

Sonnenstrom

eine kurze Betrachtung der Photovoltaik und ihrer Anwendungsmöglichkeiten, Kosten und Nutzen auf Segelyachten



Fernab der Marinas mit Ihren stets präsenten Energietankstellen, vor Anker in der lauschigen Bucht oder auf See - schon eine Reise in das benachbarte Ausland zeigt häufig, das ein Aufladen der Verbraucherbatterien mit Problemen oder dem Starten des Motors behaftet sind.

Steht keine 'Stromtankstelle' zur Verfügung muss jedoch der Motor viele Stunden laufen, mehr als 10-15% ihrer Nennkapazität nehmen unsere Akkus pro Stunde nicht auf, und wer motort schon gerne 6-10 Stunden um den Verbrauch des Tages auszugleichen ?

Um zumindest einen Teil der benötigten Ladung zu erhalten, sieht man auch in unseren Breiten immer häufiger Solarmodule auf Yachten - selbst wir als fanatische Anhänger der Windgeneratorfraktion (siehe palstek 3/2002) haben im letzten Jahr

zwei Module installiert und berichten nachfolgend nicht nur über das wo und warum, sondern zunächst über das wie:

Strom aus Licht - Photovoltaik



Bereits 1839 beobachtete der Franzose Alexandre-Edmond Becquerel als erster den photoelektrischen Effekt, bei dem durch Lichteinstrahlung eine Spannung entsteht. Wie so oft eine Zufallsentdeckung: Er ging

eigentlich der Frage nach, weshalb manche Materialien bei Lichteinfall scheinbar Funken aussenden. Für die Entdeckung der Radioaktivität erhielt er 1903 zusammen mit Marie Curie und Pierre Curie den Nobelpreis für Physik.

Fast 80 Jahre später wurde 1883 die erste Solarzelle auf Basis von Selen durch den Amerikaner Charles Fritts hergestellt - mit einem Wirkungsgrad von knapp über 1% nicht überragend, aber doch ein erster Ansatz der Nutzung der solaren Energie.

Verstanden, was da eigentlich vor sich geht, hat dies Albert Einstein 1905, damals 26 Jahre alt. Er legte dar, das Licht einen Teilchenstrom aus Photonen darstellt und nicht (nur) eine Welle, diese Photonen aus der Atomstruktur Elektronen 'anschubsen' können und daher ein elektrischer Strom fließen kann. Nebenher schuf er so die Grundlage der Quantenmechanik. Für diese Arbeit erhielt Albert Einstein übrigens den Nobelpreis in Physik und nicht, wie oft fälschlich angenommen, für seine Relativitätstheorie.

Ihren Siegeszug traten Solarmodule mit der beginnenden Raumfahrt in den 60er Jahren an, da sie im Weltraum die Energieversorgung der Satelliten kontinuierlich ohne Rückstände oder Alterung aufrechterhalten können.

Ausgangsbasis

Silizium gilt hier nach wie vor als ideales Ausgangsmaterial für die industrielle Massenherstellung von Solarzellen: Das eigentlich nicht leitende Halbleitmetall

Silizium ist nach dem Sauerstoff das zweithäufigste Element der Erdoberfläche. Es findet sich in Mineralien wie Quarz (Sand), Feldspat, Glimmer oder dem Halbedelstein Turmalin. Etwa 90 % der Erdkruste bestehen aus Siliziumverbindungen. Glas wird aus Siliziumverbindungen (Quarzsand) hergestellt, weiter wird es als Sand für jedes Bauwerk benötigt, ebenso ist Silizium ein Hauptbestandteil von Silikon.

Die in den 50er Jahren aufkommende Halbleitertechnologie, bei der ein reiner, eigentlich isolierender Stoff durch gezieltes 'Impfen' mit Fremdatomen verunreinigt und dadurch leitend wird, führte 1954 in den Bell Telephone Labs zu den ersten Silizium-Solarzellen, wie wir sie auch heute noch antreffen, und kann als der 'Startschuss' der kommerziellen Nutzung der bereits seit 100 Jahren bekannten Photovoltaik betrachtet werden.

