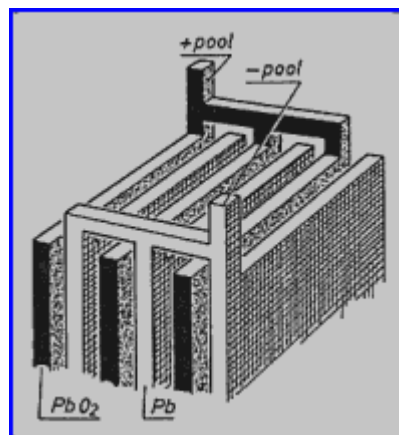


Alles over de loodaccu in oude motorfietsen



Inhoud

1. Inleiding	4
2. Geschiedenis	5
3. Huidige soorten accu's	8
4. Soorten loodaccu's	10
5. Werking	12
6. Over de capaciteit	13
7. Onderhoud en gevaar	14
8. Aftakeling	15
9. Het (ont-)laadproces	16
9.1. Ontladen	16
9.2. Laden	16
9.3. Overladen	17
9.4. Druppelladen	18
9.5. Snelladen	18
9.6. Laadprocedures	19
10. Meting van de ladingtoestand	22
11. Bijlagen	23
11.1 Enkele elektrische modellen	23
11.2 Desulfateer-methodes	25
11.3 Water	27
11.4 Storingen	27
11.5 Geraadpleegde bronnen	28
11.6 Definities en verklaringen	28



1. Inleiding

Jaarlijks organiseert de “BMW Mono club” een technische middag, waarin ook tijd ingeruimd wordt voor een praatje over een onderwerp dat te maken heeft met oldtimer motorfietsen. In het bijzonder natuurlijk de oude ééncylinders van BMW. Onderstaand verhaal is samengesteld met als doel de achtergrond-informatie te leveren bij het praatje voor de clubleden op 20 oktober 2007. Tijdens de voordracht zijn slechts enkele onderwerpen besproken die waarschijnlijk het meest leven bij de clubleden, zoals: ‘zijn NiCd- en gelaccu’s geschikt voor de mono?’ , ‘wat is een goede manier van laden’, ‘hoe en waarom verouderen loodaccu’s’ en ‘wat is er aan te doen’.

Vanwege het beperkte doel van onderstaand verhaal, wordt bij elk soort overzicht alleen ingezoomd op het gebruik van een 6 volts start-accu voor de oude motorfiets.

Voor de lezers die niet alles willen nalezen om een conclusie te trekken, presenteer ik de mijne:

Voor de oldtimer-ééncylinder BMW motorfietsen met originele dynamo en spanningsregelaar is de conventionele, open lood-zwavelzuur accu nog steeds het meest geschikte type. En niet alleen op technische gronden; het is de goedkoopste: als ruwe indicatie is die accu te koop voor € 30,- tot € 60,-. Een NiCd van 8 Ah kost globaal € 100,- en een gelaccu 6Ah € 115,-.

Als de betrouwbaarheid van het elektrische systeem bovenaan je prioriteitenlijstje staat – boven 100% inwendig authentiek – dan kan ik uit eigen ervaring een aanbeveling doen voor het complete elektrische systeem (12 V~ dynamo, elektronische ontsteking en spanningsregelaar voor 12 V= / 100 W – geen accu meer nodig–) van MZ-B. Geen technische modificaties nodig en geen aantasting van het uiterlijk.

Achterin worden alle geraadpleegde bronnen vermeld en zie voor informatie over de club: www.bmw-mono-club.nl

Bij de totstandkoming van deze versie 2 is één reactie ontvangen van de twee aangeschreven accu-fabrikanten (Chloride reageerde niet) en twee reacties van de wetenschapswinkels van de Universiteit van Utrecht en Twente. Op mijn vraag of hen iets bekend is over het gebruik van EDTA in de loodaccu en het effect op de levensduur ervan meldde:

o VARTA dat EDTA bij hen onbekend is en wijst er op dat de garantie vervalt als er vreemde stoffen in de electroliet worden aangetroffen.

o Wetenschapswinkels Twente en Utrecht (afdeling Scheikunde): dit soort gebruik en effecten zijn onbekend.

Hiermee stop ik de zoektocht naar info over EDTA.

Voor verbeteringen en aanvullingen graag een berichtje aan petersnel@upcmail.nl

Disclaimer: De auteur heeft geen enkel belang bij of binding met genoemde bedrijven

2. Geschiedenis

De Italiaan Galvani ontdekt in 1780 dat een uitgeprepareerde kikkerpoot kon samentrekken onder invloed van elektrische vonken. In 1786 zag hij toevallig dat een kikkerspier ook samentrekt als die wordt aangeraakt door twee verschillende metalen. Galvani ziet op dat moment in elektriciteit de levenskracht die alles laat bewegen.

