S2S - SCHOOL TO SCHOOL
EduaRD
Education and
Renewable Energy
and Development

Agua es vida

- Vergleich zweier Solarpumpen -

Dokumentation des
Physik-Ergänzungskurses 2007/08
der Gesamtschule Blankenese
April 2008

Agua es vida

- Vergleich zweier Solarpumpen -

Gefördert von:

Hamburger
Klimaschutz Fonds

Norddeutsche Stiftung
für Umwelt und Entwicklung

Schmitz-Hille-Stiftung

Verantwortlich im Sinne des Presserechts:
Clemens Krühler
Gesamtschule Blankenese
Frahmstr. 15; 22587 Hamburg
Tel.: 428828-0, Fax: 428828-45
Email: ClemensKruehler@aol.com

Hamburg, April 2008

Agua es vida

- Vergleich zweier Solarpumpen -

Dokumentation des
Physik-Ergänzungskurses 2007/08
der Gesamtschule Blankenese

Phy/Technik-Kurs Jg.11: Jan Deutschmann, Timo Günther, Steffen Kastian, Leander Ladewig, Jan Niklas Lamprecht, Nathanael Morgenstern, Nathalie Pudimat; Florian Schott, Yannic Sierck, Markus Stevens, Paul Szatkowski, Sebastian Zeitz
Lehrer: Ute Bartosch, Clemens Krühler

Hamburg, April 2008

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung 5

Einleitung 5

Auf dem Weg zu klimaverträglichen Lösungen 7

Zwei Pumpen im Test 9

Untersuchungen und Ergebnisse
- Einstrahlungsdaten im Raum Leon 12
- Niederschlag in Leon 13
- Niederschlag und Verdunstung 13

Regenerative Energiequellen – ein ungenutztes El Dorado 15

Kommentar *(Ute Bartosch)* 16

Fazit 17

Anhang Fotodokumentation 18

Vorbemerkung

Die zweitgrößte Stadt Nicaraguas ist Leon und liegt an der Pazifikküste. Leon ist eine der Partnerstädte Hamburgs. Die Gesamtschule Blankenese beteiligt sich seit 2002 an dieser Partnerschaft mit dem Projekt „Solargestützte Feldbewässerung". Träger dieses Projekts an der Gesamtschule Blankenese ist immer der Physik/Technik-Kurs des 11. Jahrgangs. In diesem Projekt arbeitet die Gesamtschule Blankenese sehr eng mit dem Agrarinstitut der Universität von Leon (UNAN) zusammen.

Einleitung

In bestimmter Hinsicht ist Nicaragua ein reiches Land. Die Landwirtschaft an der Westküste etwa findet exzellente Bedingungen für ihre Produktion vor. Der Boden ist fruchtbar und durch Vulkanasche hoch mineralisiert, die Sonnenscheindauer ist erheblich und selbst die Niederschläge sind im Raum Leon mit etwa 1600 mm pro Jahr noch hinreichend. Doch diese Niederschläge fallen nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt, kurze und heftige Regenzeiten wechseln sich mit langen Trockenperioden ab. Normalerweise gibt es eine kleinere Regenzeit im Mai/Juni und eine große im September/Oktober. Seit Jahren beobachten die Bauern an der Pazifikküste Nicaraguas jedoch, dass die kleinere Regenzeit „versiegt", d.h., geringere Niederschläge bringt oder ganz ausbleibt. Dann dehnt sich die Trockenzeit auf neun Monate aus. Das englische *Hadley Centre for Climate Prediction and Research* prognostiziert für die Region Mittelamerika eine drastische Verringerung der jährlichen Niederschlagsmengen. In manchen Gegenden Mittelamerikas wird im Verlauf dieses Jahrhunderts eine Reduzierung des Niederschlags von 2 mm Niederschlag pro Tag erwartet, pro Jahr also mehr als 720 mm. Das entspricht fast der absoluten Menge an Niederschlag in einigen Gegenden Mitteleuropas (Hamburg: 768 mm/Jahr). Ausbleiben der Regenzeit bei gleichzeitigem Rückgang der absoluten Niederschlagsmenge, das führt laut WHO zu einem „Korridor der Trockenheit" in Zentralamerika. 8,6 Millionen Menschen leben in diesem Korridor und das westliche Nicaragua gehört zu dieser vom Klimawandel bedrohten Region.

Für die landwirtschaftliche Produktion der nicaraguanischen Pazifikküste hat die Ausdehnung der Trockenzeit enorme Ausfälle zur Folge. Die Versorgungssituation in den ländlichen Gebieten der nicaraguanischen Pazifikküste hat sich bedrohlich zugespitzt. Laut FAO konnten 30 % der nicaraguanischen Bevölkerung in 2002 ihren täglichen Ernährungsbedarf nicht decken. Viele der kleinbäuerlichen Familien sind nicht nur nicht in der Lage, für den Markt zu produzieren, sie sind zusehends weniger in der Lage, die eigenen Kinder gesund und ausreichend zu ernähren. Eine wesentliche Ursache liegt in der Verkürzung der Regenzeit, die die Leistungsfähigkeit der landwirtschaftlichen Produktion erheblich einschränkt. Die künstliche Bewässerung wird zur Überlebensfrage.

Auf der anderen Seite verfügt Nicaragua über einen weiteren Reichtum, das ist die schier unerschöpfliche Sonneneinstrahlung, die pro Jahr fast das Doppelte der Menge im Vergleich zu Deutschland erreicht und die der sichere Garant für die Produktion nicht nur der Biomasse, sondern auch der Elektrizität sein könnte.[1]

[1] s. "Untersuchungen und Ergebnisse" S. 12 ff; „Regenerative Energiequellen - ein ungenutztes El Dorado", S. 15;

Vor diesem Hintergrund begann innerhalb der Städtepartnerschaft Hamburg - Leon im Jahre 2002 die Kooperation zwischen dem Agrarinstitut der Universität von Leon/Nicaragua (UNAN) und der Gesamtschule Blankenese-Hamburg. Diese Partnerschaft stellte von Anfang an das Thema „Anwendung solarer Energietechnik" ins Zentrum ihrer Zusammenarbeit. Die Gesamtschule Blankenese verfügte zu diesem Zeitpunkt bereits über reichhaltige Erfahrung im Bau von Solaranlagen. Die Idee, solargestützte Bewässerungssysteme als Mittel zur Armutsbekämpfung einzusetzen, entstand nach intensiver Diskussion mit dem ehemaligen Präsidenten der UNAN, Dr. Ernesto Medina und seinen Mitarbeitern des Agrarinstituts. Feldbewässerung erfordert Energie, die zum Betrieb der Systeme bereitgestellt werden muss. Sie sollte umweltschonend und klimaverträglich gewonnen werden: Das bedeutete den Einsatz von Solarenergie. Das Agrarinstitut der UNAN arbeitet eng an den Fragen des Landes und verfügt über landwirtschaftliche Versuchsfelder. Es lag also nahe, die Bedingungen der solargestützten Feldbewässerung auf ihre Tauglichkeit für die landwirtschaftliche Produktion zu untersuchen.