Herstellung einer Solarzelle

Um Strom aus Sonnenlicht zu erhalten ist allerdings etwas mehr Physik und Hochtechnologie notwendig, als gemeinhin angenommen wird. Die trotz millionenfacher Stückzahlen immer noch hohen Einstandspreise von Solarmodulen geben einen Hinweis auf die Komplexität des Herstellungsverfahrens.

Um die Leistung der Solarzellen von anfangs 1-6% auf heute übliche 16-18% Wirkungsgrad anzuheben, wird zunächst hochreines Silizium (99,999%) in einem aufwändigen Herstellungsprozess gewonnen. Möglichst reiner Quarzsand (SiO_2 : Kieselsäureanhydrit) wird

eingeschmolzen, so trennt man den Sauerstoff durch zufügen von Kohlenstoff vom Silizium. Das nun zu 98% reine Silizium wird gemahlen und in Salzsäure zu Trichlorsilan gelöst, destilliert und mit Wasserstoff zu reinem Silizium reduziert.

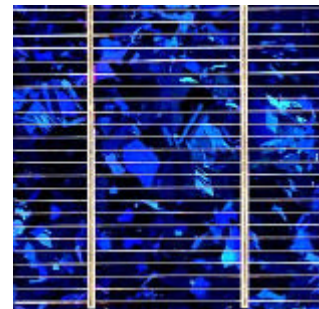
Ab hier unterscheidet sich der weitere Lebensweg der späteren Solarzelle:

Für monokristalline Zellen wird das Reinsilizium bei rund 1.400°C eingeschmolzen und ein monokristalliner Zylinder von 10-15cm Durchmesser und bis zu 1m Länge aus der Schmelze gezogen. Dieser Zylinder wird dann mit Diamantsägen in 0,3mm dünne Scheiben und in die spätere rechteckige Form gesägt. Das aufwändige Verfahren bringt die höchste Leistungsausbeute der späteren Solarzelle aufgrund der hohen Gleichmäßigkeit des Silizium-Kristallgitters, ist aber auch am teuersten. Monokristalline Solarzellen sind an der charakteristischen gleichmäßig dunkelblauen bis schwarzen Farbe erkennbar und haben heute einen Wirkungsgrad von 12-18%, bis 24% sind im Labor heute machbar.



Für polykristalline Zellen wird die Schmelze in einen Block gegossen, der dann ebenfalls in Zellen zersägt wird. Polykristalline Zellen sind an der schillernden Oberfläche, verursacht durch die

unterschiedlich angeordnete Kristallstruktur (und eben das ist der Grund für die geringere Leistungsausbeute), die während des Erkalts der Schmelze entsteht, leicht zu erkennen und haben heute 10-16% Wirkungsgrad.



Amorphe Zellen werden durch Aufdampfen von Reinsilizium auf ein geeignetes Trägermaterial hergestellt. Dieser kostengünstigste Weg der Herstellung bringt nur leider wenig Ertrag: Mehr als 4-8% sind heute noch nicht machbar. Amorphe Zellen sind daher nur in (teurer) Kleinserie vornehmlich auf hochflexiblen Modulen erhältlich und sind durch ihre bräunliche Oberflächenfärbung gut zu erkennen.

Bekanntes Beispiel sind die hochflexiblen Module des amerikanischen Herstellers Unisolar, die sogar zu einer Rolle einzuwickeln sind und sich so bei Nichtgebrauch gut stauen lassen.



Weitere Produktionsschritte der kristallinen Zellen beinhalten die Dotierung der Scheiben mit Phosphor und Bor (dazu mehr im folgenden Kapitel) und das Aufdampfen des charakteristischen Aluminiumgitters (der späteren 'Stromabnehmer') im Vakuum. Fehlt noch die Antireflexionsschicht aus Titandioxid - die glatte Siliziumoberfläche, eigentlich mattgrau, würde sonst fast 30% des eingestrahlenen Lichts wieder reflektieren - übrigens erhalten die Solarzellen dadurch ihre blaue Grundfarbe.

Die so entstandenen Solarzellen werden auf ein Trägermaterial in Reihen und Glied verlegt und elektrisch miteinander verbunden, man legt sie zwischen Glasplatten oder schweißt sie in Kunststoff ein, stellt eine wasserdichte Kontaktstelle nach aussen her - das Solarmodul ist endgültig fertig.