Pas Volta begreep het belang van die ontdekking en stelde in ongeveer 1800 het eerste electrochemische element samen: tussen twee platen van verschillende metalen, gescheiden door een papieren schijf die in een zoute vloeistof was gedrenkt, heerste een elektrische spanning!

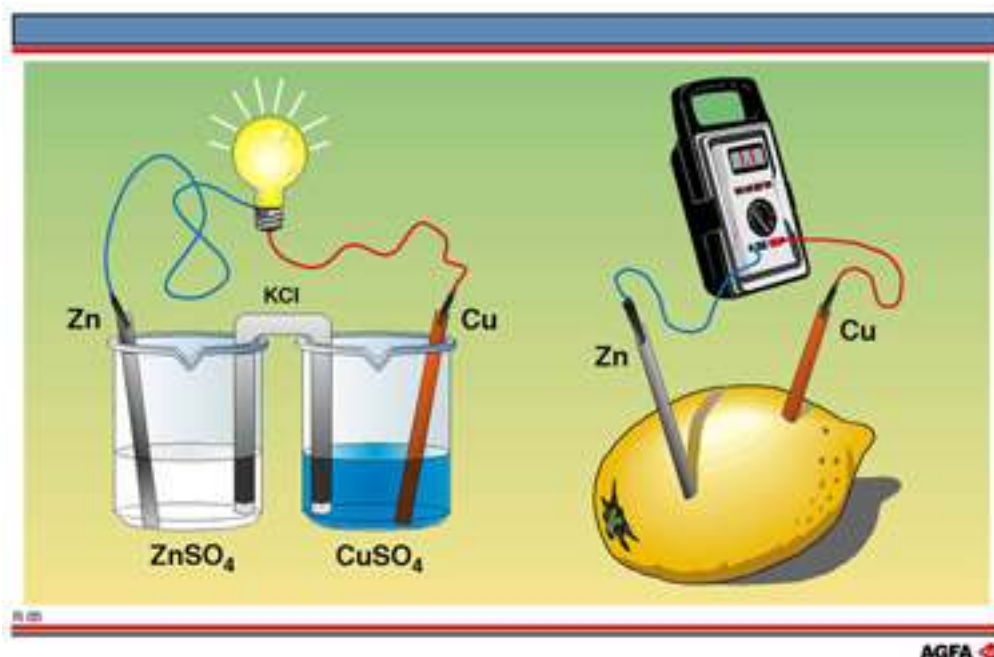
Hij maakte vervolgens naar dit idee een stapel van dit soort elementen en verbond ze in serie: de beroemde Volta-zuil:



Figuur 1

In 1802 maakte Ritter als eerste een herlaadbaar element dat kon worden opgeladen met een Volta-zuil. De dynamo begon zijn carrière pas in 1860!

De Engelsman J.F. Daniëll (1790-1845) construeerde een galvanisch element dat een grote verbetering was van het element van Volta: de Daniëllcel. Deze bestaat uit een Cu^{2+}/Cu halfcel en een Zn^{2+}/Zn halfcel met een poreuze wand ertussen. Nominale spanning: 1,1 V.

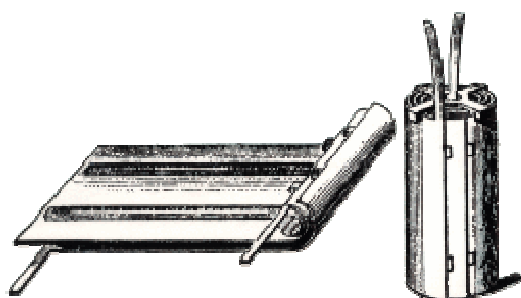


Figuur 2

Grapje van de illustrator:

De eerste gloeilamp (die 400 uur brandde) is pas gemaakt door Heinrich Göbel in 1854.

De ontdekking van de combinatie lood-zwavelzuur, in 1854 door de medicus Joseph Sinnsteden, leidde tot de ontwikkeling van een praktisch bruikbare accu. Planté en Tudor deden hiervoor belangrijk constructief werk.



Figuur 3

Planté werkte in Frankrijk door en demonstreerde zijn nieuwe loodzwavelzuurcel in 1861.

