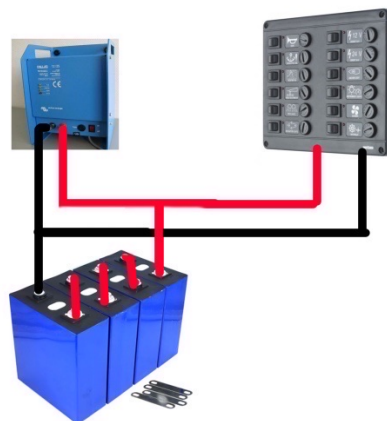


## Basis

Het basis schema voor een 12V accu is erg simpel. Plaats 4 cellen in serie (4s1p), knoop die aan een geschikte lader en gebruikers, zet wat schakelaars en zekeringen op de goede plekken (niet anders dan bij lood accu's) en klaar ben je. Het meest simpele schema bestaat uit:

- Accubank
- Walstroamlader
- Verbruikers

Merk op dat er geen verbinding is met andere laders (motor, startaccu, zonnepanelen, windmolen, etc.).



Eenvoudigste schema

Vaardigheden en kennis:

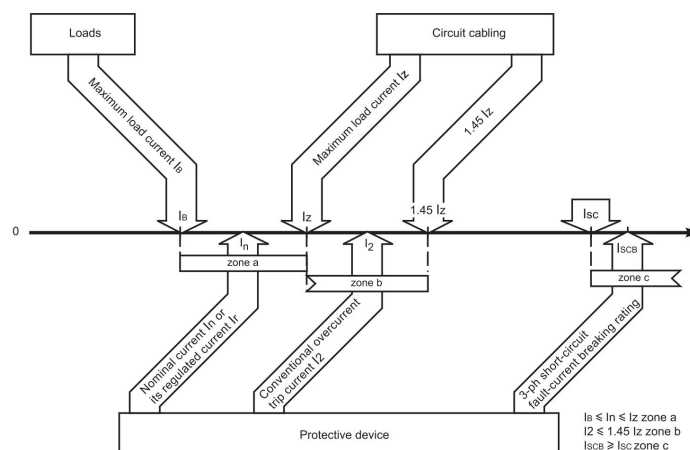
- Elektra aan boord:

- Afzekeren: waar en hoe

- <https://zeilersforum.nl/index.php/forum-hoofdmenu-37/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/595663-zekering-interrupt-ratings#1347326>
- <https://boathowto.com/electrics/fuses-circuit-breakers-on-boats/>
- [http://assets.bluesea.com/files/resources/reference/Quick\\_Guide\\_to\\_Blue\\_Sea\\_Systems\\_Fuses\\_and\\_Fuse\\_Holders.pdf](http://assets.bluesea.com/files/resources/reference/Quick_Guide_to_Blue_Sea_Systems_Fuses_and_Fuse_Holders.pdf)
- Calculator: <http://circuitwizard.bluesea.com>
- Zekeringen met dezelfde afschakel karakteristiek die in serie staan: verhouding tussen de nominale (lees verbreek) stromen moet tenminste 1:1.6 zijn opdat de kleinste als eerste afschakelt (selectiviteit).

- $I_b \leq I_n \leq I_z$  en  $I_2 \leq I_z$  waarbij

- $I_b$  = operationele stroom current van het circuit
- $I_n$  = maximale stroom zekering
- $I_z$  = maximale continu stroom van de geleiders (bedrading)
- $I_2$  = kortsluitstroom beveiligingswaarde
- Daar piekstroom van de bedrading 45% boven de continu stroom ligt, moet de kortsluitstroombeveiliging,  $I_2$ , afgaan bij 1.45 maal  $I_z$ .



- Thermisch: te hoge stroom sterkte
- Elektromagnetisch: bij kortsluitstroom
- Zekeringsschakelaars:

- $I_{cu}$  - ultimate breaking capacity. The breaker can break this fault current, but it may not be usable afterwards.
- $I_{cs}$  - service breaking capacity. As per  $I_{cu}$ , but the breaker remains usable.
- 32A,  $I_{cu}=10kA$ ,  $I_{cs} = 7.5kA$ : [https://www.amazon.nl/Circuit-Breaker-1pc-Laagspanning-Miniatuur-Breaker/dp/B08N1DT9DY/ref=sr\\_1\\_30?adgrpid=98541148746&gclid=CjwKCAiA9aQBhBREiwAyGP5IfG5A2Jzfa4MpaQABSSDyNkF-5dBVnw-lr1Xkv-DCpQwNvM5-BNj3hoCUvkQAvD\\_BwE&hvadid=424669862525&hvdev=c&hvlocphy=9065223&hvnetw=g&hvqmt=e&hvrand=4512851935586147096&hvtargid=kwd-104128443&hydadcr=20448\\_1971554&keywords=dc%2Bcircuit%2Bbreaker&qid=1644785077&sr=8-30&th=1](https://www.amazon.nl/Circuit-Breaker-1pc-Laagspanning-Miniatuur-Breaker/dp/B08N1DT9DY/ref=sr_1_30?adgrpid=98541148746&gclid=CjwKCAiA9aQBhBREiwAyGP5IfG5A2Jzfa4MpaQABSSDyNkF-5dBVnw-lr1Xkv-DCpQwNvM5-BNj3hoCUvkQAvD_BwE&hvadid=424669862525&hvdev=c&hvlocphy=9065223&hvnetw=g&hvqmt=e&hvrand=4512851935586147096&hvtargid=kwd-104128443&hydadcr=20448_1971554&keywords=dc%2Bcircuit%2Bbreaker&qid=1644785077&sr=8-30&th=1)

- Type 10 x 38mm: Tot 32A zijn gangbaar. Geen houders gevonden voor 50A DC zekeringen. beschikbaar.

- Kabel, busbars: soorten, dikten, derating

- Kleuren:

- Geel = DC-
- Rood = DC+
- Zwart = AC-Fase of DC- indien geen AC aanwezig.

- Bruin = AC-Fase
- Blauw, wit = AC-Neutraal
- Groen, groen-geel = PE
- 
- Materialen:
  - Aanboord geen kabels met vaste kern gebruiken, maar 'stranded'.
  - Weberpowertech 115mm: <https://nl.aliexpress.com/item/1005003756492228.html>
  - Flexibele busbar: <https://nl.aliexpress.com/item/1005002755728521.html>
  - 25mm<sup>2</sup> 70C 0.78Ohm/km rood: <https://www.elektramat.nl/dynamic-elflex-laskabel-1x25-mm-rood-per-meter-plas069124>
  - 25mm<sup>2</sup> 70C 0.78Ohm/km zwart: <https://www.elektramat.nl/dynamic-elflex-laskabel-1x25-mm-zwart-per-meter-plas069123>
  - 25mm<sup>2</sup> 70C ?: <https://www.accukabels.shop/25-mm2-accukabel-Hi-Flex>
- Aankrimpen:
  - Hoe: [https://youtu.be/bvQ5qMTy\\_os](https://youtu.be/bvQ5qMTy_os)
  - Materialen:
    - Marine cable: stranded en vertind.
    - Kabelschoenen:
      - Gemaakt van vertind koper
      - Goed merk Klauke.
      - Goed zijn ook: <https://www.sandervunderink.nl/cimco-perskabelschoen-6mm2-120mm2-per-stuk.html>
    - Krimpkousen:
      - Elektrische isolatie
      - Voorkomt corrosie; voorkomt vochtindringing
      - Beschermt tegen schavielen
      - Goede hebben lijm aan binnenzijde, maar maar ondergrond goed schoon zodat de lijm niet oplost.
  - Gereedschappen:
    - Kniptang:
      - 70mm<sup>2</sup> en dunner: <https://nl.aliexpress.com/item/4000167930715.html>
    - Hydraulische krimptang
      - Goede aankrimping
      - Typisch gebruik: voor grote maten
      - Kost veel tijd
      - YQK-70: okay voor 8-35mm<sup>2</sup>, meestal een mal maatje kleiner gebruiken dan aangegeven. [https://www.amazon.nl/dp/B00U81IPVC/ref=pe\\_28126711\\_487102941\\_TE\\_SCE\\_dp\\_1](https://www.amazon.nl/dp/B00U81IPVC/ref=pe_28126711_487102941_TE_SCE_dp_1)
    - Krimptang voor vele soorten:
      - Eenvoudige CNC gemaakte tang is het beste.
      - Gegoten tang: <https://nl.aliexpress.com/item/1005003538451006.html>
- Monteren:
  - Weerstand:
    - Zo laag mogelijk om warmte ontwikkeling te voorkomen.
    - Schuren en ontvetten
    - Geen ringen of moeren tussen pool en kabelschoen plaatsen
    - Pool, kabelschoenen, (veer)ring, moer. Geleiding van ring en moer is niet relevant(?).
  - Aandraai moment
- Bronnen:
  - Boek: Elektriciteit aanboord van Michael Herrmann
  - PDF: Wiring Unlimited van Victron Energy <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Wiring-Unlimited-EN.pdf>
  - Boordnet: [https://bds.home.xs4all.nl/info\\_artikel/06f\\_onderdelen\\_boordnet\\_info\\_20m-56;\\_58.pdf](https://bds.home.xs4all.nl/info_artikel/06f_onderdelen_boordnet_info_20m-56;_58.pdf)
- Bouwen LiFePO<sub>4</sub> accu met 4 cellen:
  - Veiligheid: Wat/wanneer/waarom
    - Veiligheidsbril: rondvliegend gesmolten metaal bij kortsluiting
    - Geïsoleerd gereedschap: voorkom kortsluiting
    - Onderbreken gelijkstroom: <https://youtu.be/Zez2r1RPpWY>
  - Elektrische isolatie: siliconen bakplaat (Action/IKEA)
    - De buitenzijde van EVE cellen zijn van aluminium (verbonden met de plus pool) met een dun blauw

