

# ENERGIEVERSORGUNG AUF YACHTEN

In den letzten vier Folgen dieser Serie haben wir die Verbraucher und Energieerzeuger analysiert - in dieser Folge beantworten wir ein paar FAQs – häufig gestellte Fragen.

Text: und Fotos: Mag. Michael Köhler

## Die Batterie:

Unser Stromtank an Bord – Blei-Säure, AGM, Gel, Traktion, Lithium-Polymer, Lithium-Eisenphosphat – was ist das Beste? Die Meinungen der Blauwasser-Segler, die jahrelange Erfahrungen in der Praxis gesammelt haben, sind sehr unterschiedlich. Nach unzähligen Gesprächen mit Seglern kann ich folgendes Ergebnis herausfiltern. Entscheidend ist die Ladecharakteristik (immer vollladen, aber nicht überladen) sowie die Verbrauchsdisziplin – nicht tiefentladen. Dann halten auch Säurebatterien über Jahre. Die Gel-Batterien vertragen eine Tiefentladung eher, halten durchschnittlich länger – sind viel teurer. Ob sich der Mehrpreis rechnet? Kommt auf die Temperatur an! Doch dazu später.

Fakt ist, je größer die Batteriekapazität, desto schonender ist es für jede einzelne Batterie. Eine Batterie, die fünf Stunden lang einen Strom von 20 A liefert und danach noch mindestens 10,2 V hat, kann der Hersteller nach Din Norm 43539 als 100 Ah Batterie verkaufen. In der Praxis können wir einer neuen Batterie – ohne sie durch Tiefentladung dauerhaft zu schädigen – ca. 50 – 60 % ihrer Nennkapazität entnehmen. Danach sollte sie wieder aufgeladen werden. Wenn sie 100 Ah pro Tag entnehmen, dann belasten sie eine 200 Ah Batteriebank täglich bis an ihre Leistungsgrenze. Für eine 400 Ah Batteriebank wäre es schon viel schonender. Auch beim Nachladen. Wenn Sie einer Batterie 100 Ah entnehmen, müssen Sie 120 Ah nachladen, damit sie gleich voll ist wie vorher. Die 20 % mehr gehen dafür auf, die Batterie zu erwärmen und Wasser in seine Bestandteile zu zerlegen.

Auf unseren Booten verwenden wir fast ausschließlich Blei-Säure-Batterien – sie unterscheiden sich lediglich, ob die Säure in flüssiger (offen) oder in gebundener Form (als Gel oder

in AGM –absorbed glass mats) vorkommt. Trockenbatterien (NiCd, NiMh) wären für viele Anwendungen vernünftiger, werden aber leider nicht entsprechend angeboten.

Die Höhe des Ladestroms ist abhängig von der Art der Batterie (Säure, Gel, AGM), der Temperatur und der Kapazität der Batterie. Früher wurde nur mit einem Ladestrom in Höhe von 10% der Batteriekapazität geladen. Mit modernen Ladegeräten, die strom- und spannungsgeregelt sind, kann mit einem Ladestrom von maximal 25 % der Batteriekapazität geladen werden (Gelbatterien auch darüber). Eine 200 Ah. Batterie sollten sie mit nicht mehr als 50 A laden. Wenn Sie also 100 Ah entnommen haben, müsste ihr Motor theoretisch ca. zweieinhalb Stunden laufen, um die Batterie wieder voll zu laden. In der Praxis sind es über vier Stunden, weil der Laderegler viel früher schon abregelt und weil die oben beschriebenen 80 % Wirkungsgrad nur im mittleren Kapazitätsbereich (ca. von 40 – 80 % geladen) stimmen. Darüber und darunter ist der Wirkungsgrad weit schlechter. Zurück zu unserem Beispiel – hätten Sie 400 Ah. Batteriekapazität, könnten sie mit 100 A. laden – nur noch (in der Praxis) ca. 1½ Stunden, um die verbrauchten 100 Ampere wieder in die Batterie zu laden.