Nog steeds heeft onze huidige loodaccu dezelfde samenstelling als de planté-cel:

- Negatieve plaat: **sponsachtig lood**
- Positieve plaat: **looddioxide**
- Elektrolyt: **zwavelzuur**

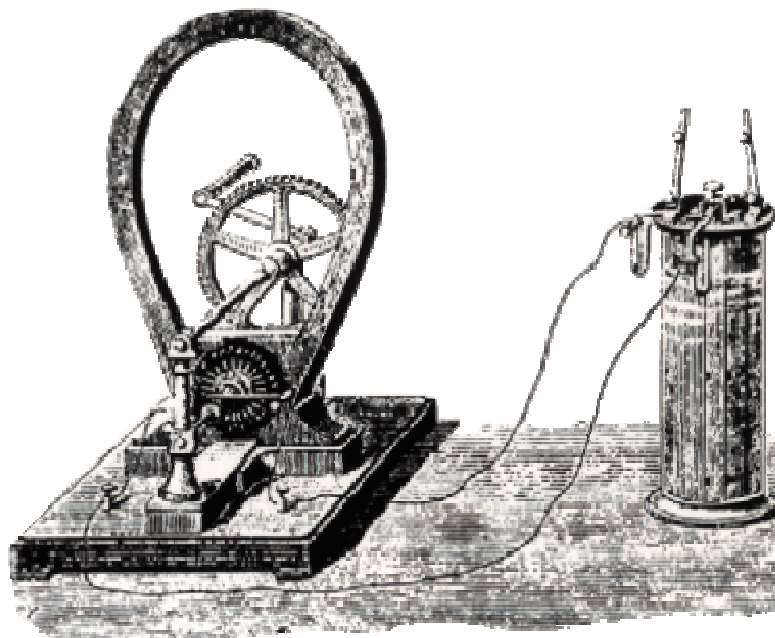
De belangrijkste ontdekking van Planté was dat de chemische samenstelling van de positieve en negatieve platen veranderde door een elektrische stroom door de batterij te laten vloeien. Hij ontdekte tevens dat dit proces omkeerbaar was.

De Planté-cel diende als basis voor verder onderzoek voor de Fransman Fauré. Hij ontwikkelde zijn cel aan het eind van de jaren 80 van de 19^e eeuw.

De Fauré-cel bestond uit vlakke platen. De negatieve plaat bestond uit een loden raster, gevuld met looddioxide in plaats van de puur loden plaat van de Planté-cel. De cel van Fauré had grote voordelen ten opzichte van andere batterijen uit die tijd. De batterijen konden lichter worden gebouwd en de energiedichtheid was groter.

In principe is deze constructie nog hetzelfde voor standby-toepassing en als auto-accu.

Vanaf die tijd was er een enorme vooruitgang in batterij-technologie.



Figuur 4

Ook andere ontwikkelingen, zoals de elektrische generator om accu's weer op te laden en ontwikkelingen in de chemie droegen bij aan de praktische bruikbaarheid van de batterij.

Een verdere ontwikkeling was de positieve buisjesplaat, welke zeer bruikbaar bleek voor tractietoepassingen.

3. Huidige soorten accu's

De volgende tabel toont de belangrijkste types en de toepassingen ervan:

Type	Kathode	Anode	Opmerking	Toepassings-voorbeeld	Energie-dichtheid (Wh/kg)	Vermogens-dichtheid (W/kg)
Loodaccu (Pb)	loodoxide (PbO ₂)	lood (Pb)	hoog belastbaar	auto's	30	75
Nikkel-cadmium (NiCd)	nikkelhydroxide	cadmium	hoog belastbaar, snel oplaadbaar, kwaliteit gaat achteruit bij herladen voordat hij leeg is (geheugen-effect)	snoerloos gereedschap	45	200
Nikkel-metaalhydride (NiMH)	metaallegering	nikkel/metaalhydride	hogere energiedichtheid, cadmiumvrij	snoerloos gereedschap, laptops, mobiele telefoon	60	175
Lithium-ion (Li-ion)	lithiumverbindingen	grafietmassa	hoogste energiedichtheid, lage zelfontlading, korte levensduur	laptops, modelvliegtuigen, mobiele telefoons	140	180
Lithium ion polymeer	lithiumverbindingen	grafietmassa	hoogste energiedichtheid (> li-ion), lage zelfontlading, korte levensduur	laptops, modelvliegtuigen, mobiele telefoons	130	300
Natriumzwavel (NaS)	natrium	zwavel	onbeperkt herlaadbaar, moet op hoge temperatuur worden gehouden	experimenteel	117 (400 Wh/dm ³)	(53 W/dm ³)

Tabel 1

De **lood-zuurbatterij** is relatief zwaar in verhouding tot de hoeveelheid energie die hij kan leveren. De energiedichtheid (opgeslagen energie per kilo) van dit soort accu is het laagst van alle oplaadbare accu's: 30 Wh/kg. Ook de vermogensdichtheid (grootte van de stroom) is het laagst: 75 W/kg accu. Desondanks wordt dit type batterij veel gebruikt, vooral vanwege de lage productiekosten en de grote elektrische stroom die het kan leveren. Wordt hieronder nog uitvoerig besproken.

