

## **Energiebilanz Strom an Bord**

(Thomas Eulenberg S/V November)

Versuch einer Verbrauchs-Ladebilanz für unterschiedliche Ansprüche an die Lebensqualität an Bord

Bei der nachfolgenden Aufstellung sind folgende Begriffe angewandt worden, um die verschiedenen Szenarien zu beschreiben:

- Leistung (W bzw. KW)
- ED Einschaltdauer in % d.h. x Stunden von 24 Stunden/Tag läuft das Gerät.  
Beispiel:  
6 Stunden Betrieb am Tag bedeutet eine ED von 25% (6std/24std)
- Produktion/Speicherung/Verbrauch an Strom: Ah  
Beispiel Ein SM110 Solarmodul mit einer Nenn-Leistung von 110W hat einen Nennstrom von max. 6.3 A es produziert also in einer Stunde maximal 6 Ah Der reale Wirkungsgrad dieses Moduls wird allerdings wegen Abschattung, Temperatur der Solarmodule, Nachführung etc nur etwa 50-60 % der angegebenen Leistung betragen

Da alle Werte angenommenen Wert sind, ist nachfolgend auch „rund“ gerechnet, also schiessen Sie nicht auf den Chieff wegen fehlender Kommastellen und wer Rechenfehler findet, darf sie behalten. Es soll hier ja u.a. auch der Rechengang für eigene Überlegungen dargestellt werden.

## **Stromerzeuger**

Hauptmaschine mit

- Normaler Drehstrom-Generator 12V/50 A (600 W)
- LKW Drehstrom-Generator 12 V/100 A (1200W)
- Spezial-DrehstromGenerator 12V/150 A (1800W)
- Alle angegebenen Leistungen sind nur mit besonderen „intelligenten“ Reglern zu erreichen
- Diesel -Generator mit 3- 5 KW
- Solarzellen mit 50 –110 W/Stk
- Windgenerator (12W-360W bei 2-6 bft)

## **Stromspeicher**

- Blei Akku mit 100 Ah-200 Ah /Stk, wobei über die Art der Akkus weiter unten noch gesprochen wird.

## **Stromverbraucher**

Als Beispiele für Verbraucher sollen hier nachfolgend einige der am meisten an Bord verwendeten aufgeführt werden,

- Beleuchtung (10W-80W), ED 25%
- Navigationslichter (25W-60W), ED 50%
- Autopilot (12W-48W), ED 100%
- Kühlschrank ( 30-80 ltr.)( 36-72W), ED 30% (Europa) 70% (Tropen)

- Freezer (30-80 ltr.) (75-150 W) ED 20% (Europa) 60% (Tropen)
- GPS, Instrumente, 7,5 Ah/Tag
- Funk, 200W (100W Leistung 50% Wirkungsgrad) ED 5%
- Radar 35W ED 30%
- Laptop 25W ED 15%
- Waschmaschine 2 KW, ED 6%
- Werkzeuge (Schleifmaschine, Flex, Bohrmaschine) 600W, ED 5%
- Entsalzungsanlage 50 ltr/h 900W ED 5%

Es fällt vielleicht auf, dass an dieser Stelle als Energieverbraucher solche Brummer, wie Anlasser und Ankerwisch oder Elektrowischen nicht aufgeführt sind. Das liegt daran, dass diese zwar sehr viel Leistung brauchen, aber im „normalen“ Bordleben viel zu wenig gebraucht werden, um als Verbraucher wirklich ins Gewicht zu fallen. Ein Beispiel: der Anlasser eines Dieselmotors hat ca. 2 KW Leistung, d.h. bei 12V braucht er ca. 170 A, um den „Jockey“ anspringen zu lassen, das aber normalerweise nur für ca. 5 –10 Sekunden, damit wird die Batterie nur mit 0,5 Ah/Tag belastet. Es muss zwar kurzfristig viel Leistung zur Verfügung stehen, aber in der Tagesverbrauchsbilanz spielt das keine Rolle. Dasselbe gilt natürlich auch für die Ankerwisch oder die Elektrische Verholwisch oder das Bugstrahlruder. Als Vergleich dazu ein Kühlschrank von ca. 40-60ltr. in den Tropen, der mit ca. 50 Ah/Tag in die Bilanz eingeht.

Über die Einschaltdauer von Geräten kann man sicher auch lange reden, die angegebenen Werte stammen aus der Erfahrung mit Seglern, die ich auf Langfahrt getroffen habe und erheben natürlich keinen Anspruch auf absolute Richtigkeit. Diese Liste ist, wie alles an Bord nach oben offen und über die Einschaltdauer von Laptop, Radar oder Funkgerät etc. kann jeder für sich selbst entscheiden

Als Anhaltswerte für die nachfolgenden Betrachtungen reichen sie dennoch.