Fakt ist auch, jede Batterie, egal wie groß, braucht einige Stunden um schonend von leer auf voll geladen zu werden. Mit hohem Strom wird die Batterie ca 80 % voll geladen, danach braucht sie noch ca. vier Stunden um mit geringem Strom (wenige Ampere) ganz voll geladen zu werden. Gerade diese Ladung ist verantwortlich dafür, dass ihre Batterie länger lebt. Eine Blei-Säure-Batterie immer zwischen 50 und 80 % zu halten fördert die Sulfatierung und verkürzt die Lebensdauer. Auch eine hohe Arbeitstemperatur beschleunigt die Alterung. Die vom Hersteller angegebene „Lebensdauer“ bezieht sich auf eine Temperatur

von 20 °C. Bei jeweils 8 °C Temperaturanstieg halbiert sich diese Zeit. In einer wärmeren Gegend und im Motorraum eingebaut ist es daher nicht verwunderlich wenn ein Batteriesatz nach drei Jahren deutlich an Kapazität verliert und ausgetauscht werden muss. Abhilfe: nicht im Motorraum, sondern an einem kühlen, gut belüfteten Platz. In den Tropen bei 40 °C hat sie nur noch 20 % ihrer Lebensdauer – auch die Gel-Batterie. Sehr sinnvoll sind „Batterieerfrischer“-Geräte, die an die Batterie angeschlossen einen pulsierenden Strom abgeben und damit einer Sulfatierung vorbeugen und die Lebensdauer deutlich erhöhen.

Neuere Batterietechnologien, wie Natrium-Nickelchlorid (Zebra-Batterie) die mit einer Betriebstemperatur von ca. 300 °C arbeitet oder Lithium-Polymer zeichnen sich vor allem durch ihr deutlich günstigeres Leistungsgewicht/höhere Leistungsdichte aus. Verglichen mit einer Blei-Säure-Batterie erhalten Sie aus der LiPo Batterie ungefähr die vierfache Energiemenge – bei gleichem Gewicht – aber ca. siebenfachen Preis. Tendenz stark fallend. Für unseren Solarkatamaran ebenso wie für die anderen E-Antriebs-Projekte verwenden wir LiFePO4 Akkus, leistungsstark, über 1000 Ladezyklen, „nur“ vierfacher Preis der Blei-Säure-Batterie. Auch Nickel-Cadmium und Nickel-Metallhydrid sind wesentlich langlebiger und damit unterm Strich billiger und umweltschonender als die Blei-Säure-Batterien – aber leider nur mit Insiderwissen erhältlich. (z. B. bei google: „EV1“ suchen oder [www.everspring.net](http://www.everspring.net)) Es steckt ähnlich wie bei anderen Dingen offenbar eine höhere Absicht dahinter. Aber das ist eine andere Geschichte.

Sinn machen diese neuen Technologien dann, wenn das Gewicht eine Rolle spielt und durch die Gewichtsersparnis ein kleinerer Motor oder weniger Akku-Kapazität ausreicht – oder

das Boot oder Auto einfach nur schneller wird. Vor allem bei Booten auf unseren heimischen Seen ein Thema.

Fazit für den Fahrtensegler: Bei Verdrängern mit herkömmlichem Dieselantrieb kommen die neuen „Leichtbatterien“ derzeit aus Kostengründen noch nicht in Frage. Die größere Temperaturunabhängigkeit und dadurch längere Lebensdauer sowie das geringere Gewicht wird, wenn die Preise weiter sinken, in Zukunft sicherlich so manchen Eigner zum Umdenken bewegen. Im Rennsport, bei Elektro-Motorbooten, Katamaranen oder solarbetriebenen Booten sind sie schon heute ein Thema. Für den klassischen Anwendungsfall – Einrumpf-Segelboot in unseren Breiten – sind derzeit AGM oder Gel-Batterien eine vernünftige Lösung. Eine ausreichend große Batteriebank, nicht tiefentladen und regelmäßig vollgeladen, macht auch nach Jahren noch immer Freude.