De **Ni-Cd accu** is een droge accu. Dit betekent dat er geen vloeibare elektrolyt (kalium hydroxide –een base–) in de accu aanwezig is. Het grootste nadeel van de NiCd-batterijen is het gebruik van het giftige Cadmium.

De NiCd-batterijen hebben last van het zogenaamde *geheugeneffect*: wanneer een NiCd-batterij steeds opgeladen wordt, terwijl de batterij nog niet goed ontladen was, dan neemt uiteindelijk de capaciteit af. De twee grootste voordelen van Cadmium accu's zijn: Goedkoper dan andere oplaadbare accu's en de hoogst af te geven stroom. Cadmium accu's zijn veel beter te gebruiken in bijvoorbeeld elektrisch gereedschap met een zwaar belaste elektromotor. De energiedichtheid van Ni-Cd accu's is laag: 45Wh/kg accu. Daarentegen is de vermogensdichtheid van dit soort accu's het hoogst: 200W/kg. In 2006 worden steeds minder NiCd-batterijen gebruikt en wint NiMH terrein. Hiermee wordt een artikeltje in het Mono-handboek (blz 116) weerlegd waarin de NiCd-accu onverwoestbaar en een lange levensduur (> 20 jaar) wordt toegedicht.

De **NiMH-batterijen** hebben veel minder last van het geheugeneffect zoals NiCd-batterijen. De NiMH-batterijen kunnen echter minder goed tegen te lage en te hoge temperaturen. Bij lage temperaturen verliest de batterij zijn lading en bij hoge temperaturen raakt de batterij beschadigd. Bij welke temperatuur dat gebeurt hangt sterk af van het merk en de kwaliteit. Een NiMH-batterij kan beter niet volledig ontladen worden. Bij elektronische apparatuur is dat geen probleem, doordat deze apparatuur zichzelf tijdig uitschakelt, maar bij een zaklantaarn met een gloeilampje kan de batterij volledig ontladen worden. Bij goed gebruik gaat de NiMH-batterij veel langer mee dan een NiCd-batterij. De energiedichtheid van Ni-MH accu's ligt tussen die van Ni-cd accu's en Li-Ion accu's in: 60Wh/kg. De vermogensdichtheid is het laagst van de 3 soorten: 175W/kg. Nog volop in ontwikkeling. Wordt ook toegepast in de Toyota Prius met hybride aandrijving.

De **Li-ion batterij** kan meer lading bevatten dan de NiCd- en de NiMH-batterij. Per kilogram accu kan de grootste hoeveelheid energie opgeslagen worden (140Wh/kg). In het laboratorium kan bij een testopstelling de Li-ionaccu ook veel vaker opgeladen worden. Een duurdere constructie met een polymeer heeft nog betere eigenschappen. De vermogensdichtheid van dit soort accu ligt tussen die van de Ni-MH en Ni-Cd accu in: 180W/kg

In de praktijk blijkt de Li-ion echter kwetsbaar. Bij veel apparaten zit een Li-ion-batterij vast ingebouwd. Indien de batterij stuk gaat, is het niet altijd rendabel om nog een nieuwe accu te kopen. Vanwege de chemische samenstelling is het mogelijk dat Li-ion batterijen bij een defect tot zelfontbranding komen. Daarbij komt zuurstof vrij waardoor er flinke steekvlammen kunnen ontstaan. Maar wanneer de originele lader voor de Li-ion batterij gebruikt wordt en de batterij wordt gebruikt waar hij voor bedoeld is, is de kans op schade zeer klein. Een ander (minder bekend) nadeel is dat de Li-ion batterij zijn capaciteit al begint te verliezen, gelijk nadat hij gefabriceerd is. Bij 25 graden celsius is dit +/- 20 % per jaar, dit loopt op bij hogere temperaturen. Door dit chemisch verval gaat bijvoorbeeld een laptopaccu typisch 3 tot 5 jaar mee.

De **Natriumzwavel-accu** heeft een vast elektrolyt en vloeibare elektroden. De elektroden zijn van natrium (min) en zwavel (plus). Het elektrolyt is van aluminium- en natriumoxide, Deze accu kan onbeperkt worden geladen en ontladen zonder dat de levensduur vermindert. Nadeel is echter dat de accu op een hoge temperatuur moet worden gehouden, minstens 300 graden, ook als de accu niet in gebruik is.