Innerhalb des Kooperationsprojektes der UNAN und der GS Blankenese entstanden einige Modellanlagen – auch im unmittelbar praktischen Einsatz auf Bauernhöfen -, die durchweg gute Ergebnisse erzielten. Alle Anlagen arbeiten nach wie vor zuverlässig und nahezu wartungsfrei. Um aber in der ländlichen Region Leons wirkungsvolle Ergebnisse in der Armutsbekämpfung zu erzielen, müssen solargestützte Feldbewässerungssysteme aus der Phase des Modellversuchs herausgeführt und im großen Maßstab eingesetzt werden. Diese Überlegung führte zu dem Projekt „Solargestützte Feldbewässerung als Mittel zur Armutsbekämpfung im Department Leon/Nicaragua", das von der *Solarwerkstatt der GS Blankenese e.V.* initiiert und abgewickelt worden ist. Innerhalb dieses Projekts sind 15 solargestützte Pumpen im ländlichen Raum Leons installiert worden. Die letzten beiden der Systeme hat der aktuelle Physik/Technik-Kurs im März 2008 aufgebaut.

Projekte wie das vorgestellte sind nicht realisierbar, ohne dass viele Menschen – oft unsichtbar und im Hintergrund - ihren spezifischen Beitrag leisten. Wir bedanken uns vor allem bei Herrn Peter Finkler-Nathan, Vorstandsmitglied des Unternehmens Sulfurcell.[2] Sulfurcell hat uns mit neu entwickelten Kupfer-Indium-Sulfid-Solarmodulen ausgerüstet, die nun erstmals auch im tropischen Nicaragua ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen werden. Für die direkte Installationsarbeit vor Ort sind die Mitarbeiter der Solartechnikfirma ENICALSA, die über die gesamte Zeit das technische Rückgrat des Projekts bildeten, unentbehrlich. Ohne sie gäbe es keinen reibungslosen Ablauf und vor allem – nach der Installation der Anlagen – keine verlässliche Wartung und Reparatur jener Anlagen.

Wissenschaftler und Studenten sowohl UNAN als auch der Technikerschule „La Salle" sind im Rahmen ihrer Ausbildung in die Vorbereitung und Durchführung der einzelnen Installationen integriert worden.

Der *Hamburger Klimaschutz Fonds* (HKF)[3] unterstützt seit Anbeginn die Nord-Süd-Projekte Hamburger Schulen, deren Inhalt „Klimaschutz und Solarenergie" ist. In

[2] www.sulfurcell.de/
[3] www.klimaschutz.com

den letzten Jahren sind weit mehr als 20 Projekte von Hamburger Schulen mit Bildungseinrichtungen in südlichen Ländern durchgeführt worden; Ziel aller Projekte war der Aufbau von Solaranlagen als Energiequelle unterschiedlicher Anwendungen, alle Projekte wurden vom HKF finanziell unterstützt, auch das unsrige. Wir sind dem HKF zu besonderem Dank verpflichtet.

Ein solches Projekt wie das unsrige ist ohne finanzielle Unterstützung nicht denkbar. Neben dem HKF hat zu dem Gelingen unseres Unternehmens durch finanzielle Unterstützung insbesondere die *Schmitz-Hille-Stiftung*[4] und die *Norddeutsche Stiftung für Umwelt und Entwicklung*[5] beigetragen. Herzlichen Dank!

Auch jenen, die unerwähnt bleiben, unser Projekt jedoch begleiten, unterstützen, darüber sprechen oder es publizieren, gilt unser Dank.

Auf dem Weg zu klimaverträglichen Lösungen

Die Projektreihe „Solargestützte Bewässerung" entspricht exakt den Anforderungen des Physik/Technik-Kurses unserer Schule, der seit 1998 den Schülerinnen und Schülern des 11 Jahrgangs angeboten wird und der folgende Merkmale enthält:

- Das Thema ist die regenerative Energietechnik - damit wendet man sich existentiellen Zukunftsfragen zu.
- Die Ziele des Kurses bestehen in dem Bau bzw. der Handhabung einer funktionsfähigen Anlage - damit kann die Physik technikorientiert und anschaulich unterrichtet werden.
- Kooperation mit außerschulischen Partnern ist Pflicht - damit wird Ingenieurswissen für die schulische Ausbildung verfügbar gemacht.
- Die Projektrealisation besteht in der gemeinsamen Installation der Anlage, die praktische Zusammenarbeit mit der – in der Regel – ausländischen Bildungsinstitution ist Bestandteil des Projekts.

Alle Physik/Technik-Kurse bereiten sich auf ihre Reise sieben Monate im Unterricht vor. Auf dem Stundenplan stehen Ökologie, Landeskunde und – natürlich – Physik und Energietechnik. Dabei gehen Theorie und Praxis Hand in Hand. Ausgehend von kommerziell erhältlichen Komponenten werden solargestützte Pumpsysteme entworfen, aufgebaut und getestet.

Im Jahr *2002* machte ein Physikkurs des 11. Jahrgangs nach reiflicher Diskussion mit den nicaraguanischen Partnern den Anfang. Er installierte auf dem Gelände der Universität von Leon eine Demonstrations- und Versuchsanlage mit solarbetriebener Wasserpumpe - gemeinsam mit nicaraguanischen Studierenden und Wissenschaftlern. Im Mai 2003 folgte der nächste Kurs. Ziel dieses Kurses bestand in dem Aufbau zweier solargestützter Pumpen zu Feldbewässerung, die direkt auf Bauernhöfen zum Einsatz kamen. Ein Jahr später wurden die vierte Pumpe in dem Dorf San Pedro und die fünfte auf einem Bauernhof in der Nähe Leons installiert, inzwischen hatten sich uns als weitere Kooperationspartner Schüler und Lehrer der Tecnico La Salle angeschlossen.

---

[4] www.schmitz-stiftung.de/

[5] www.nue-stiftung.de/

Die Pumpsysteme der Jahre *2003 und 2004* dienen unmittelbar der Produktivitätssteigerung – Ernten sind nunmehr auch während der Trockenzeit möglich. In den fünf Systemen kommen unterschiedliche Pumpen (Grundfos, Pumpen-Böse, Lorentz) zum Einsatz, alle fünf Systeme sind mit einer Messstrecke ausgestattet, um ihre Leistungsfähigkeit fortlaufend untersuchen und bewerten zu können, sie dienen somit auch der wissenschaftlichen Betrachtung.

Im Verlauf der ersten drei Projekte haben sich die jeweiligen Fragestellungen verschoben bzw. konkretisiert. Ging es im ersten Projekt um den Nachweis, dass ausgereifte und zuverlässige Systeme in Nicaragua prinzipiell und mit Erfolg zum Einsatz gebracht werden können, hatten die nächstfolgenden Projekte konkretere Fragestellungen zu beantworten: Wie groß ist die Leistungsfähigkeit verschiedener Pumpsysteme tatsächlich? Wie viel m^3 Wasser bringt eine bestimmte Pumpe bei einer bestimmten Generatorleistung tatsächlich auf das Feld? Wie groß ist die Fläche, die bei einem gegebenen System bewässert werden kann und letztlich: Wie groß ist der Ertrag, der sich erzielen lässt und in welchem Verhältnis steht er zu den Investitionskosten? Zu den rein physikalischen und technischen Fragestellungen treten im realen Einsatz ökonomische hinzu. Im Grunde geht es darum, den Bauern ein System anbieten zu können, das auf seine Bedürfnisse zugeschnitten ist und das ein optimales Preis/Leistungs-Verhältnis hat. Darüber hinaus war die Frage zu klären, ob ein solargestütztes System gegenüber einem dieselgestützten konkurrenzfähig ist. Wir setzen voraus, dass es unter ökologischen Gesichtspunkten immer vorzuziehen ist. Auch gilt es, Annahmen zu überprüfen, die zunächst Ausgangspunkt für Prognosen und Berechnungen sein müssen. Daten über die solare Einstrahlung in Nicaragua beispielsweise kann man in allgemein zugänglichen Wetterdaten finden. Diese Daten müssen unseres Erachtens auf ihre lokale Genauigkeit überprüft bzw. präzisiert werden, entsprechende Messungen sind unabdingbar. Die solare Einstrahlung ist die primäre Energiequelle für die Pumpsysteme, ihre Leistungsfähigkeit hängt damit unmittelbar von der Einstrahlung der Sonne ab. Sie muss lokal für die einzelnen Monate ermittelt werden, denn die Monate der Trockenzeit sind entscheidend für die Tauglichkeit der Feldbewässerungssysteme. Für die folgenden Kurse waren also noch viele Fragen zu klären.