## Der Kabelquerschnitt

Bei Energieerzeugern ist es genau so wichtig wie bei den Verbrauchern, dass nicht Energie durch die Erwärmung der Kabel verloren geht. Die Formel ist ganz einfach:

Zweifache Kabellänge (für Plus und Minus) x Ampere: 56 (Leitfähigkeit von Kupfer) x Leitungsquerschnitt in mm<sup>2</sup> ergibt den Spannungsabfall in V. Was ist der Spannungsabfall? Das,

**1 MUSTIQUE, ST.VINCENT AND THE GRENADINES** im Herzen der Karibik. Eine paradiesische Ankerbucht direkt vor der berühmten Basil's Bar, in der man neben Brian Adams und Mick Jagger sitzen kann, wenn man Glück hat, schaut auch Tommy Hilfiger vorbei ...

was am Kabelende weniger in Volt rauskommt, weil sich das Kabel erwärmt. Bei Lampen und Elektronik würde ich max. 0,2 V tolerieren, bei Ankerwinch oder Bugstrahlruder auch ein bisschen mehr. Beim Solarpaneel sollte der Verlust möglichst gering sein, beim Windgenerator hingegen ist es egal, wenn er in Spitzenzeiten statt 30 A nur 27 lädt, da kann das Kabel an die Standardleistung (5 – 10 A) angepasst werden.

Beispiel: Solarpaneel, Zuleitung bis zur Batterie 10 m, 15 A maximale Leistung, 16 mm<sup>2</sup> Kabel :  $2 \times 10 \times 15 = 300 : (56 \times 16) = 0,34$  V Spannungsverlust – ziemlich viel, mit einem 25<sup>2</sup> Kabel sind es 0,21 V – das geht. Wäre das Kabel nur 4 m lang, würden  $2 \times 4 \times 15 = 120 : (56 \times 10) =$  auch 0,21 V ergeben – jedoch mit nur 10 mm<sup>2</sup> Kabeldurchmesser!

Noch ein Beispiel: Inverter 200 A max. Strom und 3 m 50<sup>2</sup> mm fingerdickes Kabel:

$2 \times 3 \times 200 = 1200 : (56 \times 50) = 0,42$  V d. h., – wenn unter hoher Last die Batteriespannung z. B. auf 12,2 V absinkt, kommen beim Inverter nur noch 11,8 V an – und die Unterspannungs-Sicherung löst aus. Lösung: kürzere Kabel. – Die Kabellänge errechnet sich natürlich ab der Batterie – und ab dieser sollte auch der Durchmesser stimmen! Machen Sie nicht den Fehler und rechnen nur ab der Schalttafel bis zum Verbraucher!

Der notwendige Kabeldurchmesser um einen Leistungsverlust zu verhindern muss natürlich unterschieden werden vom Mindest-Durchmesser, der in unseren Häusern vorgeschrieben ist, um eine übermäßige Kabelerwärmung bis hin zum Brand zu verhindern. Diese Werte liegen weit darunter und sollten auf einem Boot im Gleichstrombereich keine Anwendung finden. Würden wir 10 A über ein längeres 1,5 mm<sup>2</sup>-Kabel leiten, wären die Verluste enorm.

Ein Vorteil der LED-Technologie liegt somit auch in den geringen erforderlichen Kabeldurchmessern. Ich verwende überzählige NMEA-Kabel von Windanzeiger oder Echo, das reicht bei weitem für 0,3 Ampere! Für die Ankerwinch ist es oft sinnvoll eine eigene Batterie am Bug zu installieren und mit dünneren Lade-Kabeln zum Ladeverteiler zu gehen. Auch beim Kühlschrank ist eine ausreichende Dimensionierung sehr wichtig, weil beim Startvorgang des Kühl-Kompressors Ströme über 30 A fließen – bei zu dünnen Kabeln würde er bei nicht vollen Batterien schlecht oder gar nicht starten.

Fazit: Je länger das Kabel und je größer die Leistung bzw. der Strom in Ampere der übertragen werden soll, desto dicker muss das Kabel sein – im Zweifelsfall das nächst dickere verwenden.