## Szenarien für Energiebilanzen

Die folgenden Aufstellungen sind so willkürlich, wie das Leben an Bord nun einmal ist. Wichtig für den Fahrtensegler ist es eigentlich, seinen Energieverbrauch an Bord mit den seemannschaftlichen Notwendigkeiten, dem eigenen Lebensstil und dem Wunsch nach Komfort in Einklang zu bringen. Allerdings soll hier eins nicht angesprochen werden, das Puristentum mit Petroleum, keiner „Engine“ und „alles von Hand“

Was kann das im Einzelnen bedeuten ?

Zur Seemannschaft gehört vielleicht alles, was mit Navigation, Autopilot und Instrumenten zu tun hat. Dabei wird der Energieverbrauch in erster Linie beim **Fahren** anfallen.

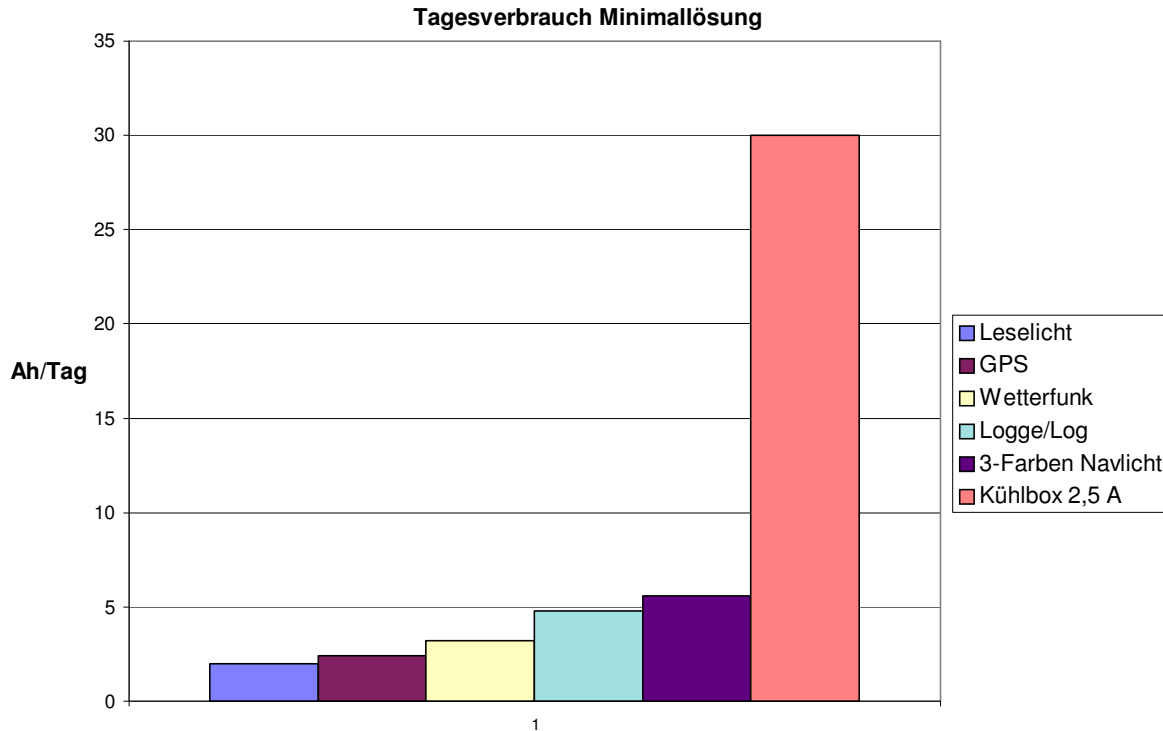
Eigener Lebensstil hat zum Beispiel etwas damit zu tun, ob man Lärm durch Generatoren am Ankerplatz liebt.

Komfort ist wohl die Menge an Eis oder eisgekühlten Getränken und das Waschen mit eigener Waschmaschine.

Nach meinen Erfahrungen wird der Energieverbrauch an Bord durch dieses Beziehungsdreieck bestimmt, wobei Seemannschaft bei niedrigem Komfort zum Beispiel bedeuten kann, nur die Nav-Lichter zu fahren, aber keinen Autopilot und kein Radar/Funk. Das ist energetisch günstig aber auch anstrengend. Oder man hat Eis zum Abwinken und wäscht jeden Tag die eigene Wäsche, dann muss man zwangsläufig Lärm in Kauf nehmen, weil dieser Lebensstil an Bord nur mit einem Zweitgenerator geschafft werden kann. Aber wo bewegt man sich mit welchem Energiekonzept? An Drei Beispielen soll der zu erwartende Energieverbrauch aufgezeigt werden und jeder kann damit versuchen, sich irgendwo darin wiederzufinden.