Die Aufgabe des Kurses *2005* bestand in der Leistungsoptimierung und in dem Nachweis, dass photovoltaisch gestützte Pumpsysteme nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch dieselgestützten Systemen überlegen sind. Zu diesem Zweck wurden wiederum zwei Bewässerungsanlagen installiert. Nach unseren Erfahrungen kann ein preisgünstiges solargestütztes Bewässerungssystem für 2000 m^2 konzipiert werden, mit dessen Hilfe eine bäuerliche Familie sowohl die eigene Ernährungssituation verbessern als auch das Einkommen durch die Vermarktung eines Teils des landwirtschaftlichen Produkts steigern kann. Damit ist ein Weg aufgezeigt, der den landwirtschaftlichen Produzenten durch Produktivitätssteigerung die Refinanzierung solargestützter Feldbewässerungssysteme erlaubt und aus der Subventionsabhängigkeit herausführt.

Auch 2007 sind zwei Bewässerungssysteme installiert worden. Die Solargeneratoren dieser Systeme sind erstmals mit aktiven einachsigen Nachführeinrichtungen ausgestattet. Damit lässt sich in Nicaragua eine

Leistungssteigerung von etwa 35% erzielen. Die Feldbewässerungsanlagen sind der UNAN übereignet worden. Die UNAN wählt geeignete Bauern aus, die in der Lage sind, Überschüsse für den Markt zu produzieren und somit ihr Einkommen erheblich steigern können. Die UNAN schließt Verträge mit den begünstigten Bauern ab, in denen eine Refinanzierung zwischen 50 bis 60% vereinbart wird. Die Gegenleistung der UNAN besteht in der Beratung und Betreuung der jeweiligen Bauern. Häufig fehlt den Bauern Nicaraguas das Wissen um eine effektive Landbestellung und um die Vermarktung ihrer Produkte. Dieses Wissen ist in Nicaragua aber durchaus vorhanden, beispielsweise in den Agrarinstituten der Universitäten oder auch in ländlichen Hilfsorganisationen.

Mit dem Kurs 2006/2007 liefen zwei Langzeituntersuchungen an, die sowohl die Niederschläge als auch die solare Einstrahlung im Raum Leon erfassen und auswerten.

Die Physikkurse der GS Blankenese haben sich in ihrer Ausbildung jeweils unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt, eins der übergeordneten Ziel bestand jedoch immer in der Konzipierung eines gleichermaßen leistungsfähigen, robusten wie kostengünstigen Systems, das sich im nicaraguanischen Markt behaupten kann. Dazu musste auch der Nachweis erbracht werden, dass photovoltaisch gestützte Pumpsysteme nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch dieselgestützten Systemen überlegen sind.[6] Wenn das Einkommen der Bauern erheblich gesteigert werden kann, ist ein Weg aufgezeigt, der den landwirtschaftlichen Betrieben durch Produktivitätssteigerung die Refinanzierung solargestützter Feldbewässerungssysteme erlaubt und aus der Subventionsabhängigkeit herausführt. Im Verlauf unserer Projektreihe haben wir mit Pumpen verschiedener Hersteller experimentiert, am zweckdienlichsten erscheinen uns die Produkte der Firmen Grundfos und Lorentz. Unsere Erfahrungen in Nicaragua zeigen, dass die Baureihen SPA und SQFlex der Firma Grundfos robuster und weitaus wartungsärmer sind als jene der Firma Lorentz.[7] Allerdings sind die Lorentzpumpen demgegenüber kostengünstiger. Der Kurs 2007/08 hat sich das Ziel gesetzt herauszufinden, ob Grundfospumpen – obwohl die Investitionskosten höher liegen – auf die Dauer nicht doch günstiger sind.

Zwei Pumpen im Test

Zwei Einsatzorte standen uns im März zur Verfügung. Zunächst war dort die Finca von Senora Karla. Senora Karla wird von der Clinica Mobil[8] betreut. Sie verfügt über ein kleines Feld von etwa 1 Hektar und will dort zukünftig verschiedene Gemüsesorten anbauen. Zunächst soll nur eine kleine Fläche von etwa 1000 m² bewässert werden.

[6] siehe auch die Dokumentation 2003/2004 in: www.gsbl-hh.de/Schwerpunkte/Solar/FeldbewNicara.php

[7] siehe auch: http://www.gsbl-hh.de/Schwerpunkte/Solar/Sol_Pump_Leon.php

[8] Die Clinica Movil arbeitet als Nicht-Regierungsorganisation seit 1995 mit viel Erfolg in den 32 Gemeinden der südöstlichen Zone des Departments León. In diesen Gemeinden leben etwa 15000 Menschen, die durch das Angebot des staatlichen Gesundheitssystems MINSA/SILIAS nicht erreicht werden können.

Der zweite Einsatzort war die Finca von Senor Ramon. Senor Ramon ist Viehbauer, etwa 70 Rinder leben auf seiner Finca, die in der Nähe des Rio Chiquito liegt. Sobald dieser Fluss die Stadt Leon verlässt, ist er eine übelriechende, giftgrüne Kloake. Auf dem etwa 30 km langen Weg von Leon zum Pazifik fließt der Rio Chiquito durch das Land von Viehzüchtern, die das Wasser des Flusses seit Urzeiten nutzen, um ihre Rinder zu tränken. Seit geraumer Zeit wird jenen aber dieses Wasser gefährlich. „Ich habe eine guten Ochsen, der nur mit gutem Wasser versorgt wurde“, erzählt uns ein Viehzüchter, „der nimmt das Wasser des Rio Chiquito nicht an, selbst bei größtem Durst“. Nicht alle Rinder verfügen über das Differenzierungsvermögen des guten Ochsen, sie saufen das Wasser des Rio Chiquito, werden krank oder sterben gar. Wer den Fluss in Leon dermaßen verunreinigt, ist nicht klar, manche sagen, dass es vor allem die Gerberbetriebe Leons sind, die bei ihrer Arbeit mit allerlei giftigen Stoffen (u.a. Schwermetallen) arbeiten. Nach wie vor fließt aber auch ein großer Teil der privaten Abwässer ungeklärt in den Fluss. Die Abwässer werden in Leon nicht ständig kontrolliert. Die Viehzüchter allerdings können nicht warten, bis die Stadt in der Lage ist, ihre Abwässer zu reinigen. Daher bauen alle Viehzüchter neue Brunnen abseits vom Fluss, um an sauberes Trinkwasser für sich und ihre Tiere zu kommen.