4. Soorten loodaccu's

Onderscheiden naar het beoogde gebruik en daarmee de bouw van de accu:

Batterijtypes

Celtype:	Planté	Fauré	Buisjesplaat	Onderhoudsvrij
				
Belangrijkste eigenschappen:	Puur loden platen Het actieve materiaal wordt elektrochemisch gevormd.	Rasterplaten	Buisjesplaten (positief), Rasterplaat (negatief)	Gelsoten cel electrolyt geabsorbeerd in fiberglas of gel
Toepassingen:	Standby-toepassing	Automobielen	Cyclisch gebruik Tractietoepassingen	Standby-toepassingen Cyclisch gebruik Tractietoepassingen Automobielen
Eigenschappen:	Wordt incidenteel ontladen Levensduur tot 25 jaar Weinig onderhoud Zeer betrouwbaar	Mechanisch robuust Lage inwendige weerstand Grote ontladstromen gedurende korte tijd	Ontworpen voor cyclisch gebruik Levensduur > 1.500 cycli Herlaadtijd 6 - 14 uur, afhankelijk van de toepassing.	Ontworpen voor diverse toepassingen.
Voorbeelden:	Ziekenhuizen Openbare gebouwen Telecommunicatie Computers	Auto-accu	Heftrucks Elektrische voertuigen	UPS Elektrische voertuigen Rolstoelen

Tabel 2

- **start-accu's:** (naar Fauré) deze kunnen korte tijd hoge stroom leveren. Auto-accu's zijn startaccu's. (onze Mono-accu wordt niet als zodanig gebruikt). Aanbevolen wordt om een startaccu niet verder dan 20% te ontladen. In auto's met een verbrandingsmotor wordt daaraan voldaan: na de hoge stroom om de automotor te starten wordt de accu snel weer opgeladen. Startaccu's hebben relatief veel en dunne loden platen. De capaciteit van een startaccu gaat achteruit (sulfatering) door teveel ontladen en weer laden. Bij sulfatering ontstaat een harde, onoplosbare laag op de elektroden, die niet elektrisch geleidend is. Dus hogere R_i . Dit type accu's is de goedkoopste soort en goed bestand tegen trillingen.
- **stationaire accu's** of standby-accu's (naar Planté): leveren een lagere piekstroom dan startaccu's, maar kunnen dieper ontladen worden, tot 50%. Deze accu's zijn beter tegen sulfatering bestand dan startaccu's.
- **tractie-accu's:** (buisjesplaat) kunnen tot 80% ontladen worden, en hebben een langere levensduur (uitgedrukt in ontlad/laad-cycli) dan stationaire accu's. Echter, vol-tractie accu's zijn aanmerkelijk duurder dan stationaire accu's.
- **onderhoudsvrije-accu's.** Let wel: *onderhoudsvrij slaat alleen op het watergebruik!* Deze zijn ook in gekantelde positie bruikbaar.

De “**onderhoudsvrije**” **accu** heeft meer verschijningsvormen dan soms gedacht wordt, eerst het Fauré- type (rasterplaten voor auto’s):

1. Zo’n 20 jaar geleden werd dit type geïntroduceerd waarbij antimoon was toegevoegd aan het rooster, waardoor gasvorming bij het laden verminderde en de accu gesloten kon worden.

Iets later werd het antimoon op de negatieve plaat vervangen door een calciumverbinding

In een recente ontwikkeling worden beide platen gemaakt van de calciumverbinding met als grote voordelen: tot 80% minder waterverlies en lagere zelfontlading. Nadeel is wel een grotere gevoeligheid voor schade door overlading want de gasbelletjes hebben ook een nuttig effect. Die belletjes zorgen namelijk voor een menging van het zwavelzuur door het accuhuis tijdens het laden. Zonder die menging kan de zuurgradient groot worden, bijvoorbeeld van een s.g. 1,35 op de bodem tot 1,17 bovenin, met als risico corrosie onderaan de platen en sulfatering bovenaan terwijl de accu schijnbaar keurig wordt volgeladen.

Ten tweede het onderhoudsvrije type uit de laatste kolom van tabel 2:

2. Volgens een geheel andere methode om het water binnenboord te houden, wordt de accubak als een drukvat met overdrukventiel geconstrueerd. Eigenlijk zijn er twee verschillende oplossingen.
Let op: beide onderstaande typen zijn erg gevoelig voor storingspieken op de laadstroom zoals kan voorkomen bij goedkope laders (conventioneel en geschakeld) en *de lichtmachine van onze mono!*
 - In de ene (de **gel-accu**) wordt het zwavelzuur in een (siliconen)gel gevat. Als er nu vrije zuurstof-ionen ontstaan, dan “boren” de zuurstof-ionen kanaaltjes in de gel van de positieve naar de negatieve plaat alwaar ze de waterstof-ionen tegenkomen en samen weer water vormen. Er ontstaat dus geen knalgas-mengsel. Door de geringere beweeglijkheid van de elektrolyt-ionen heeft de gel-accu een wat hogere R_i en dus lagere I_{max} . Minder geschikt als start-accu, maar mag wel tot 20% ontladen worden. Kan goed tegen overladen, hoewel de “bulk-laadspanning” *lager* moet zijn dan van de open accu.
 - De andere vorm is de AGM of **Vlies-accu**. De separator bestaat hier uit een fiberglasmat dat als spons fungeert; capillaire krachten vormen hierin de truc. Deze matjes kunnen bijzonder dun gemaakt worden om de R_i klein te krijgen. Ideale startbatterij met hoge energiedichtheid. Máár, die sponsjes kunnen maar weinig zuur bevatten en als dat door ontlading is omgezet in loodsulfaat, is de “tank” leeg. Om die reden wordt zwavelzuur met een hoger s.g. toegepast. De bulklaadspanning moet wat *hoger* worden ingesteld!