Etwas Physik

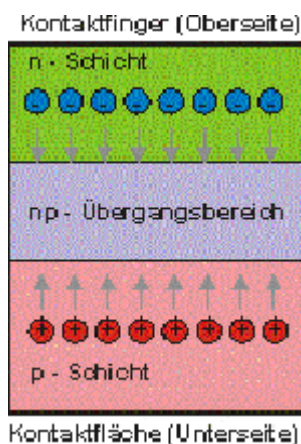
Wieso durch diese Anordnung elektrische Energie bei Sonneneinstrahlung entsteht, ist so simpel nicht.

Siliziumatome streben danach einen festen Verband mit 8 Elektronen in der Aussenschale zu erreichen, ein Oktett. Um dies zu erreichen, können sie z.B. von einem anderen Atom die benötigten Elektronen einbinden oder abgeben. Silizium hat nun 4 Elektronen in der Aussenschale, im Verbund umgibt sich jedes Atom mit 4 weiteren gleichwertigen Atomen. Hierdurch entsteht ein festes Kristallgitter, wegen seiner starren Struktur jedoch nicht leitend.

Nun wollen wir jedoch durch das Eindringen von Sonnenlicht, hier dessen Photonen, elektrische Energie produzieren.

Daher ist es notwendig, die Unterseite mit Boratomen gezielt zu 'verunreinigen' (dotieren), diese 300-600µm dicke Schicht ergibt den späteren Plus-Pol. Bor hat 3 Elektronen, also je eines zu wenig - es entstehen im Kristallverbund positive 'Löcher'. Die Oberseite der Zelle wird durch Diffusion mit Phosphoratomen mit 5 Elektronen dotiert, diese Seite mit den Kontaktfingern ergibt den späteren Minus-Pol (wegen des zusätzlichen freien Elektrons) und ist mit nur 1µm hauchdünn. Beide, sowohl die negativen Elektronen als auch die positiven 'Löcher' sind aufgrund der fehlenden Bindung an benachbarte Atome relativ beweglich. Ein n-Leiter ist leitfähig für Elektronen und nicht leitfähig für Löcher. Ein p-Leiter hingegen ist ein Leiter für Löcher, aber ein Nichtleiter für Elektronen.

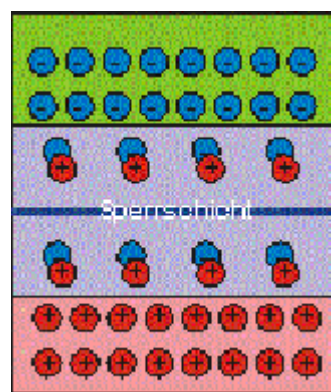
Unsere Solarzelle sieht im Schnitt nun so aus:



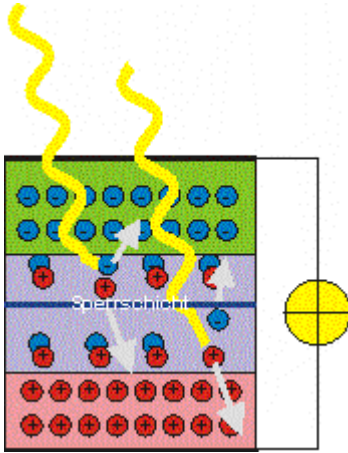
An der Übergangsschicht zwischen n- und p-Schicht diffundieren nun die positiven Löcher in die n-Schicht und die negativen

Elektronen in die p-Schicht: es entsteht eine von frei beweglichen Ladungsträgern verarmte Raumladungszone. Durch diese Verschiebung hat das n-Gebiet positive, das p-Gebiet negative Raumladung, der p-n Übergang wird zur Sperrschicht.

Ein Elektron, das den np-Übergang erreicht, kann nur in den n-Leiter wechseln, das positive Loch hingegen hat hier keine Chance, da der n-Halbleiter allein für Elektronen leitfähig ist und kann sich nur durch den p-Leiter bewegen - und umgekehrt.