Die Arbeit des diesjährigen Physikkurses bestand wesentlich darin, Bedingungen zu schaffen, unter denen die Leistungsfähigkeit zweier verschiedener Pumpensysteme

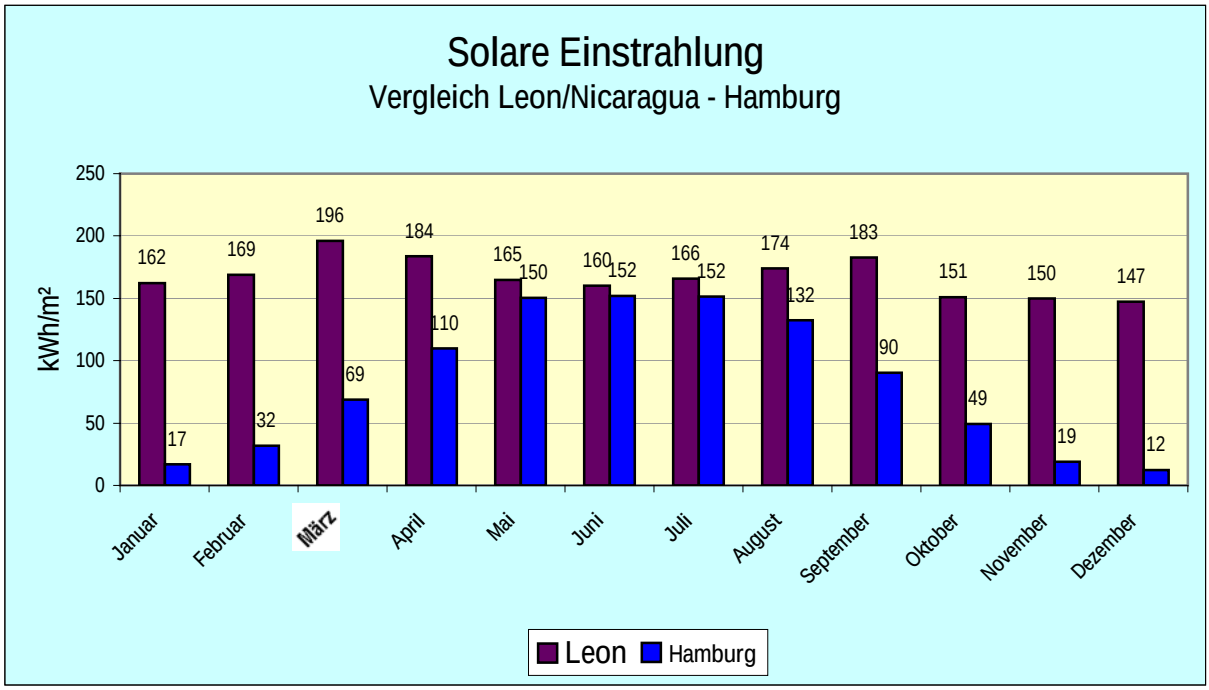
getestet werden konnte. In den vergangenen Jahren sind von uns vorrangig Pumpsysteme der Firma Lorentz[9] eingesetzt worden, aber auch einige Pumpen der Firma Grundfos.[10] Die Lorentz-Pumpen haben den Vorzug, dass sie preiswerter als Grundfos-Pumpen sind. Wir haben uns die Aufgabe gestellt, herauszufinden, ob eine Grundfos-Pumpe für den Nutzer langfristig eventuell in Folge geringerer Wartungs- und Reparaturkosten günstiger wird – trotz höherer Investitionskosten. Darüber hinaus wollen wir wissen, ob eine Grundfos-Pumpe vielleicht schon allein durch einen besseren Wirkungsgrad die höheren Investitionskosten rechtfertigt. Unser Projekt sah folglich zwei Systeme vor, die über einen längeren Zeitraum vergleichbar und zu bewerten sind. Beide Systeme sind mit einem identischen Solargenerator ausgestattet.[11] Die Pumpe auf der Finca Karla hat eine Förderhöhe von 8m zu bewältigen, jene auf der Finca Ramon lediglich eine Förderhöhe von 4,5m. Beide Pumpsysteme sind mit einem Volumenstrommesser ausgerüstet und es besteht für beide Nutzer die Vorgabe, die Pumpen bei hinreichender Solareinstrahlung immer laufen zu lassen.
Ein Vergleich beider Systeme wird möglich, wenn wir die Einheit „m^4“ einführen. Die Einheit m^4 gewinnt man durch Multiplikation der Fördermenge (m^3) mit der Förderhöhe (m). Diese Einheit nennen wir das *hydraulische Energieäquivalent.*[12] Man muss noch anmerken, dass die Lorentz-Pumpe eine Kreiselpumpe ist und die Grundfos-Pumpe eine Excenterpumpe. Kreiselpumpen eignen sich eher für geringe Förderhöhen und große Wasserströme, während Excenterpumpen für große Förderhöhen und vergleichsweise geringe Wasserströme ausgelegt sind. Nach einem Jahr werden wir sehen, was sie geleistet haben und welche Reparaturen eventuell fällig geworden sind.

[9] www.lorentz.de/
[10] www.grundfos.de/
[11] Vier Module SCG50-HV von Sulfurcell, je 50 Watt
[12] $1m^4$ ist nichts anderes als ein Vielfaches des Newtonmeters (Nm). 1 Liter Wasser hat die Masse von 1 Kg und damit die Gewichtskraft von ca. 10 N. 1 m^3 Wasser hat die Gewichtskraft von 10000 N, $1m^4$ entspricht daher 10000 Nm.

Untersuchungen und Ergebnisse ...[14]

Einstrahlungsdaten im Raum Leon

Nicaragua ist eines jener Länder Mittelamerikas, das über eine hohe solare Einstrahlleistung verfügt. Durchschnittlich strahlt die Sonne dort im Jahr eine Energie von rund 2000 kWh auf eine horizontale Fläche. In Hamburg betrug die durchschnittliche jährliche Solarstrahlung in den letzten elf Jahren 985 kWh/m².[15] Vergleichbare photovoltaische Anlagen arbeiten also in Nicaragua um den Faktor 2 ertragreicher als am Standort Hamburg.



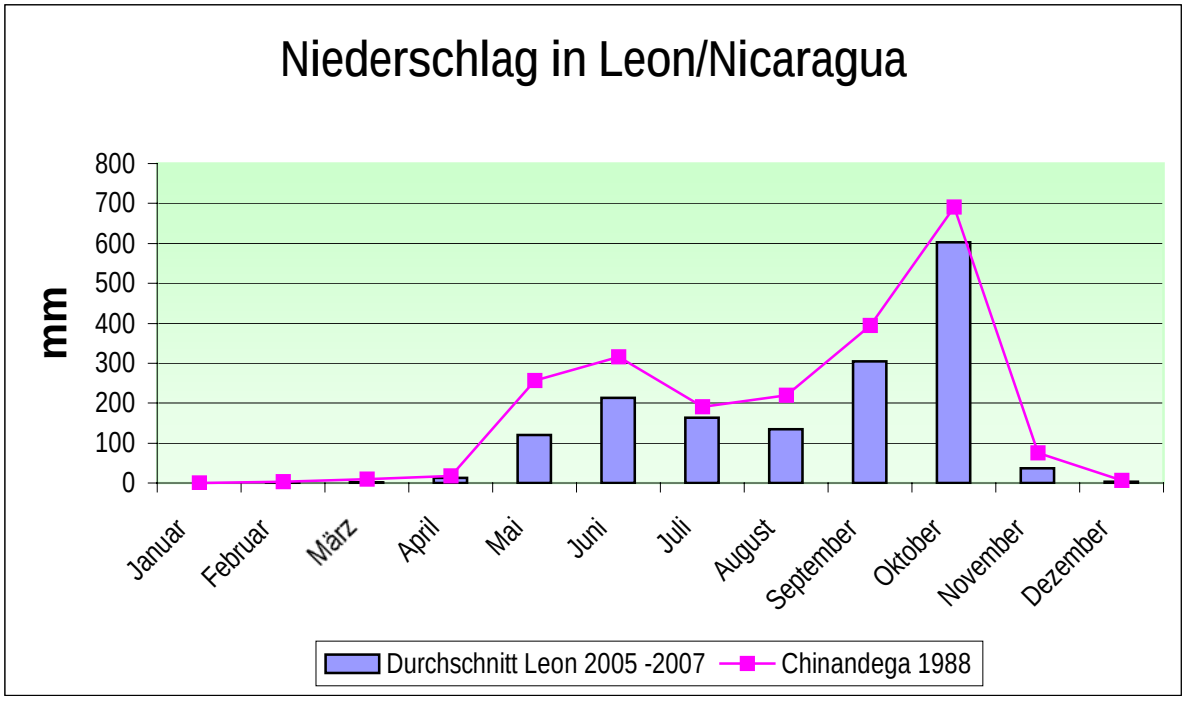
Die Hamburger Kurve zeigt Einbrüche in den Wintermonaten. Die Monate November bis Februar tragen kaum etwas zum Ertrag bei. Demgegenüber zeigt der Jahresverlauf der eingestrahlten Energie in Nicaragua einen fast gleichmäßigen Verlauf auf hohem Niveau mit Spitzenwerten in den Monaten März und April.