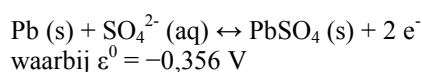
5. Werking

De beide elektroden bestaan uit een harde loodlegering die niet aan de laad- en ontladereacties meedoet. In een volledig opgeladen accu zit er aan de positieve pool lood(IV)oxide (bruin) gehecht en aan de negatieve pool fijn verdeeld zuiver lood (grijs). Deze twee zijn de elektrochemisch-actieve materialen.

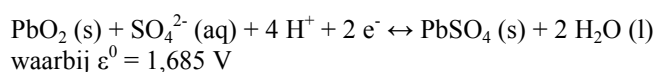
Tijdens de ontlading vormt zich een laag loodsulfaat (een slecht oplosbaar zout) op beide materialen. Tijdens het opladen wordt het loodsulfaat weer omgezet in lood en lood(IV)oxide.

De chemische reacties zijn (<=links laden, rechts=> ontladen):

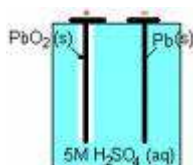
Anode (oxidatie):



Kathode (reductie):



Nominale spanning aan de polen: 2,04 V



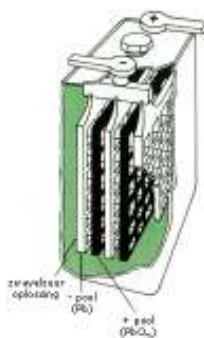
Figuur 5

In cellen met een vloeibaar elektrolyt, ontstaan bij overladen (vanaf 2,4 V/cel) vrije zuurstof en waterstofmoleculen die mengen en knalgas vormen, een explosief mengsel van zuurstof en waterstof.

Temperatuurcoëfficiënt van de celspanning: - 4 mV/°C ofwel 0,4%/°C

Vriespunt van zwavelzuur met s.g. van 1,28 (volle cel) : -67 °C

Vriespunt van ontladen cel met s.g. van ≈ 1 : rond 0 °C



Figuur 6

6. Over de capaciteit

De capaciteit van een accu wordt uitgedrukt in ampère-uren (Ah), opgeslagen in een volledig geladen accubatterij. Dit houdt in, dat gedurende een aantal uren een bepaalde stroom uit de accubatterij kan worden betrokken.

De accu-capaciteit hangt af van

- hoeveelheid** lood en loodoxide
- temperatuur:** circa 1%/ °C
- ontlaadtijd**
- concentratie** van de elektrolyet: $\approx 3\% \Delta C$ bij 0,01 punt verschil in het soortelijk gewicht.

Nominaal s.g.:

1,2 – 1,24 voor stationaire accu's,

1,26 voor tractie- en

1,28 voor startaccu's.

Een soortelijk gewicht van 1,28 komt overeen met 37% H_2SO_4 .

In tropische landen wordt meestal een s.g. van 1,24 gebruikt (32%) in startaccu's.

Definities van de capaciteit C volgens DIN

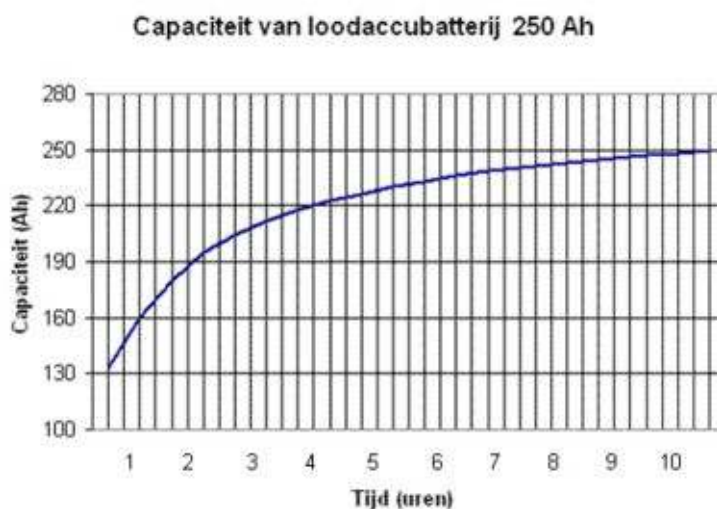
Ontlaadtijd voor **tractie**-accu's: 5 uur (**C5**)

voor **standby**-accu's: 10 uur (**C10**) en

voor **start- & onderhoudsvrije** accu's: 20 uur (**C20**)