## Niedriger Energieverbrauch

- Segeln mit Windsteueranlage, Rundum-Navlicht, kein Radar, KW Radio für Wetter GPS, Log Echolot
- Kleiner 40 ltr Kühlschrank (ca. 30 W ED 50%)
- 1-2 5 W Leselampen



Wenn man das rechnet, dann kommt man auf einen Verbrauch von ca. 30 Ah Kühlschrank plus 2,5 Ah Licht plus 12 Ah Navigationsgeräte = 42,5 Ah/Tag. Selbst mit vielem Hin und Herrechnen (ich sehe schon die „Supersegler“) ergibt das einen „Spielraum“ von 40-50 Ah/Tag.

Nehmen wir einmal an, wir hätten zwei 100 Ah Batterien an Bord, von denen eine als Starterbatterie benutzt wird und damit zum normalen Energieanzapfen „tabu“ ist, dann wäre die andere Batterie nach 24 Stunden am Ende, wenn man dem allgemeinen „Batteriegesetz“ folgt, wonach aus einer Batterie nur ca. 50 % ihrer Kapazität zum Verbrauch wirklich genutzt werden kann. Selbst bei zwei Verbraucherbatterien müsste hier nach 2 Tagen schon nachgeladen werden.

Aber wie nachladen??

- **Hauptmaschine mit Generator**

Nehmen wir die oben genannten Werte, dann gibt dieses Szenario eine Motorlaufzeit/Tag von ca.

1 Std/Tag bei 50 A Ladestrom

0,5 Std/Tag bei 100 A

0,3 Std/Tag bei 150 A

wobei wahrscheinlich jeden dritten oder vierten Tag die Maschine länger laufen muss, da die Batterien von Zeit zu Zeit richtig „durchgeladen“ werden müssen.

- **Solarmodule**

Nehmen wir an, in den Tropen ist ein SM 110 Modul von 9:00 bis 16:00 richtig schön beschienen. Das könnte in 7 Std. ca. 40 Ah leisten, in der Realität aber (aus den o.a. Gründen) werden zwischen 25Ah und 30 Ah „geerntet“, also brauchten wir für diesen Fall schon mindestens 2 Solarmodule

- **Windgenerator**

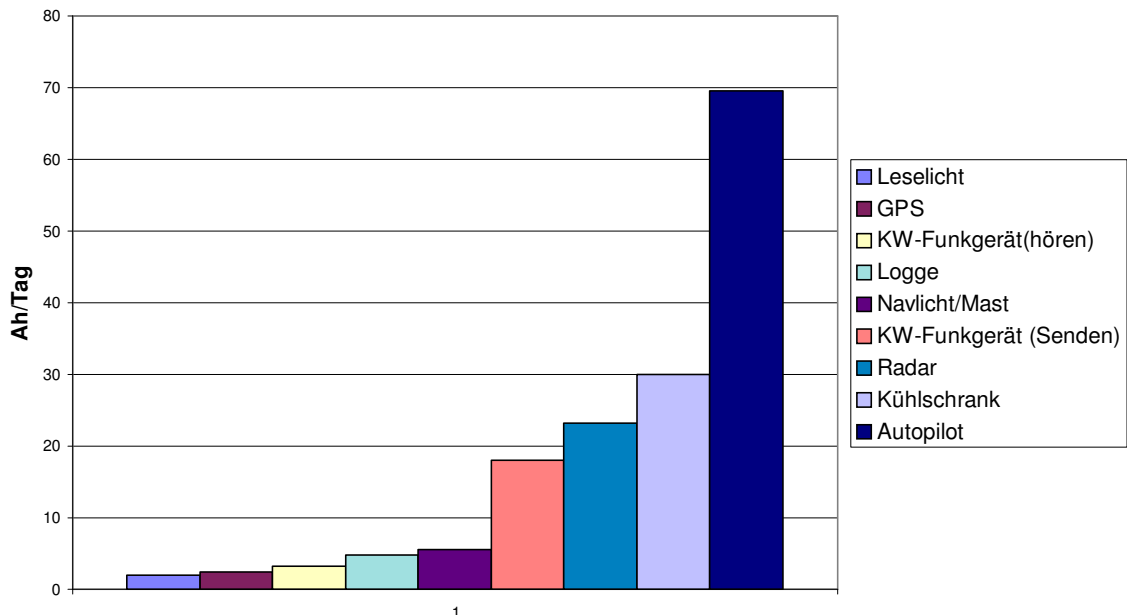
Nehmen wir an, man liegt im Passat vor Anker bei ca. 4 bft, dann gibt wohl ein guter Windgenerator so seine 3 A, d.h. ca. 75 Ah/Tag. Das wäre am unteren Limit für den Verbrauch. Das Problem ist nur, dass alternative Energien, wie Wind und Sonne von den Tagesbedingungen und natürlich auch vom Fahrtengebiet abhängen und einfach nicht zuverlässig genug sind, sodass man wohl klugerweise mit Abschlägen von 25-30% auf die im Prospekt angegebenen Werte (bei Wind) rechnen sollte, beziehungsweise mit „Nichtvorhandensein“ der Energiequelle wegen Wolken oder Flaute. Vor allem der Windgenerator ist bei Passatsegeln wegen der geringen Windgeschwindigkeit von 10-12 kts an Bord kein guter Energiebringer.