In den Küstenregionen von Nicaragua herrscht ein tropisches Klima mit mäßigen jährlichen Temperaturschwankungen. Die Durchschnittstemperaturen liegen bei 25 °C. Die Regenzeit in Nicaragua dauert normalerweise von Mai bis Oktober. In den Wintermonaten gibt es praktisch keinen Niederschlag. In diesem Zeitraum müssen die landwirtschaftlichen Betriebe künstlich bewässern, die hohe solare Einstrahlung liefert optimale Voraussetzungen, solargestützte Pumpsysteme einzusetzen.

[14] Die Ergebnisse der Messungen sind erstmals 2007 publiziert worden, die hier veröffentlichten Daten sind aktualisiert.

[15] Nach Angaben der Zeitschrift PHOTON, Jahrgänge 1996 - 2007

Niederschlag in Leon



Bislang standen uns nur Daten der Standorte Chinandega und Managua zur Verfügung, Leon liegt auf der Linie Chinandega – Managua, etwa 30 km südöstlich von Chinandega und 60 km nordwestlich von Managua. Diese Daten stützten sich auf Angaben der Welternährungsorganisation FAO aus dem Jahr 1988 und sind folglich relativ alt. Zudem gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Regionen. Veraltete Zahlen, die lediglich die Niederschläge in der Nachbarstadt widerspiegeln, führten zu unserem Entschluss, eigene Messdaten zu erheben. Die Grafik zeigt den Unterschied zwischen den alten Zahlen von Chinandega (rote Linie) und den wirklichen Verhältnissen in Leon: Die Niederschläge in Leon sind sehr viel niedriger (durchschnittlich im Jahr: 1595 mm) als bislang angenommen (2182 mm).

Niederschlag und Verdunstung

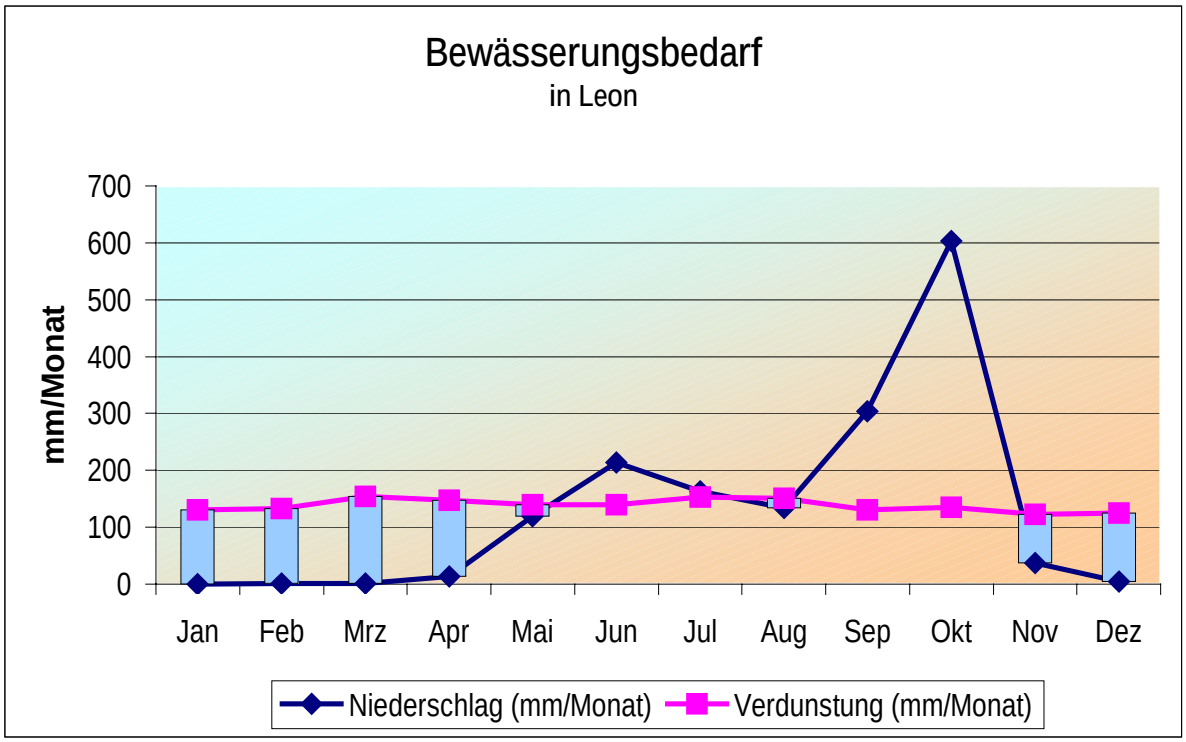
Ob ein landwirtschaftlich genutztes Gebiet künstlich bewässert werden muss, hängt von der Wasserbilanz ab: Einerseits wird das Land durch natürliche Niederschläge bewässert, andererseits verdunstet der Boden und dessen Bewuchs beständig die Feuchtigkeit. Werden Niederschlag und Verdunstung (Evapotranspiration[16]) gegeneinander aufgerechnet, ergibt sich eine positive oder eine negative Bilanz: Fallen die Niederschläge (in mm) in einem Monat geringer aus als die Verdunstung, ist die Bilanz negativ (in der Grafik als blaue Balken dargestellt) und das

[16] Die Verdunstung aus dem Boden nennt man *Evaporation*, die der Pflanze *Transpiration*. Die Summe aus Evaporation und Transpiration ist die sogenannte *Evapotranspiration*. Neben der Evapotranspiration verdunstet aber auch Wasser über *Interzeption* (direkte Verdunstung von der Vegetationsoberfläche). Es wäre wichtig, zwischen aktueller Evapotranspiration (ET_a) und potentieller Evapotranspiration (ET_p) zu unterscheiden. Die Et_a beschreibt die Evapotranspiration bei aktuellem Wasserangebot und aktueller Vegetation, die ET_p beschreibt die Evapotranspiration bei optimalem Wasserangebot und genau definierter Vegetation (kurz geschnittenes Gras). Für die Bewässerung ist also die ET_a entscheidend, da je nach Kulturart eine andere Evapotranspiration zu erwarten ist. Wir sind derzeit nur in der Lage, für Nicaragua die ET_p darzustellen.