1



2



3

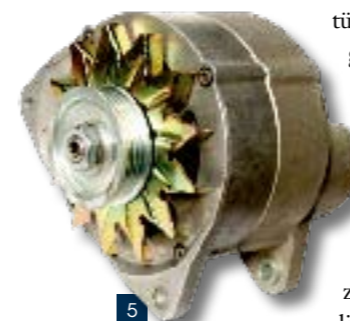


4

## Passt eine große LM zu meinem kleinen Motor?

Wenn Ihnen ein Fachmann sagt, eine 140 A LM sei viel zu groß für Ihren kleinen Motor, so hat er auf den ersten Blick Recht. Im Standgas liefert ein Motor nur sehr wenige PS, wenn Sie ihm mit einer starken LM 2-3 PS abverlangen und dann zusätzlich den Gang einlegen, kann es sein, dass er kein Gas annimmt, nicht auf eine höhere Drehzahl kommt, qualmt und fürchterlich ruckelt, wie ein Auto, bei dem Sie untertourig Gas geben. Zum Glück kann man sich aber mit einem Trick behelfen. Mit einem Schalter im Cockpit können Sie den Erregerstrom abschalten, quasi die Kupplung treten, so produziert die LM keinen Strom und der Motor läuft ohne Last. Wenn Sie nun entweder mit gedrücktem „Entkupplungs-Knopf“ am

Ganghebel die Drehzahl im Leerlauf erhöhen (weil Sie z. B. vor Anker laden wollen) oder einfach den Gang einlegen und zum Fahren weiter die Drehzahl des Motors erhöhen, dann steigt wie beim Auto auch die Leistung an und es steht genug Kraft zur Verfügung um die LM einzuschalten. Wenn der Motor längere Zeit gelaufen ist, die Batterien voll sind, die LM nur noch wenig lädt und damit dem Motor nur wenig Kraft entzieht, dann brauchen Sie die LM im Standgas nicht mehr auszuschalten. Die alte – schwächere LM – konnte im Standgas ja auch laufen. Ich habe seit drei Jahren eine 140 A LM mit externem Laderegler auf einem 9 PS-Einzylinder-Motor – Wenn ich die ganze Kraft des Motors brauche (z. B. bei einem Ankermanöver oder bei starkem Gegenwind) schalte ich die LM einfach ab. Ein Segelkamerad hat eine 280 A HTG-Lichtmaschine mit Ladekonverter von Fischer Panda an einem 27 PS-Motor – funktioniert bestens – aber natürlich nur mit dem Abschalten des Erregerstromes. Eine gängige und bewährte Praxis unter Blauwasserseglern.



5

## Kabelverbindungen

Verwenden Sie für Arbeiten an der Elektrik nur entsprechendes Werkzeug. Mindestausstattung: Abisolierzange, Krimpzange mit Ratsche (nicht die aus dem Baumarktset um 3 Euro!),

## Abschalten des Erregerstromes

Kann man das selbst machen? Mit ein bisschen handwerklichem Geschick – ja! 2-pol (2-adriges) Kabel von der LM zum Motorpaneel verlegen, an geeigneter Stelle neben dem Paneel einen einpoligen Ein-Aus-Schalter montieren, beide Adern anschließen. Da es nur um eine Unterbrechung geht, ist es egal welche an welchem Stecker. Bei der LM den Stecker für den Erregerstrom (Ind./61/D+) abziehen, mit der einen Ader des neuen Kabels verbinden (und gut isolieren) und die andere Ader stattdessen an der LM anschließen. So können Sie bei eingeschaltetem Schalter laden wie bisher und bei ausgeschaltetem Schalter läuft die LM leer mit ohne Energie zu produzieren. Nur notwendig bei einer großen LM ab 140 Amp auf einem kleinen Motor (unter ca. 30 PS – abhängig natürlich auch von der Auslegung des Propellers – wie viel Leistung noch frei verfügbar für die LM ist).

Neben dem Drehzahlmesser sind ein Schalter und eine Kontrolllampe montiert – so kann man vom Cockpit aus die Lichtmaschine ein- und ausschalten.