Bei diesem Beispiel fällt auf, wie sehr ein Kühlschrank die Bord-Energiebilanz belastet. Ohne ihn würde sich die Zeit zwischen den Ladeperioden vervierfachen.

## Mittlerer Energieverbrauch

- Segeln mit Autopilot, Navlicht, Radar, Funk, Instrumenten
- Kühlbox 80 ltr.
- Leselampen/ Pumpen/Dusche

Stromverbrauch/Tag für ein 42 ft Fahrtenboot



Das ergibt pro Tag ca. für Segeln summa summarum ca. 160 Ah/Tag

Oder bei Segeln mit Windsteuerung und unverändertem Rest 90 Ah/Tag

Da müssen also schon mindestens 400-500 Ah in Service-Batterien an Bord sein, wenn man für 24 Std Energie an Bord haben will.

Weiter nach obigem Beispiel

- **Hauptmaschine mit Generator**

3,5 Std/Tag bei 50 A Ladestrom

2Std/Tag bei 100 A

1,25 Std/Tag bei 150 A

- **Solarzellen**

Leistung in 7 Std. zwischen 25Ah und 30 Ah pro Zelle, also ca. 7 Solarzellen

- **Windgenerator**

Kann man hier alleine vergessen.

Vor Anker wäre die Rechnung so:

Kühlen 72 Ah, Licht, 12,5 Ah, Komfort (Funk-10Ah, Laptop,-10Ah, Radio-10 Ah) 30Ah  
115 Ah/Tag

bei 400-500 Ah an Service Batterien hat man dann 2 Tage Ruhe, bevor die Maschine angeworfen werden muss.

## **Energieverbrauch „aus der Vollen“**

Hierbei spielt das Segeln die untergeordnete Rolle, da zählt Komfort wie Waschmaschine, Freezer, grosser Kühlschrank etc. Nach dem obigen Schema kann man mal annehmen (nach Prinzip „Richterskala“ nach oben offen)

- Segeln (vor Anker mit Funk, e-mail, Laptop Telefon etc.)(120 W 50% ED)
- Grosser Kühlschrank 120 ltr. (60W 70% ED)
- Leselampen/ Pumpen/Sonstiges (50W 25%ED)
- Freezer (120W 60% ED)
- Wassermacher (1000W 6%ED)
- Waschmaschine (2000W 6%ED)

Dann liegen wir bei einem Verbrauch von

- Segeln 120 Ah
- Kühlen/Freezer 220 Ah
- Wassermacher 120 Ah
- Waschmaschine 240 Ah

insgesamt 700 Ah/Tag. Spätestens ab hier läuft nichts mehr ohne einen separaten Generator. Allerdings ergeben sich dann natürlich auch andere Aspekte, wie Antrieb bzw. Anschluss an 220 Volt für Waschmaschine/Kühlen/Klimagerät/Wassermacher und damit auch günstige 220V-Haushaltsgeräte. Dann ist auch ein Inverter drin und so weiter....

Welche Technik bei einem separaten Generator angewendet wird, :

-Gleichstrom-Generator mit Inverter und Batteriebank als Puffer

Wechselstromgenerator mit Ladegerät

ist eine andere Frage.

## **Schlussfolgerung**

Bei allen Szenarien ist es wohl unbedingt notwendig, dass an Bord

-eine gute Messung der Energiebilanz installiert ist, dafür kommen nur über Shunt messende Bilanzähler in Frage. Nur so hat man die Gewähr, an Bord mit der elektrischen Energie sparsam und vernünftig umzugehen.

-bei Ladung mit der Hauptmaschine nur ein Hochleistungsgenerator mit einem intelligenten Regler die nötigen hohen Ströme produzieren kann.

-bei Batterien vor allem die Fähigkeit, viel Strom in kurzer Zeit aufzunehmen, das wichtigste Kriterium ist, um zu kurzen Ladezeiten mit einem Generator zu kommen. Diese Eigenschaften sind bei Gel bzw. AGM-Batterien am besten vereint, aber auch sogenannte „deep cycle“-Batterien wie die klassischen „Golfcart“ Batterien sind hierzu gut geeignet. Benutzt man andere Batterietypen, dann muss man mit längeren Ladezeiten rechnen, da der Innenwiderstand dieser Batterien entscheidend höher ist und dazu führt, dass ein Hochleistungsgenerator seine Leistung an die Batterien nicht so gut abgeben kann.