Der Bereich dieser Raumladung ist nun der eigentliche "Motor" der Solarzelle. Treffen nun Lichtphotonen in die Raumladungszone, so "wirft" es ein negatives Elektron aus dem positiven Loch, die Ladungen werden getrennt.



Die beweglichen Ladungen werden infolge des elektrischen Feldes durch den pn-Übergang getrennt: Das Elektron wandert zum n-Leiter, dieser wird zum Minus-Pol. Das Loch wandert zum p-Leiter, der den Plus-Pol bildet. Wird ein elektrischer Verbraucher an die Kontakte abnehmer angeschlossen, so wird ein elektrischer Stromkreis geschlossen. Es fließt Strom, und die Erzeugung von Elektronen-Loch-Paaren kann weiter gehen.

An den aufgebracht Metallkontakten entsteht eine Spannung von ca. 0,5 V, die an einem Verbraucher zugeführt werden kann. Das erklärt auch, weshalb viele Zellen in Reihe geschaltet werden müssen, um eine Batterie von 12V überhaupt laden zu können. Meist finden wir heute Module mit 36 Zellen, die eine Leerlaufspannung von rund 17V aufweisen.

Nur der Vollständigkeit halber: Die Photonen verschwinden nicht; bei der Rekombination der Elektronen-Loch-Paare entsteht wiederum ein Photon.

Die Umwelt

Natürlich darf nicht verschwiegen werden, das zur Herstellung eines Solarmoduls Energie und Rohstoffe benötigt werden. Nichtsdestotrotz sind Solarmodule eines der wenigen Produkte, die eine positive Ökobilanz erwirtschaften: Nach bereits 2-6 Jahren, je nach Modultyp, haben Sie die zur Herstellung benötigte Energie wieder hereingeholt - bei einer Lebensdauer von 20-30 Jahren ein ökologisches Argument !

Energieausbeute

Welchen Ertrag können wir denn nun von einem Solarmodul erwarten ?

Nehmen wir ein hochwertiges polykristallines Modul, das mit 36 Zellen bei 25°C Modultemperatur und 1.000W/m² Einstrahlung 52Wp (Watt peak = Spitzenleistung) erzielen kann. Das wären pro 24h sehr theoretisch 1.248Wh bei 12V. Nun haben wir die Hälfte des Tages Nacht, bleiben 50% oder 624 Wh. Oft verschleiern Wolken die Sonne oder es regnet, ziehen wir wiederum 50% ab, verbleiben 312Wh. Durch den schrägen Lichteinfall bei nicht ständig nachgeführten Modulen verlieren wir wieder Leistung, wieder die Hälfte - verbleiben rund 160Wh bei 12V oder rund 13Ah pro Modul und Tag, zugegebenermaßen sehr pessimistisch gerechnet. Erfahrungsgemäß können wir in unseren Breiten als Tagesausbeute rund 4xWp kalkulieren, im Mittelmeer 5xWp, was hier im Norden für das besprochene Modul runde 200Wh oder 16 Ah Ertrag ergibt (am Äquator

wäre er übrigens rund doppelt so hoch wie bei uns).

Bedarf und Wirklichkeit

Es ist also leicht auszurechnen, dass der durchschnittliche Fahrtensegler mit 80Ah Tagesbedarf 5 derartiger Module 'spazierenfahren' muss, um eben diesen abzudecken. Dies ist auch ohne Berücksichtigung der damit verbundenen Kosten schon ob des Platzbedarfes im allgemeinen nicht zu realisieren.

Also was ist realistisch ? Wir selbst haben beispielsweise auf unserem Schiff, einer Trewe 44, 2 Verbraucherbatterien á 88Ah, die am Ende des zweiten Tages ebenfalls am Ende sein dürften. Rechnen wir einen dritten Tag vor Anker als wünschenswert, so müssten die Solarmodule 40Ah oder 480Wh pro Tag nachladen - also entweder 2 Module á 60Wp oder 3 Module á 40Wp.

So theoretisch diese Beispielrechnung auch sein mag (keine Batterie lässt sich zu 100% laden oder entladen), so zeigt sie doch deutlich, dass neben der sinnvollen Erhaltungsladung nur grosse Flächen und Investitionen, das Verlegen des Schiffes ins Mittelmeer und südlicher - oder aber eiserner Sparwille beim Stromverbrauch - den Traum von der Autarkie durch Solarstrom erfüllen können.