**1 DIE ZWEI WINDGENERATOREN** drehen sich trotz der 15 kt. Wind um ihre Achse, weil das Boot leicht in der Dünung schaukelt und erzeugen daher keinen Strom, machen aber Schatten für die beiden zwar drehbar, aber an der falschen Stelle montierten Solarpaneele.

**2 SELBST BEI EINEM GEGENWIND** von 25 kt. drehen sich die Windgeneratoren aufgrund der Schiffsbewegungen heftig um ihre Achse und erzeugen keine Energie.

**3 IN EINER ANKERBUCHT** stehen die Boote oft in verschiedene Richtungen, weil auch der Wind uneinheitlich ist, damit lässt sich kein Strom erzeugen, mit Solarpaneele hingegen schon!

**4 DIE PANEELE** sind fast immer in der Sonne, schwenkbar montiert, und das Dinghy darunter hat Schatten – eine gute Lösung.

**5 DIE HTG-DREHSTROMLICHTMASCHINE** von [www.fischerpanda.de](http://www.fischerpanda.de) mit einer Leistung von 3,2 KW ist eine der innovativen und praxisgerechten Lösungen dieses Unternehmens. Diese Lichtmaschine kann in den meisten Fällen einen Generator ersetzen.

# FISCHER-PANDA



1

Schrumpfschläuche, selbst verschweißendes Isolierband, gute Krimpverbinder/-stecker. Lassen Sie sich Zeit, machen Sie alle Verbindungen ordentlich und isolieren Sie sehr gründlich, vor allem im Außenbereich. Schlampiges Arbeiten rächt sich doppelt, weil die Verbindung korrodiert und Sie in Folge den Fehler suchen, finden und auch noch beheben müssen. Und wenn das Kabel nach dem Abschneiden zu kurz ist, wird es mühevoll ...

### Windgenerator versus Solarpaneel

Was ist nun besser, Windgenerator oder Solarpaneel? Ersterer braucht, wie schon ausführlich in den vorangegangenen Folgen beschrieben, gleichmäßigen, starken Wind. Haben Sie in Ihrem Revier durchschnittlich mehr als 15 Knoten Wind – vor Anker – auch nachts? Selbst in der Passatwindzone sind es nur wenige Tage im Jahr, an denen man hinter einem Riff, bezüglich Wind völlig ungeschützt, steht – weil es meist nicht angenehm ist. Es ist wellig, kalt, auch 30 °C mit 20 Kt Wind laden nicht zum Baden ein, die Brote weht es vom Teller und die Handtücher knattern im Wind. Deshalb steht man lieber in einer geschützten Bucht = kein Wind = kein Strom. Auch beim Segeln verringert sich die Leistung dramatisch, weil der Windgenerator durch die Schiffsbewegungen heftig schaukelt, daher den Wind nicht von vorne bekommen kann und nur mehr oder weniger „leer“ mitdreht. Es ist erschreckend wie wenig Strom er an einem ganzen Segeltag produziert. Das sieht man aber immer erst, wenn man einen Amperestundenzähler angeschlossen hat. Zum Baden – wie auch zum Übernachten fährt man am liebsten in eine geschützte Bucht = kein Strom.

Hätte ich das gleiche Geld, das ich für den Windgenerator ausgegeben habe (inkl. Kabel, Schalter, Sicherung, Halterung und Montage ca. € 2.000,-) in Solarpaneele (mit Halterung) investiert, dann wäre die Energieausbeute weit höher und ich ankere seit Jahren in der Passatwindzone, wo es angeblich Tag und Nacht immer Wind gibt. Aber eben nicht in der geschützten Bucht – die Sonne scheint aber auch dort ...

