux-Hardware


Das «Hirn» der Sonnenblume ist ein schreckkartengrosses System-on-Module (SoM) von National Instruments. Es ist in ein Baseboard eingesteckt, das alle notwendigen, kundenspezifischen Schaltungen enthält. Dank 667 MHz-Dual-Core-ARM9 Mikrocontroller, FPGA, CAN, 500 MB RAM, 1GB Solidstate-Flash, Gigabit-Ethernet und rund 160 GPIO's standen alle Funktionen zur Verfügung, die hier gefordert waren. Das SoM ist über CAN und dezentrale, intelligente Knoten mit Dutzenden von Temperatur-, Druck- und Feuchtesensoren verbunden. Windmesser und Sonnensensor hängen beide am Modbus. Die Aktoren bestehen unter anderem aus zwei Schrittmotoren mit CANOpen-Absolutdrehgebern in der Rückführung, geregelt im FPGA. Da «Labview FPGA» CANOpen nicht unterstützt, war ein Trick nötig. Der Sensor wurde an einen kleinen Mikrocontroller mit CANOpen-Unterstützung angeschlossen und über dessen SPI-Bus mit dem FPGA verbunden. So liess sich der Regler unabhängig auf dem FPGA realisieren. Dieser externe Controller überwacht gleichzeitig die Versorgungsspannungen und Temperaturen der Embedded-Hardware und dient so als eine Art Watchdog. Andere Komponenten wie Kompressor oder Lüfter sind ebenfalls am FPGA angehängt und es gibt eine serielle Verbindung zum IBM-Receiver. Ist das System im Feld installiert, kann von extern live via VPN darauf zugegriffen werden, z. B. für Ferndiagnosen und Firmware-Updates.

Labview in einer «harten» Embedded-Anwendung

Viele kennen und schätzen den Charme des Entwicklungsbeschleunigers Labview, sind aber skeptisch, ihn gerade im sensiblen Embedded- und Out-

doorbereich wie der Sonnenblume einzusetzen. Was aber, wenn sich die «softe» grafische Programmierung mit «harten» Embedded-Funktionen wie Echtzeit, Interrupts, DMA, Low-Level-Treibern, ausfallsicheren Speichern, Watchdog, Fehlererkennung und -behebung und robustem 24/7-Betrieb kombinieren liesse? Dann erhält dieser Ansatz ein ganz neues Drehmoment. Bisher mussten nämlich Embedded-Anwendungen, deren Machbarkeit mit Labview geprüft wurde, anschliessend auf der Basis von C auf einem Microcontroller neu entwickelt werden. Jetzt lässt sich dieser Zusatzaufwand abkürzen, indem Labview direkt als Embedded-Programmiersprache verwendet wird.

Labview auf eigener Hardware

Die Möglichkeit, eigene Labview-Hardware für ein Serienprodukt zu entwickeln, war aus zwei Gründen eine wichtige Anforderung für DSolar, dem Spin-off von Airlight Energy, das die Sonnenblume entwickelt hat. Erstens ist die Komplexität der Anwendung hoch und zweitens war schon von Beginn an klar, dass die Software laufend erweitert wird. Beides lässt sich durch eine abstrahierende System-sprache besser bewältigen als auf die traditionelle Weise. Die Hardwareentwicklung wurde dem NI Allianzpartner Schmid Elektronik AG anvertraut. Schmid's Projektbeiträge waren das Design des Power- und Hardwarekonzepts, die Schema-erfassung, das Layout sowie die Herstellung der Prototypen und Serie. Softwareseitig wurden für jede Hardwarefunktion ein Low-Level-Treiber entwickelt und mit einem intuitiven Labview VI (Virtuelles Instrument / Funktionsblock) abstrahiert. Anpassungen des Linux-Kernels gehörten ebenso dazu wie das Entwickeln individueller Gerätetreiber mit Eclipse und deren Einbinden in die Labview-Umgebung. 

Marco Schmid, Geschäftsleiter
Schmid Elektronik AG
www.schmid-elektronik.ch

THE BIG GREEN BOOK

GRÜNES LICHT FÜR ALLES, WAS SIE VORHABEN.

NEU im Katalog:
Pilzknöpfe Aluminium, Spannsätze,
Axialgelenke, Motorpositioniertischsysteme,
Federnde Zug- und Druckstücke



05.10.2015 - 08.10.2015
Halle: 5 | Stand: 5425



norelem Normelemente AG
Postfach 19
6422 Steinen
Telefon: 041 833 87 00
Fax: 041 833 87 09
E-Mail: info@norelem.ch
Internet: www.norelem.ch

norelem