Projekt 'Solardach'

Wie eingangs versprochen hier nach der grauen Theorie unsere eigenen Erfahrungen mit der Solarenergie. Ausgangspunkt ist das eben besprochene

durchschnittliche Fahrtenschiff mit 2 Verbraucherbatterien á 88Ah, einem Kühlfach, Elektronik von Lot und Logge bis zum Radar, Seefunkempfänger, ab und an läuft der Laptop und viel Beleuchtungsbedarf wegen des Lesehüners von Frau, Töchtern und Skipper. Der durchschnittliche Verbrauch beträgt bei uns die angesprochenen 80Ah pro Etmal und liess sich durch den bereits vor 10 Jahren installierten Windgenerator in geschützten Ankerbuchten oder ruhigen Anlegestellen schlicht wegen Windmangels nicht vollständig decken - hat er doch nur 100W Spitzenleistung bei 8 Beaufort (Ampair 100). Mehr als 2Ah sind da im Mittel nicht zu erzielen, macht 48Ah pro Tag - allerdings ist der Ampair sehr lafruhig und war daher unsere erste Wahl. Die resultierende Deckungslücke von rund 32Ah sollten 2 Solarmodule von je 36Wp abfangen - kalkulatorisch mit gesamt 24Ah zu erwartendem Ertrag zwar etwas knapp, aber das Budget und der Platz ließen vorerst nichts Größeres zu. Ein grosser Vorteil von Solarmodulen ist allerdings die einfache Erweiterbarkeit bestehender Installationen: Es werden schlicht einfach zusätzliche Module aufgeschaltet.

Eigenarten

Nun gibt es eine Reihe von Do's und Don'ts bei der Auswahl und Montage von Solarmodulen zu berücksichtigen:

► Abschattungen

Wichtigster Punkt ist ein Aufstellungsort mit möglichst wenig Abschattung, auf einem Motorboot mag das weniger problematisch sein. Das Problem ist

bekannt: Wird die Lichteinwirkung einzelner Zellen durch Schatten beeinträchtigt, so wird die Leistungsfähigkeit des Solar-Moduls auf den Wert reduziert, den die am schwächsten beleuchtete Solarzelle liefert.

Dieses "Lichterketten-Syndrom" wird häufig durch zwischengeschaltete Bypass - Dioden versucht zu umgehen. Eine zwar werblich hochgelobte Lösung, die allerdings nur bei Anlagen mit 100 Volt (oder mehr) Spannung die versprochene Wirkung zeigt.

Im maritimen Bereich arbeiten die Solar-Module jedoch mit 12 oder (selten) 24 Volt. Werden nur wenige Zellen teilweise beschattet, so fällt die Spannung des Moduls um bis zu 30% und damit unter die notwendige Ladespannung der Batterie, was wiederum dazu führt, daß die vom Modul gelieferte Energie nicht mehr aufgenommen werden kann. Auch wenn nur eine Zelle des Moduls abgeschattet wird, entsteht eine unangenehme Kettenreaktion: Das gesamte Modul liefert dann nur noch soviel Leistung, wie die abgeschattete Zelle hergibt, im Extremfall nur noch 50%!

Solarmodule, die dieses Problem quasi mit zwei parallel geschalteten Modulen (2 x 36

Zellen) zumindest erheblich verringern, sind erhältlich.

► Temperatur

Die Temperatur der Moduloberfläche hat einen erheblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, jedoch nicht so dramatisch wie oftmals angenommen. Leistungsangaben von Solarmodulen sind immer auf 25°C Oberflächentemperatur bezogen, die in der Praxis aufgrund Sonneneinstrahlung und damit verbundener Einbringung von Wärme naturgegeben nicht realisierbar sind. So fällt die Leistung einer Zelle von 100% bei 25°C recht linear auf 88% bei 60°C Oberflächentemperatur, mithin 12% Verlust.

Die Hinterlüftung von Solarmodulen als Lösung hinkt leider: Der Energieertrag entstammt, wie im Kapitel 'Physik' beschrieben, vornehmlich aus der obersten nur 1µm starken Schicht just am pn-Übergang - und der heizt sich natürlich sofort und unmittelbar auf.