Solarpaneele sind immer geräuschlos, Windgeneratoren nur manchmal. Sie sind auch wartungsfrei – im Gegensatz zu Windgeneratoren (Lager und Rotorblätter verschleifen oder sie fallen total aus, weil Salz eindringt. Moderne Qualitäts-solarpaneele haben hingegen eine deutlich höhere Lebenserwartung. Windgeneratoren sind, wenn sie nicht entsprechend hoch montiert sind, sehr gefährlich. Warum sieht man auf fast allen Weltumseglerbooten dennoch Windgeneratoren? Einerseits, weil ihre Paneele oft im Schatten sind – kaum ein Hersteller weist darauf hin, dass selbst bei Teilabschattung die Energieausbeute gleich Null ist – und sie keinen Platz mehr für weitere Solarpaneele haben. Andererseits, weil kaum jemand die Mühe/Kosten auf sich nimmt, einen Messwiderstand (Shunt) in die Leitung des Windgenerators einzubauen um den kumu-

**1 PERFEKTE BEDINGUNGEN** für einen Windgenerator – hinter einem Riff in der Passatwindzone kann man an einem Tag bis zu 500 Ah damit erzeugen.

**2 DIESE WINDGENERATOREN** befinden sich genau in Kopfhöhe, wenn man nach achtern geht – das ist lebensgefährlich, die Rotorblätter drehen sich mit mehreren tausend U/min!

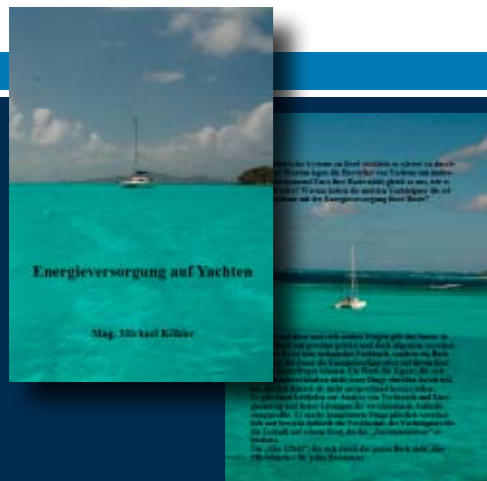
lierten Ertrag z. B. eines Tages oder einer Woche zu messen. Ich habe es gemacht. Vor Anker hinter einem Riff, bei gut 20 kt. Wind sind es ca. 240 Ah – bei mehr Wind hatten wir auch schon 500 Ah pro Tag! Wassermachen und Wäschewaschen ohne Ende! Aber macht das Ankern bei über 20 kt. wirklich Spaß? Wenn wir hingegen wochenlang in einer geschützten Bucht stehen, sind es gemessene 0 – 20 Ah pro Tag. Solarpaneele um gleich viel Geld bringen jeden Tag durchschnittlich 200 Ah. Wie bereits gesagt – wenn Sie Ihr Boot dauerhaft vor Kap Hoorn oder an einem Außenriff in der Passatwindzone verankern wollen, dann ist ein Windgenerator ergänzend sinnvoll, sonst bleiben Sie lieber nur beim Solarpaneel. Entscheidend für die Haltbarkeit ist die Versiegelung der Kanten gegen eindringende Feuchtigkeit. Seit fast 20.000 SM fahre ich Paneele von [www.energetica-pv.com](http://www.energetica-pv.com) aus Österreich auf meinem Heckträger durch die Weltmeere. Kein Leistungsverlust, keine Trübung der Abdeckfolie, keine Schäden trotz mehrfachen Sturmes über 100 Knoten.

Im letzten Teil der OCEAN7-Serie Energieversorgung auf Yachten ziehen wir die Schlüsse aus den voran gegangenen Folgen. Sie lernen die Lösungen und deren Kosten für die unterschiedlichen Verbrauchssituationen kennen – vom Wochenendsegler bis zum autarken Blauwasserboot. ★



4

AWN



Alle Folgen dieser Serie und noch mehr Details können Sie im Buch „Energieversorgung auf Yachten“ nachlesen.

Zu beziehen bei [www.michaelkohler.net](http://www.michaelkohler.net).

Der Autor gibt zu Fragen über Energieversorgung gerne Auskunft: [info@michaelkohler.net](mailto:info@michaelkohler.net)