Een veel voorkomend misverstand is dat de capaciteit **C** van een volle accu in Ah willekeurig benut kan worden, b.v. als $C = 7$ Ah gedurende 1/2 uur met 14 A. In werkelijkheid is het een waarde die alleen geldt onder bepaalde voorwaarden. Gebruik je een andere dan de gedefinieerde ontlaadtijd dan heeft dat effect op de hoeveelheid lading die je kan onttrekken!

Hieronder is de capaciteit van een stationaire loodaccu van 250 Ah als functie van de tijd in een grafiek uitgezet. De stroom die tijdens de gedefinieerde 10 uur kan worden afgenomen, bedraagt $250/10 = 25$ A.



Figuur 7

Uit deze grafiek kan worden afgeleid dat naarmate je de accu in kortere tijd leegtrekt, de capaciteit van de accubatterij minder wordt dan 250 Ah. Als de stroom gedurende 5 uur bijvoorbeeld 46 A bedraagt, dan hoort daar een capaciteit van 230 Ah bij, en bij een stroomafname van 265 A gedurende ½ uur, hoort nog maar een capaciteit van 133 Ah. Dit is nog maar iets meer dan 50% van de nominale capaciteit!

7. Onderhoud en gevaar

- Bij langdurige opslag de accu goed vol opgeladen opslaan. Een volle accu bevriest pas bij $-67\text{ }^{\circ}\text{C}$; een lege, waarin alle zwavelzuur is gebonden, bevriest rond het vriespunt van water: $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- De accu elke maand naladen: zelfontlading kan variëren van 0,03% tot 1 % per dag, afhankelijk van type/kwaliteit en temperatuur.
- Regelmatig het electroliet-niveau controleren. Zonodig bijvullen met gedestilleerd water.
- Nooit de accu extra ontladen en weer opladen

Dat in de laatste fase van het laden van open accu's knalgas ontstaat is alom bekend, goed ventileren is de beste remedie. Bedenk daarbij dat waterstofgas veel lichter is dan lucht, opstijgt en zich kan verzamelen op een onverwachte plaats.

Maar wat kan dit gas ontsteken, als het zich toch ergens ophoopt, of de vulopeningen niet (goed) gesloten zijn?

- a. statische elektriciteit:
 - het simpel wegtrekken van een label op een nieuwe batterij kan duizenden volts opwekken en een onzichtbare vonk trekken,
 - Als je een accu draagt en met de bak langs kunstof-kleding schuurt en vervolgens op een kunststof ondergrond (toonbank, pallet) zet, kan een flinke vonk ontstaan,
- b. de lader: bij het losnemen van de laadklemmen mag nooit een vonk kunnen ontstaan. Een goede lader is hiervoor ontworpen. Anders eerst steker uit de WCD!
- c. als een kleine ruimte (b.v. een diepe kast) met onvoldoende ventilatie gebruikt wordt om te laden, maakt een lichtsakelaar beslist een bruikbare vonk
- d. Zelf niet nadenken en (tegen de huidige trend in) een sigaret opsteken.

Omdat knalgas, na het waarmaken van zijn naam, als restprodukt slecht zuiver water oplevert, rest het eventuele slachtoffer de schrale troost dat de explosie zeer milieuvriendelijk was.

8. Aftakeling

Er zijn drie vormen van “slijtage” te noemen:

1. **Corrosie** van de roosters van de positieve platen. Vaak bij startaccu's. Wordt veroorzaakt door overlading met een betrekkelijk kleine stroom of in een (volgeladen) accu waaruit te veel water is verdampt en de concentratie van zwavelzuur veel te hoog is geworden (verwaarlozing dus). Ook een te hoge temperatuur van de elektrolyet, door welke oorzaak dan ook, veroorzaakt corrosie. Laden moet gestopt worden boven 45 °C !
2. **Verlies van het actieve materiaal** (voornamelijk) uit de positieve platen. Oorzaak no. 1 bij tractieaccu's. Wordt veroorzaakt door intensief gebruik (ontlading) samen met snelle lading: overladen met grote stroom.
3. Vorming van **loodsulfaat** op voornamelijk de negatieve platen. Treedt al licht op bij normale ontlading (niet onnodig ontladen dus) maar verdwijnt weer bij de lading, als de laag maar niet te dik wordt. Bij verwaarlozing van de accu sluit het loodsulfaat de platen steeds meer af en kan de platen doen vervormen. De capaciteit en leverbare stroomsterkte nemen af.