Dem entgegenzuwirken werden Solarmodule mit mehr als 36 Zellen angeboten: Bis zu 40 Stück wirken dem Energieverlust und Spannungsabfall entgegen, vornehmlich für warme Gefilde gedacht.

Nehmen Sie es pragmatisch und planen Ihre Solarmodule lieber möglichst abschattungsfrei, bruchstabil und statisch stabil - das Aufheizen der Zellenoberfläche können Sie nicht maßgeblich verringern.

► Reinigung

Solarmodule sind natürlich empfindliche gegen Sand, Staub und Umwelteinflüsse, die umgehend die Leistung herabsetzen - allerdings aufgrund ihrer glatten

Oberflächen ebenso schnell wieder problemlos gereinigt, im Idealfall reicht der im Norden allfällige Regenschauer. Zu vermeiden sind Reinigungszusätze aller Art, gerade die Haushaltsreiniger sind Gift für die Oberflächen und Abdichtungen - nehmen Sie schlicht klares Wasser.

► **Lebensdauer & Garantie**

Die Zellen der Module unterliegen prinzipiell keinem Verschleiß - jedenfalls nur einem sehr geringen. Die permanentem Photonenbeschuss ausgesetzten Flächen verlieren nur sehr langsam und nur wenig ihrer Leistungsfähigkeit, so sind Leistungsgarantien der Hersteller von bis zu 25 Jahren keine Seltenheit.

Wenn Sie, aus Kostengründen oder weil es halt passt, handelsübliche für Dachmontage konzipierte Glasmodule verwenden wollen, so denken Sie bitte daran dass die 'Herstellergarantie' nicht für den Einbau auf Booten, schon gar nicht im Salzwasser-Milieu, gilt. Die Hersteller für Yachtmodule gewähren hingegen in der Regel 5 Jahre Gewährleistung.

Montageort

Die Vorgehensweise bei der Planung wird von vielen Faktoren bestimmt:

► **Optik**

Wahrscheinlich mit das ausschlaggebendste Argument für die Auswahl der Solarmodule: Sie sollen sich möglichst störungsfrei in das Erscheinungsbild der Yacht integrieren lassen und werden deshalb auf Yachten oftmals auf Dach- oder Aufbau-

flächen aufgesetzt, wo sie möglichst wenig auffallen.

► **Begehbare glatte Flächen**

Eignen sich gut für die zwar teureren, aber dafür begehbaren Module mit Edelstahlrücken. Sie können aufgeklebt werden oder auch mit Ösen verschraubt auf Deck und Dach aufgebracht werden. Sie sind bis zu einer Durchbiegung von 3% (3cm auf einen Meter) biegsam und passen sich dem Dach- oder Decksaufbau so gut an. Die Oberfläche ist pyramidenförmig strukturiert und besteht aus einem nachgiebigen, klaren Kunststoff, der gut Halt gibt.



Trittsichere Module mit Ösen können zudem nach Bedarf an die Reling gehängt oder auf den Baum gelegt werden, erschütterungsfreiheit und Schutz vor Durchbiegen vorausgesetzt. Sie lassen sich zudem mit Drahtschlinge und Schloß zumindest vor Gelegenheitsdieben sichern.

Diese speziellen Yachtmodule sind wegen der geringeren Stückzahlen zwar teurer als die unten angesprochenen

Glas-Module, sind jedoch für den Betrieb auf Schiffen im Salzwasser ausgelegt und besitzen eine entsprechende Garantie.

► **Aufständigung**

Oftmals werden trotz der auch nicht kostenfreien Hilfsrahmen zumeist am Heck 2-4 Solarmodule waagrecht installiert, häufig in Form eines sogenannten 'Goal Post', also 'Überrollbügels', der zudem noch Träger für Radar und Windgenerator dienen kann, oder in den wärmeren Gewässern als Bimini.

Hier können, weil ausserhalb der Reichweite von sandigem Schuhwerk und fallenden Winskurbeln auch die preiswerteren glasabgedeckten Module aus der Haus-Solartechnik mit Alurahmen genutzt werden.