Land sollte bewässert werden. Die Differenz bestimmt die Menge der künstlichen Bewässerung. In Leon fallen im April durchschnittlich 13,5 mm Niederschlag, die Verdunstung beträgt jedoch 147 mm, die Differenz von 133,5 mm muss durch ein Bewässerungssystem ausgeglichen werden.

Sind die durchschnittlichen monatlichen Niederschlags- und Verdunstungsmengen bekannt, lässt sich für jeden Monat die Wassermenge berechnen, die ein Bewässerungssystem für eine bestimmte Landfläche bereitstellen muss, wenn die Niederschlagsmengen die Verdunstung unterschreiten. Dies ist in Leon in acht Monaten der Fall. Über das gesamte Jahr gesehen weist Leon einen negativen Wasserhaushalt auf.

Mit Hilfe der Zahlen lässt sich auch bestimmen, wie viel Wasser auf eine gegebene Fläche gebracht werden muss. Der Monat März ist in Leon der Monat mit dem höchsten Wasserbedarf. 152,5 mm Verdunstung im März bedeutet, dass pro Tag 4,92 mm durch künstliche Bewässerung kompensiert werden müssen. Auf eine Fläche von 1 ha (100m * 100m = 10000m²) müssen folglich 49,2 m³ Wasser gepumpt werden, um den Verlust auszugleichen. Das ist die Höchstmenge, die von einem Pumpsystem bereitgestellt werden muss. Der Monat mit dem größten Kompensationsbedarf bestimmt letztlich die erforderliche Leistungsfähigkeit des Pumpsystems für eine gegebene Landfläche, die bewässert werden soll.



	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	***Summe***
Niederschlag	0	1	1,5	13,5	119,5	214	163	134	304	603	37,5	4	*1595*
Verdunstung	130	133	154	147	140	139	153	151	131	135	123	125	*1661*
Differenz	-130	-132	-152,5	-133,5	-20,5	75	10	-17	173	468	-85,5	-121	***-66,00***

Regenerative Energiequellen – ein ungenutztes El Dorado

Die teure und zugleich unzuverlässige Energieversorgung ist in Nicaragua Tagesgespräch.... Häufig wurden Subventionen vom Staat gefordert, zu einer allgemeinen Debatte über die zukünftige Energiepolitik Nicaraguas haben die Proteste jedoch keineswegs geführt.

Einer der wesentlichen Gründe für die Preissteigerungen im Personen- und Güterverkehr sind die explodierenden Ölkosten. Nicaraguas Abhängigkeit vom Öl ist extrem hoch. Kein anderes Land Zentralamerikas hat seine Energieversorgung derart ans Öl gekoppelt wie Nicaragua. Allein 74% der elektrischen Energieproduktion geschieht in thermischen Kraftwerken, die zum Betrieb der Generatoren Öl bzw. Diesel verheizen. In den Nachbarländern Honduras sind es 55%, in El Salvador 48%, in Costa Rica gar nur 21%.

Die politische Entscheidung, elektrische Energie im wesentlichen durch Verbrennung von Öl zu erzeugen, ist alt. Sie wurde Ende der sechziger Jahren getroffen. Der Kraftwerkspark, der damals installiert und seitdem nur teilweise renoviert wurde, ist hoffnungslos überaltert..... Mit Stromausfällen und Rationierungen muss in Nicaragua immer gerechnet werden. Durch veraltete Stromnetze und illegales Abzweigen von Energie durch Endverbraucher verlieren die Stromanbieter zudem 32,5 % der Elektrizität. Dies ist relativ hoch, bei den Nachbarländern beträgt der Verlust weniger als 10 % ..... Die Strompreise (0,133 US$/kWh) sind die höchsten in Zentralamerika (zum Vergleich: Honduras - 0,09 US$, Guatemala - 0,113 US$, El Salvador – 0,117 US$, Costa Rica – 0,069 US$) .....

Die erhebliche Altersschwäche des bestehenden Kraftwerksparks erfordert den Bau neuer Kraftwerke und stellt damit Nicaragua vor eine strategische Entscheidung, die schon längst überfällig ist: Soll die zukünftige Energieversorgung weiterhin wesentlich durch Ölverbrennung stattfinden oder entwirft man eine autarke, unabhängige Energieversorgungspolitik, die die eigenen, regenerativen Energiequellen nutzt? Neue Kraftwerke haben eine Mindestlaufzeit von 25 Jahren, wie immer die Entscheidung aussieht, sie wird erhebliche Konsequenzen für diesen Zeitraum haben.

Dabei hat Nicaragua phantastische Möglichkeiten, eigene Energiequellen zu nutzen und damit die Abhängigkeit vom teuer importierten Öl zu lockern. Es ist ein El Dorado für Geothermie, Wasserkraft, Wind und Sonne. Dies belegt erneut eine aktuelle Studie der deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Sie schätzt das technisch nutzbare Potential für

- Wasserkraft auf 1760 MW,
- Geothermie auf 1000 MW,
- Windkraft auf 200 MW und
- Biomasse auf 100 MW.

Die Leistung des aktuell installierten Kraftwerkparks beträgt etwa 450 MW. Das Potential allein der genannten vier Quellen übersteigt damit das gegenwärtig vorhandene Kraftwerkspotential um fast das Siebenfache. Im Grunde sind das hervorragende Aussichten für eine radikale Energiewende, neue Entwicklungen, Zuwachs und schließlich Export.

Neben der Wasserkraft ist die Geothermie die sicherlich interessanteste Option. Doch nur zögerlich kommt die Entwicklung in Gang, nur halbherzig oder gar nicht von der offiziellen Politik unterstützt.... 2004 – mehr als 35 Jahre nach Beginn der Planungen(!) – ging das zweite geothermische Kraftwerk in Nicaragua ans Netz. Die kanadische Firma Polaris Geothermal Inc. hat Anfang 2005 im Gebiet San Jacinto-Tizate die erste Stufe eines geothermischen Kraftwerks mit einer Leistung von 10MW fertiggestellt, die zweite Einheit soll Ende 2008 in Betrieb genommen werden. Die Gesamtleistung der beiden Einheiten wird dann 66MW betragen. Das Investitionsvolumen für die Anlage beträgt 157 Mio. US$. Damit belaufen sich die spezifischen Investitionskosten auf rund 2380 US$ pro kW, ein Wert, der in Deutschland auch nicht annähernd erreicht werden kann.

Polaris Geothermal besitzt eine 20jährige Nutzungskonzession für das Gebiet San Jacinto-Tizate. Mit dem Netzbetreiber UNION FENOSA ist eine 20 jährige Energieabnahmegarantie (US$ 0,0595/kWh) für die beiden Kraftwerke vertraglich vereinbart worden. Nach Aussagen von Tom Ogryzlo, dem Sprecher von Polaris in Nicaragua, stellen diese Konditionen „eine solide wirtschaftliche Basis für die Firma dar. Die Firma kann damit ihre Kosten decken und noch Gewinne erwirtschaften."

In unserem Gespräch erwähnt Tom Ogryzlo auch, dass UNION FENOSA den thermischen Ölkraftwerken 0,11 US$ pro KWh zahlt. Für Strom aus längst abgeschriebenen, maroden Kraftwerken, die teueres Öl verbrennen und CO_2 emittieren, wird in Nicaragua also der doppelte Erzeugerpreis gezahlt wie für regenerativ erzeugten Strom. Hier liegt der eigentliche politische Skandal. Man kann auch sagen: Die regenerativen Energiequellen subventionieren in Nicaragua die fossilen.