- plastic laagje. De aluminium wand van de cellen mag elkaar niet raken.
- Polen isoleren; afdekkapjes / krimpkous
- Materiaal:
  - <https://www.ikea.com/nl/nl/p/baktradition-bakmat-beige-90480175/>
  - <https://www.action.com/nl-nl/p/la-cucina-bakmat/>
- Bron: <https://zeilersforum.nl/index.php/forum-hoofdmenu-37/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/595625-prism-lifepo4-cellen-compressie-of-opsluiten#1345857>
- Opspannen (compressie):
  - Niet geleidend materiaal (zie hierboven)
  - Eindplaten en draadstangen
  - Slangklemband
  - Band-it: <https://www.mattech.nl/producten/welt71/5000-10000/band-it-band-201-9-5-3-8-mm-30-5-meter-doos>
  - Glasvezel tape of wapeningsband
  - Polyester / epoxy bak
- Plaatsing:
  - in tegenstelling wat in het verleden gedacht werd dienen het accu pakket horizontaal geplaatst te worden.
- Keuze typen en vermogen
- Gereedschappen:
  - Contactloze temperatuurmeter: <https://nl.aliexpress.com/item/32947008403.html>
- LiFePO4 walstroom acculader:
  - Keuzen:
    - Typen accu's en accu samenstellingen
    - Laad snelheden:
      - 100% (1C) per uur kan
      - 10% per uur (0.1C): lader is goedkoper en beter voor de levensduur. Effectief van leeg naar vol duurt ongeveer 14uur.
    - Beveiligingen
  - Victron/Mastervolt/etc., of
  - Eigen schakeling:
    - parallel/cell charger van Peper: <https://mail.zeilersforum.nl/index.php/forum-hoofdmenu-37/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/571958-een-alles-etende-regelaar-voor-accu-s?start=425#1232638>
    - rudimentair laden door WaltB: <https://mail.zeilersforum.nl/index.php/forum-hoofdmenu-37/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/592941-lifepo4-voor-leken?start=225#1282961> en <https://mail.zeilersforum.nl/index.php/forum-hoofdmenu-37/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/592941-lifepo4-voor-leken?start=175#1282578>
- Eigenschappen/Gebruik:
  - Vermijd frequent en/of langdurige lage en hoge laadniveau's (<10%, >90%).
  - (Ont)laad vermogens door erg lage interne weerstand
  - Temperatuur invloed op levensduur
  - Onbalans
  - Ladingsniveau
- Bij beveiliging en balanceren hebben we geen consensus dat leidt tot vele discussies. De een hoeft zijn cellen nauwelijks beveiligd te hebben en balanceert 1 keer per jaar handmatig, voor de ander kan het niet op. Daar gaat denk ik 90% van het topic over. En dat heeft fundamentele gevolgen voor een schema. Wel / geen 'BMS' (en wat is nou een BMS), BMS met wel of geen extern relais. Over- en onderlading beveiliging door een los printje ipv BMS of helemaal niet. Balanceren met of zonder BMS, handmatig of helemaal niet. Allemaal keuzes met invloed voor een schema.