Diese Module müssen konstruktiv unterstützt werden, um ein Durchbiegen des Moduls und nachfolgendes Brechen des Glaskörpers zu vermeiden - unnötig zu erwähnen, das Punktbelastungen ebenfalls zu vermeiden sind.



Installation

Da bei uns der Montageort, das feste Dach, bereits feststand und für diesen Anwendungszweck wegen der notwendigen

Begehbarkeit nur trittfeste Module in Frage kamen, haben wir zwei SunWare-Module á 36Wp, wie aus obigem Bild ersichtlich, quer auf unser festes Dach geklebt.

Die eigentliche Montage ist relativ einfach: Zunächst legt man die Panele einfach auf das Dach auf, richtet diese aus optischen Gründen möglichst genau in Längs- und Querachse aus. Wir haben uns zum einen nach den Maßen des Daches gerichtet und eine spätere Erweiterung der Solarfläche (bei unserem Dach möglich) einbezogen. Die endültige Lage der Panele wird mit einem Bleistift nachgezogen, die Lage der Anschlusskabel ebenfalls markiert.

Hier ist es bei aufgeklebten Modulen wichtig darauf zu achten, dass die Leitungen ja nach unten geführt werden müssen und unter der Durchführung möglichst kein Spant oder gar eine Stromleitung liegt.

Nun das Panel abnehmen und an der späteren Durchführung ein Führungsloch bohren. Die eigentliche Durchführung, da zwei Module mit zwei Leitungen nach unten geführt werden müssen, haben wir mit einem Schälbohrer elliptisch aufgeweitet. Die Abdeckung nach oben wurde durch eine muschelförmige Edelstahlblende, erhältlich beim Schiffsausrüster, später optisch verkleidet.

Für die Verklebung kann man jeden dauerelastischen Klebstoff nehmen, unsere Wahl fiel auf Sikaflex. Das die Oberfläche staub- und fettfrei sein muss, versteht sich. Die Umriss der Panele wurde, eines nach dem anderen, in Schlangenlinien mit

schönen Sikawürstchen versehen und mit dem Zahnpachtel flächig verteilt, damit später keine Erhebungen die Trittsicherheit negativ beeinflussen.

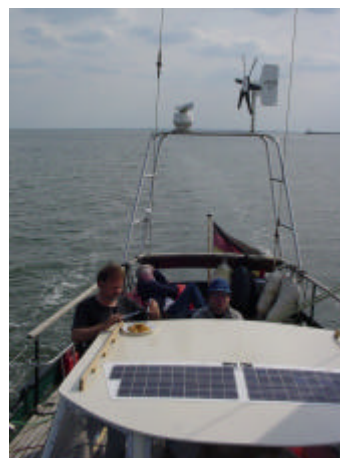
Nun noch die Leitungen durchs Dach geführt, obige Zierblende aufgesetzt - habe fertig. Fast.

► Strippenziehen

Das nächste Vergnügen ist das Verlegen der Leitungen zum Regler und nachfolgend den Batterien - deutlich mehr Arbeit als das eigentliche Montieren der Panele.

Die Leitung sollte einen möglichst grossen Querschnitt aufweisen, das Mantelmaterial unempfindlich gegen Öle und kerbzäh (schnittfest) sein, um hier nicht nach Jahren unliebsame Überraschungen zu erleben.

Zunächst will ein Weg unter Deck Richtung Batteriekasten gefunden sein. Wir haben die beiden Leitungen direkt unterhalb des Dachdurchganges miteinander verbunden und in einer (neuen) Leitung weiter durch das Deck in den Motorraum, wo auch die Batterien eingehaust wohnen, mit viel Akrobatik ob der vielen Verkleidungen und Abschottungen ohne weitere Unterbrechung legen können.



► Regelung

Der Regler gehört so dicht wie möglich in Batterienähe. Er misst nämlich intermittierend bei gleichzeitiger Ladestromunterbrechung die Spannung und sollte nicht durch lange Leitungen oder viele Verbinder mit Übergangswiderständen irritiert werden.