Wenn also alle physikalischen und technischen Bedingungen gegeben sind, wenn nachweisbar Strom auf regenerativer Energiebasis billiger produziert werden kann als auf Ölbasis, warum geschieht dann in diesem Land die Errichtung moderner, zukunftsfähiger Energiesysteme so schleppend? Tom Ogryzlo lacht: "Wir sind eine der wenigen Firmen, die überhaupt das Risiko eingehen, hier in Nicaragua zu investieren. Andere Banken und Firmen haben große Bedenken und lassen lieber die Finger davon. Viele haben schlechte Erfahrungen gemacht. Man ist doch einer relativen Willkür der administrativen Ebene ausgesetzt. Das grundsätzliche Problem ist die Zusammenarbeit mit den Behörden und dass man sich nicht so recht verlassen kann, ob morgen die Zusagen von gestern noch eingehalten werden. Wir haben mittlerweile einige Probleme aus der Welt geschafft. Während unserer Planung und Umsetzung des geothermischen Kraftwerks in San Jacinto war die politische Gesetzgebung weder hilfreich noch hinderlich, die stattliche Ebene verhält sich eher indifferent."

Die Aussagen von Tom Ogryslo treffen das Kernproblem, für ein gedeihliches Wirtschaften ist ein verlässlicher und kalkulierbarer administrativer und politischer Rahmen unerlässlich und der ist nicht gegeben. Daneben tritt ein weiteres Problem. Keine der politischen Parteien erkennt die Energiefrage als eine zentrale und entwirft eine systematische Strategie. Damit spiegeln sie in etwa die Situation in der Gesellschaft wider. Bei einer spontanen Umfrage in Leon fanden wir lediglich zwei unter fünfzig, die von der Existenz des geothermischen Kraftwerks in der Nähe Leons wussten und zumindest mit der Technik der Geothermie etwas anzufangen wussten.

Anke Butscher / Clemens Krühler

(gekürzter Artikel aus: KOMMUNE 1/2006

Kommentar

von Ute Bartosch

Während des zweiwöchigen Aufenthaltes in Leon, in dem ich die Schülergruppe um Clemens Krühler begleitete, konnte ich vieles beobachten, das mich zunehmend beeindruckte.

Den Schülern wurde Verantwortung übertragen, denn das Produkt ihrer Arbeit war für den Einsatz im echten Leben vorgesehen. Z. B. mussten die Bohrungen auf den Trägergestellen so angebracht werden, dass die Solarmodule passgenau befestigt werden konnten. Die Elektrik musste stimmen, damit die Wasserpumpen im Brunnen der Bauern funktionierten: Die Schüler wussten, wofür und für wen sie arbeiteten, waren sie doch gleich am ersten Tag zu den Bauern gefahren, die als potentielle Abnehmer der Pumpen in Frage kamen.

Immer arbeiteten die Jugendlichen im Team. Sie hatten sich abzusprechen und zu koordinieren. Es entstanden zwei Gruppen, die sich mit der Arbeit draußen auf dem Feld und mit der Arbeit in der Firma Enicalsa abwechselten. Es kamen viele Kontakte zustande bei diesem vielfältigen Lernen. Die Schüler arbeiteten mit fremden nicaraguanischen Ingenieuren und Studenten zusammen. Der Kontakt zu den Bauern war freundschaftlich und partnerschaftlich. Sie legten gern Hand mit an und freuten sich mit der Gruppe aus Deutschland über den gemeinsamen Erfolg.

Notwendig waren Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. Da es wenig Werkzeuge und Hilfsmittel gab, wurde oft improvisiert - etwa beim Vorbereiten des Fundaments für das Standrohr, als der Beton mangels Mischeimers auf dem Erdboden mit alten Schaufeln zusammengerührt wurde. Im Hostal gab es meist ab mittags kein fließendes Wasser mehr – auch da hieß es, sich zu behelfen. Die hygienischen Bedingungen waren deutlich schlechter als zu Hause: Eine kleine Schürfwunde wurde zur Infektion. Das waren für die meisten Jugendlichen ungewohnte Umstände, die sie mit erstaunlicher Flexibilität bewältigt haben.

Durch gemeinsames Wohnen und Arbeiten sowie durch Strandbesuche, Vulkanbesteigungen und Feiern wurde das Zusammengehörigkeitsgefühl der Gruppe gestärkt. Missstimmungen, die es zwischendurch natürlich auch mal gab, lösten sich dadurch schnell wieder auf. Ebenso trug der vertrauensvolle Kontakt der Schüler zu ihrem Lehrer zu einer entspannten Atmosphäre bei.

Für mich zeigte sich hier Projektarbeit par excellence: Durch das Prinzip *learning by doing* wurden den Schülern Erlebnisse und Erfahrungen ermöglicht, die für einen ganzheitlichen und nachhaltigen Lerneffekt sorgen. Ich werde dieses Projekt in bester Erinnerung behalten, weil es mit der Freude und dem großen Engagement der Beteiligten sinnvolles Arbeiten und überzeugende Ergebnisse ermöglicht hat.

Fazit

Alle Systeme, die von Schülerinnen und Schülern der GS Blankenese und Studierenden der UNAN in den sechs gemeinsamen Projekten installiert worden sind, arbeiten bislang ohne große Probleme.[17] Die insgesamt 10 Pumpsysteme verfügen über 4,4 kW Solargeneratorleistung. Sie ersparen der Atmosphäre pro Jahr ca. 27500 kg CO_2, die beim Einsatz leistungsentsprechender Dieselgeneratoren erzeugt worden wären.[18] In den Trockenzeiten sind zusätzliche Ernten eingefahren worden. Der produktive Einsatz der Solarenergie erweist sich als unmittelbar existenzsichernd. Das Einkommen der betroffenen Bauern konnte gesteigert und die Ernährungssituation ihrer Familien verbessert werden. Die Produktivitätssteigerung stellt die Frage, wann und wieweit der Bauer die Finanzierung solcher Pumpsysteme übernehmen kann und auf die finanzielle Hilfe Dritter verzichten kann.

Das Projekt ist dynamisch und wirkt mobilisierend auf andere. Viele landwirtschaftliche Produzenten in Nicaragua sind auf unsere Arbeit aufmerksam geworden und zeigen lebhaftes Interesse. Die Projekte haben zur Etablierung regenerativer Energietechniken in Nicaragua beigetragen und zur Gründung einer Solartechnikfirma in Leon geführt; diese Firma ist inzwischen in Leon wichtiger Installateur für diverse photovoltaische Anwendungen und für uns ein weiterer Kooperationspartner: Sie übernimmt fällige Wartungs- und Reparaturarbeiten an den Anlagen.

Mehrere Bildungsinstitutionen sind in das Projekt integriert und bilden ein lockeres Netzwerk. Für die Leoner Universität ergeben sich moderne Inhalte, die in die bestehenden Ausbildungsgänge eingeordnet und gleichzeitig – von der Seite der Wissenschaft – für die Unterstützung und Entwicklung der Landwirtschaft genutzt werden. Die Gesamtschule Blankenese verfügt nunmehr durch ihre Projekte über ein großes Wissen in Fragen der solargestützten Feldbewässerung. Dieses Wissen ist Indiz für den hohen Ausbildungsgrad der eigenen Schüler. Jenen, die in die Projektreihe einbezogen wurden, konnte Physik innerhalb ambitionierter praktischer Aufgaben auf neuen Wegen interessant und anschaulich vermittelt werden. Fragen der zukünftigen Energieversorgung und des Klimaschutzes sind im Unterricht als globale Fragen erkannt und behandelt worden.