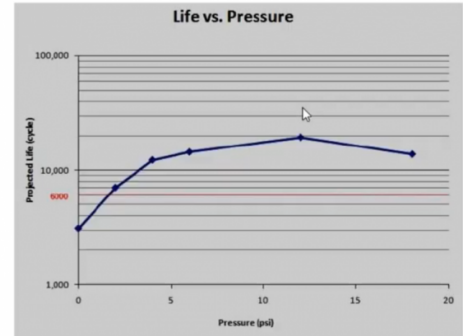


Figure 7 – Cycle life of the cell can be optimized by applying the proper pressure to the face of the cell and maintaining that throughout the life of the cell

### **BMS: Beveiliging, monitoren, slim voor capaciteit**

Een accu, ook een lood accu, bestaat uit meerdere cellen. De cellen zijn nooit allemaal exact gelijk. Er zijn kleine verschillen in rendement en dergelijke. Hierdoor ontstaat na een aantal laad ontlad cycli de situatie dat de cellen niet allemaal de zelfde laad toestand hebben. De ene cel kan vol zijn terwijl een andere cel dat nog niet is. Als je dan blijft doorladen om die cel die nog niet vol is vol te krijgen. De volle cel vind dat niet fijn en gaat daar van stuk.

Accu cel:

- Beveiliging:
  - Onderladingsbeveiliging
  - Overladingsbeveiliging
- Monitoring:
  - spanning

Accu set:

- Beveiliging:
  - Lage temperatuur
  - Hoge temperatuur
- Behoud opslag capaciteit:
  - Balanceren: zorgen dat de cellen aan het eind van het laden allemaal vol zijn zonder dat de cellen die het eerst vol zijn daarvan te lijden hebben
- Monitoren state of charge

Bovenstaande is geen absolute noodzaak. Hier hebben we volgende keuzen:

- Risico's en/of verminderde levensduur accepteren
- Eigen gemaakte schakelingen: WaltB, lage/hoge spanningsbeveiliging. <https://zeilersforum.nl/index.php/forum-125/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/592941-lifep04-voor-leken?start=225#1282961>

- Handmatig:
  - CC (constante stroom), CV (constante spanning)
  - beveiliging/situatie vermijden
  - balanceren: <https://diysolarforum.com/resources/top-balancing-lifepo4-cells-using-a-low-cost-benchtop-power-supply.65/download>

- Zelf (losse) BMS functies toevoegen. B.v.:

- Balanceren: (rechtsboven)
  - elke cel een bordje dat overtollige energie omzet in warmte
  - GWL/POWER Cell Balancing Module (3.60V-1.7A). Actief tussen 3.5 en 3.6V. Max. 1.6A.
- Cellen beveiligen tegen overladen (rechtsober)
  - GWL Performance monitor: <https://shop.gwl.eu/Battery-Management/ELERIX-Cell-Performance-Monitor-plus-BCC-holder-KIT.html?cur=1>
- Afschakelen laadbron:
  - Solid State Relais: <https://www.aliexpress.com/item/32262347720.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.27424c4dux0yxF>
- Schakeling in/afschakelen op basis van accu spanning:
  - WaltB heeft afschakelen beschreven op ZF:

- <https://zeilersforum.nl/index.php/forum-125/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/592941-lifep04-voor-leken>

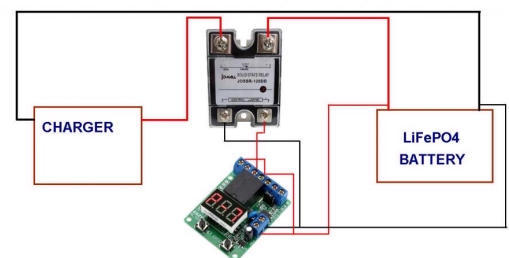
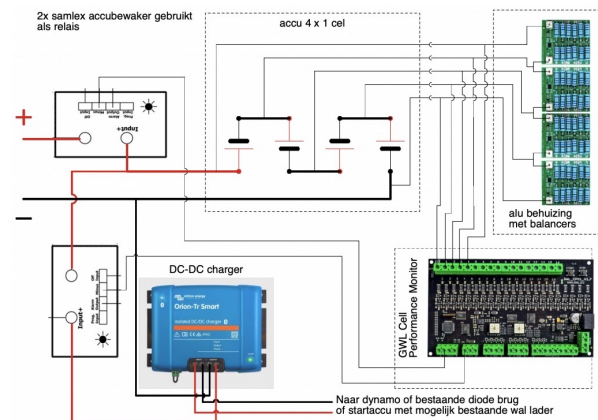
- Onderdelen:

- Solid State Relais: <https://www.aliexpress.com/item/32262347720.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.27424c4dux0yxF>
- Voltage Controled Relais: [https://a.aliexpress.com/\\_mLCqPI7](https://a.aliexpress.com/_mLCqPI7)
- Alternatief:

- Manual Voltage Controled Relais: <https://manualzilla.com/doc/5723617/home-digital-display-voltage-control-user-s-manual>

- BMS:

- 123bms: NL fabrikaat bedoeld voor stabiele pakketten (zonnepanelen)
- X2 BMS: Zweeds, voor zeilboten. <https://batterybalance.com/x2-bms-12-24/>

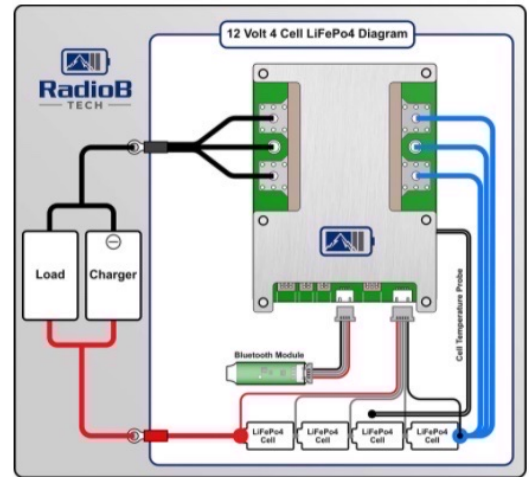


- REC BMS: Sloveens. Victron connect.
- Daly: Chinees. Beperkt instelbaar en betrouwbaar: Populair tot 2021. Smart Daly BMS zijn minder betrouwbaar.
- JBD: Chinees. Populair sinds 2021. Uitgebreid instelbaar. Beveiliging werkt niet bij lage (<0.6A) stromen (Offgrid Garage).
- JK: Chinees. Active balancer. Geen 4S beschikbaar.

Bovenstaande is gesorteerd op benodigde kennis. Voor de laatste is de minste kennis nodig.

'Welke BMS?' is net als bij bijv. 'welke navigatieapparatuur' of 'welke genua' daar kun je heel lang over discussiëren met dingen tussen enkele tientjes en honderden euro's.

Merk op dat het balanceren beperkt is. Dat wil zeggen: de stroomsterkte is beperkt en daarmee kunnen alleen kleine verschillen per tijdseenheid weggewerkt worden. Het idee achter deze opzet is dat de cellen voor in gebruikname gebalanceerd zijn, cellen van goede kwaliteit gebruikt worden en de ontladstroom bij normaal gebruik niet meer dan 0.3 x de capaciteit is. Hoe groter de laad- en ontladstromen van de accu zijn, hoe lastiger het is om de cellen met bovengenoemde oplossingen gebalanceerd te houden.



Fixeren van de temperatuur sensoren kan goed met kapton tape. Deze tape is flexibel, isoleert elektrisch en deze eigenschappen blijven behouden onder zeer uiteenlopende temperaturen.

Voorbeeld van een schema met BMS

Mijn mening voor een Leek (zoals mezelf): kies een BMS en volg het schema van dat BMS. Voor een leek lijkt me het handig dat een aantal beveiligingen, een beetje balanceren en monitoring zijn verenigd in 1 apparaatje. Ook zo'n schema is nog vrij simpel. Willekeurig schema van een willekeurig betaalbaar BMS zonder extern relais is helemaal aan het begin getoond.

Dat moet toch ook wel voor een lifepo4 leek te integreren zijn in zijn boot-schema.

Schema's met externe relais en schema's met printjes voor beveiliging van onder en over lading en losse balancers zijn hierboven ook al beschreven. Mocht je voor een oplossing zonder BMS gaan dan ben je geen leek meer.