Ein Standardregler, gegen wenige Euros beim Ausrüster erhältlich, macht nämlich einfach bei Erreichen der (oftmals zumindest nach Gel- oder Bleiakku einzustellenden) Ladeschlussspannung einfach zu, ohne dass die Batterie wirklich voll wird, zudem findet bereits bei kleinen Abschattungen des Solarmoduls aufgrund der fallenden Modulspannung faktisch keine Ladung mehr statt.



Bessere Regler arbeiten 3stufig, haben also bereits eine Ladekennlinie, Überladungsschutz und gar zwei Ausgänge. Hier gibt es sogar recht ansehnliche Einbauregler mit Strom- und Spannungsanzeige im Display zum Einbau in das Schaltpanel.



Aktuelle MPP-Regler (Maximum-Power-Point) verfügen zu meist über eine IUOU-Ladekennlinie, haben zwei Ausgänge, Überladungsschutz und einen Anschluß für einen Temperatursensor - bei Batterien im Motorraum oder in heißeren Gegenden dieser Welt eine sinnvolle Option.



Das namensgebende MPP-Verfahren besteht in der gleitenden Anpassung von Strom und Spannung - bei zB bewölktem Himmel kann die Modulspannung so gering sein, dass eine Batterie nicht mehr geladen wird. Der MPP-Regler passt nun die Spannung (Volt) in diesem Fall zu Lasten des Stroms

(Ampère) an - voilà, es wird geladen, den die Batteriespannung muss zum Laden überstiegen werden. Die Ladestromzunahme beträgt gegenüber herkömmlichen Reglern um 10% bis 30% - sagen die Hersteller.

Das wollten wir doch mal überprüfen ! Zudem sind die Preisunterschiede nicht so gravierend, also gekauft und eingebaut.

Die Installation ist simpel: Einfach die beiden Leitungen vom Solarmodul an den Eingang des Reglers anschließen, die zwei Ausgänge mit den Batteriebänken verbinden - das war es. Die einwandfreie Funktion zeigen alle besseren Regler durch Leuchtdioden an.

Unsere Erfahrungen

Die Solarmodule tragen nun seit einer Saison zum ausgeglichenen Energiehaushalt unseres Schiffes bei - erheblich, können wir feststellen. Zwischen 2Ah und 4Ah sind meßbar, je nach Sonneneinstrahlung. Der MPP-Regler verschafft uns auch bei bedecktem Himmel immer noch ein Ampérenchen, immerhin.

In den längeren Liegezeiten des Schiffes reicht die Solarversorgung locker dazu aus, die Batterien immer voll zu halten - eine Voraussetzung für deren langjährige Nutzung. In unserem Heimathafen ein Vorteil, lassen wir doch unser Schiff winters im Wasser, wo der Strom aus Sicherheitsgründen abgestellt wird.

Die angegebene Trittsicherheit, für uns ein Muss, ist gegeben. Die Oberfläche der Module ist sogar rutschfester als die

umgebene, lackierte Fläche. Durch die Montage auf dem Dach 'trägt' das Solarmodul zudem nicht optisch auf.

Die Montage auf dem Kajütdach zeigt leider, nicht unerwartet, ihre Schattenseiten aufgrund des denselben werfenden Baumes.



Kuschelige, aber windarme Liegeplätze wie hier in einem Fluß in Polen sind ohne erreichbaren Landanschluß nun zumindest für 2-3 Tage machbar, und das mit laufendem Kühlschrank. Haben wir zudem noch Wind, beispielsweise vor Anker, sind wir nun endlich völlig autark, was die Energieversorgung angeht.

Die alleinige Stromversorgung durch Solarzellen wird durch mangelnden Platz und, bei uns im Norden, nicht sichere Sonneneinstrahlung doch arg beeinträchtigt. Wir überlegen noch, ob später einmal zwei weitere Solarmodule ihr Plätzchen bei uns an Bord finden könnten - auf dem Dach wäre noch Platz.

Insgesamt scheint uns in Abwägung von Kosten und Nutzen jedoch die Kombination eines leisen, dann prinzipbedingt jedoch

relativ schwachen Windgenerators mit der Koppellung von solarer Energie das Idealrezept für die autarke Fahrtenyacht in unseren Breiten darzustellen - im Süden mag das anders aussehen.