Wir haben neue Interessenten gewonnen. Es sind Bauern, die in erster Linie Vieh züchten und die den landwirtschaftlichen Anbau nur nachrangig betreiben. Jenen, deren Vieh durch das giftige Wasser des Rio Chiquito ernsthaft bedroht ist , gilt in den nächsten Jahren unsere verstärkte Aufmerksamkeit.

---

[17] Die bisherigen Projekteinsätze sind auf der Internetseite Hhttp://www.gsbl-hh.de/Schwerpunkte/Solarenergie.phpH ausführlich dokumentiert

[18] Zur Berechnung siehe den Projektbericht des Physik/Technik-Kurses 2004: Hhttp://www.gsbl-hh.de/Schwerpunkte/Solar/FeldbewNicara.phpH

Fotogalerie

Im Juni 2007 laden Bundespräsident Horst Köhler und die Deutsche Bundesstiftung Umwelt den Physik/Technik-Kurs 2006/07 der GS Blankenese zur „Woche der Umwelt“ nach Berlin ein. Die besten Institutionen und Unternehmen Deutschlands sind im Schloss Bellevue vertreten. Zu Besuch am Stand der GS Blankenese ist auch der Nobelpreisträger Muhammad Yunus (2. von links)

2007 wird die GS Blankenese auch Deutschland-Sieger im Wettbewerb "Kampf dem Klimawandel" von National Geographic und Vattenfall Europe. Auf europäischer Ebene belegt das Schülerteam der GS Blankenese mit seinem langjährigen Projekt "Solargestützte Feldbewässerung in Leon/Nicaragua" den zweiten Platz hinter Finnland. Insgesamt wurden für den Wettbewerb mehr als 1700 Beiträge aus Europa zum Klimaschutz eingereicht.

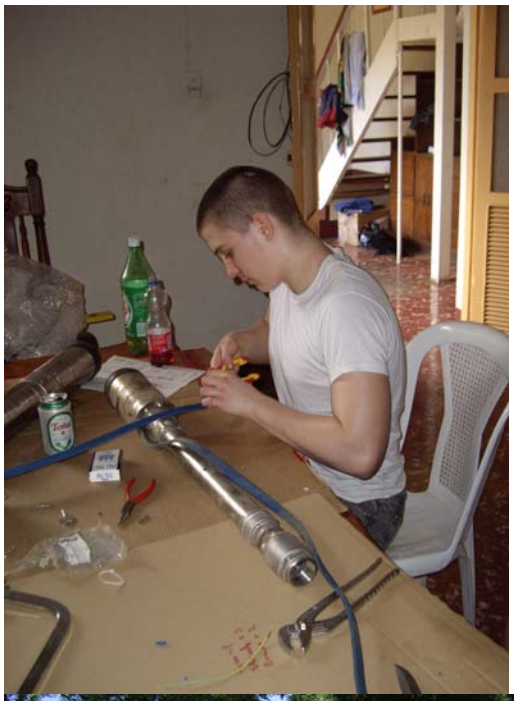
Während der Vorgängerkurs ausgezeichnet wird, steckt der Kurs 2007/2008 längst in seinen Vorbereitungen. Auf dem Dach der Schule bauen die Schüler eine Tragestruktur für die beiden Solargeneratoren auf.

Parallel entwickeln sie eine Versuchsanordnung, um die beiden unterschiedlichen Pumpen zu testen.

Auf dem Hinterhof der Solartechnikfirma Enicalsa bereiten Ute und Steffen die Trägergestelle für die beiden Solargeneratoren vor.

Nathalie, Jan und Douglas montieren die Module auf den Rahmen und verschalten die Module.

Der komplette Solargenerator für ein Pumpensystem ist fertig und wird abtransportiert (von links: Steffen, Timo, Sebastian, Clemens).



Vorbereiten des Motorkabels (Nathanael, links)
und
Herstellen einer wasserfesten Verbindung (Florian, rechts)

Finca Karla:
Ausschachtarbeiten für das Betonfundament.....

.... Verlegen der Wasserleitung....

Vorbereitung für das Tropfbewässerungssystem

Die Installation des Systems ist beendet.....

....Issak und Roberto ruhen sich aus.

Finca Ramon:
Links: Jan erledigt letzte mechanische Arbeiten am Solargenerator, im Vordergrund der Brunnen und die Pumpenhalterung.
Unten links: Das System nimmt Gestalt an.
Unten rechts: Markus senkt die Pumpe ab.

Erstmals Wasser!

Einweihung des Pumpsystems auf der Finca Ramon: Alle Viehzüchter, die in der Nähe des Rio Chiquito siedeln, sind anwesend.

Es gibt nicaraguanisches Essen ...

.... und nicaraguanische Musik.

Freizeit
Baden im Pazifik - Unterwegs mit dem Pick up - Abendessen im Jugendhotel - „Tarzan“ im Regenwald -

- Auf dem Vulkan „Cerro Negro“

Das Nord-Süd-Projekt „Agua es vida“

der Gesamtschule Blankenese ist Bestandteil des School to School-Programms ***EduaRD*** (Education and Renewable Energy and Development).

EduaRD ist eine Initiative der Gesamtschule Blankenese-Hamburg und des Ingenieurunternehmens Selected Electronic Technologies Wedel GmbH. Es verknüpft deutsche Schulen mit Schulen im Sonnengürtel der Erde. Ihr gemeinsames Ziel: Einsatz der Solartechnik.

EduaRD führt deutsche und ausländische Schüler und Schülerinnen zusammen. Entsprechend den Bedürfnissen der Partnerschule errichten sie nach einjähriger Vorbereitung eine Solarstromanlage in der Schule des Partnerlandes.

EduaRD zielt auf eine anwendungsorientierte Ausbildung in moderner, zukunftsfähiger Energietechnik. Das Programm bündelt die Themen Solarenergie und Entwicklung innerhalb der schulischen Ausbildung. Es kooperiert mit Firmen, um modernes Ingenieurswissen für den Unterricht bereit zu stellen.

Die Beschäftigung mit dem Thema „regenerative Energietechnik” gehört seit 1996 zum Curriculum der Gesamtschule Blankenese. Die verschiedenen Physikkurse des 11 Jahrgangs sind für ihre Aktivitäten „rund um die Solarenergie” im Herbst 2000 mit dem Deutschen Solarpreis, im Februar 2001 mit dem „Energy Globe Award“, 2002 mit dem Förderpreis Eine Welt der Nordelbischen Evangelischen Kirche und 2003 im Rahmen des FOCUS-Schülerwettbewerbs "Schule macht Zukunft" mit dem Sonderpreis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft ausgezeichnet worden. 2007 nimmt die GS Blankenese auf Einladung des Bundespräsidenten Horst Köhler und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt an der „Woche der Umwelt“ im Schloss Bellevue teil. Im selben Jahr wird die GS Blankenese Deutschland-Sieger im Wettbewerb "Kampf dem Klimawandel" von National Geographic und Vattenfall Europe.

Das Nord-Süd-Projekt „Agua es vida“ wurde unterstützt von:

HAMBURG AUF KLIMAKURS

Hamburger Klimaschutz-Fonds e.V.
www.klimaschutz.com/

Norddeutsche Stiftung für Umwelt und Entwicklung
www.nue-stiftung.de

Schmitz-Hille-Stiftung

Solarwerkstatt
Gesamtschule Blankenese e.V.

www.gsbl-hh.de/Schwerpunkte/Solarenergie.php