### State of Charge (SoC) meten

Victron smart shunt

Junctek: <https://diysolarforum.com/threads/bluetooth-battery-monitor-0-120v-0-600a.28564/>

Renogy: [https://www.amazon.com/Renogy-500A-Battery-Monitor-Programmable/dp/B07RP5B5P7?keywords=&qid=1637014952&sr=8-7&linkCode=sl1&tag=ast45-20&linkId=e5014abfca0a0263993de1e003470ecf&language=en\\_US&ref\\_=as\\_li\\_ss\\_tl](https://www.amazon.com/Renogy-500A-Battery-Monitor-Programmable/dp/B07RP5B5P7?keywords=&qid=1637014952&sr=8-7&linkCode=sl1&tag=ast45-20&linkId=e5014abfca0a0263993de1e003470ecf&language=en_US&ref_=as_li_ss_tl)

keywords=&qid=1637014952&sr=8-7&linkCode=sl1&tag=ast45-20&linkId=e5014abfca0a0263993de1e003470ecf&language=en\_US&ref\_=as\_li\_ss\_tl

### Laadbronnen

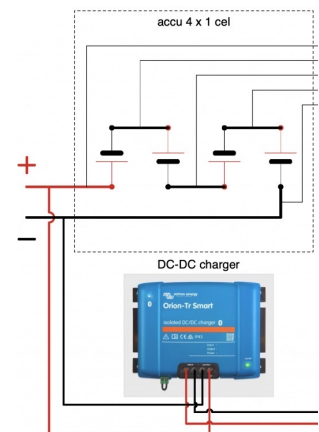
Een stapje verder zijn dan meerdere laadbronnen toevoegen:

- laden via motor (wat lastiger dan bij lood),
- laden via zon of wind etc.
- Of kunnen starten op Lifepo4.

Maar dan kom je toch wel in specifieke situaties waar een 'algemeen' schema toch minstens een aantal variaties nodig hebben. En ook die zijn al in dit topic te vinden.

### Laden via de motor:

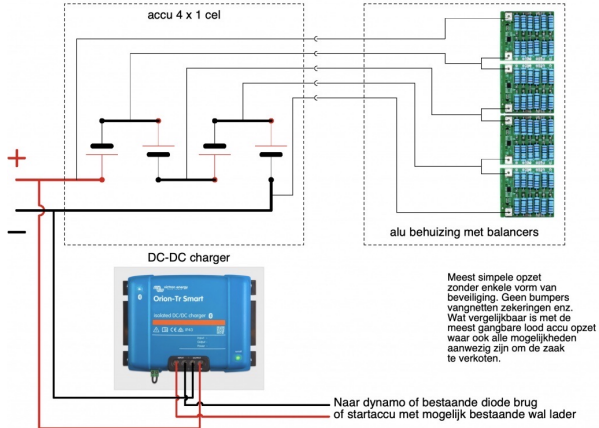
- DC-DC convertor tussen plaatsen:
  - B.v. Renogy 40A: <https://youtu.be/EcVjPap9dkY>
  - Philip: Laadprofiel is vrij veel aan in te stellen. Zoals de tijd van de bulkstroom / CV fase (victron heeft daar een minimum en ts800 heeft dat helemaal niet). Wel moet je er een los bluetooth ding voor hebben (net als bij victron) en het standaard Lithium profiel is helemaal niet zo geschikt voor lithium... Zelf profiel



Links: naar verbruikers, rechtsonder: naar dynamo/ mptt

maken dus.

- Eigen schakeling: Rheostat (WaltB). <https://zeilersforum.nl/index.php/forum-125/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/592941-lifep04-voor-leken?start=25#1281931>
- Dynamo (altenator) met eigen temperatuur regeling/beveiliging:
  - ReneK: Yanmar 4JH57 met VALEO SG10S078 (= OEM)
  - <https://zeilersforum.nl/index.php/forum-125/73-stroom-elektrische-apparatuur-aan-boord/594271->



yanmar-125a-alternator-op-lithium#1312459

- Diode(s) tussen plaatsen die de laadspanning omlaag brengen (dus gebruikmaken van de spanningsval over een diode).

Het eenvoudigste schema met overlaad beveiliging ziet er als volgt uit:

Meer informatie:

- Nordkyndesign: <https://nordkyndesign.com/category/marine-engineering/electrical/lithium-battery-systems/>
- Stap voorstap voorbeeld met overwegingen (Sadler): <https://forums.ybw.com/index.php?threads/270ah-diy-lifepo4-build.547680/>
- Gereedschappen, materialen, voorbeelden:
  - <https://www.mobile-solarpower.com/>
  - <https://off-grid-garage.com>