9. Het (ont)laadproces

Alvorens het complete laadproces te beschrijven, volgen hieronder eerst de cruciale begrippen met uitleg.

9.1 Ontladen

Zodra een accu-cel een kans krijgt zijn overtollige electronen aan de **- pool** te lozen naar de **+ pool** (via een uitwendige weerstand), dan proberen de zwavelzuur-ionen dit gemis weer snel aan te vullen door zich te binden met lood en loodoxide.

Wanhopig worden de electronen de **- pool** ingeduwd en bij de **+ pool** in ontvangst genomen. Dit blijft doorgaan tot het zuur op is, of alle lood/loodoxide gebonden is. (Er wordt een klein beetje water geproduceerd)

Het soortelijk gewicht (van water: 1 en in een volle accu: 1,28) is dus een maatstaf zijn voor ladingstoestand van de batterij. Zie verder: *10. Meting van de ladingstoestand*

Zoals uit bovenstaande blijkt, gaat er nooit zuur uit de accu verloren. Daar echter tijdens het laden water ontleed wordt en als gas ontwijkt en er bovendien ook door verdamping nog iets verloren gaat, kan toch het vloeistof-niveau dalen in de open accu.

9.2 Laden

Tijdens het laden vindt uiteraard het omgekeerde plaats als bij het ontladen.

Met een externe spanningsbron wordt een elektrische stroom in tegengestelde richting door de cel geperst. Nu wordt het loodsulfaat gedwongen zich te splitsen in zwavelzuur-ionen en lood/loodoxide. Een klein beetje water wordt gesplitst in waterstof en zuurstofgas.

De nieuwe zwavelzuur-ionen doen het s.g. weer toenemen.

Zodra een accu lading is kwijtgeraakt, wil je die graag weer terug halen. Dat kan automatisch met de dynamo/spanningsregelaar van het voertuig, of met een apart laadapparaat.

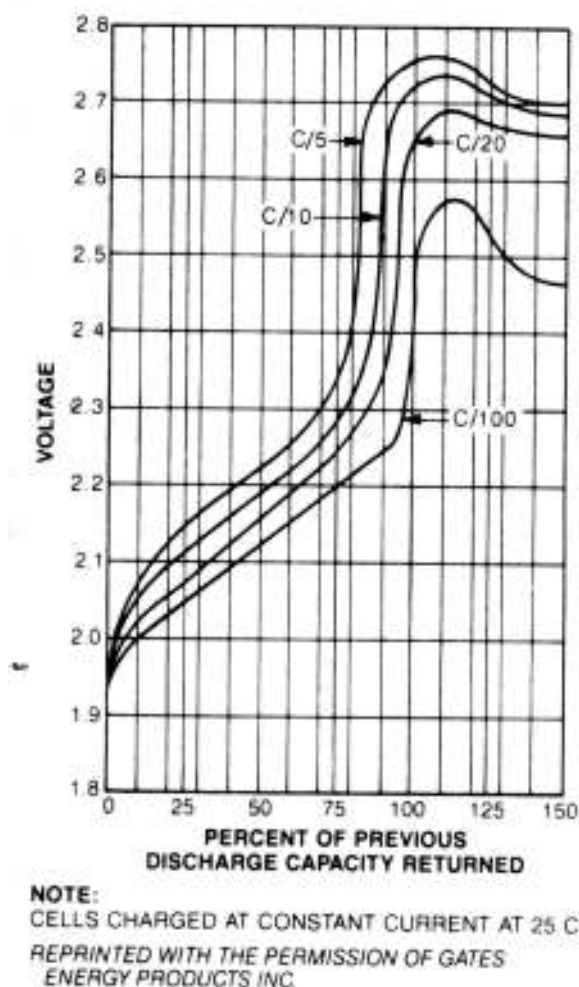
1. Door het voertuig
Moderne motorfietsen en auto's hebben elektronische regelaars aan boord die hun werk goed doen (voor het type loodaccu die erbij geleverd is!)
Oude modellen missen echter die subtiliteit en nauwkeurigheid. Maar van alle typen oplaadbare batterijen is de open loodzwavelzuur-startaccu nog het best bestand tegen die tekortkomingen.
2. Door een laadapparaat
Een goede lader houdt rekening (automatisch of handbediend) met het **type** loodaccu en de **ladingstoestand** van de accu die wordt aangesloten om een optimum te vinden tussen maximale capaciteit en levensduur.

9.3 Overladen

Als het grootste deel van het loodsulfaat is omgezet, begint de overlaadfase. In open lood-accu resulteert dit in waterverlies via waterstof en zuurstof. Langere tijd overladen met veel meer dan $C/500$ versneld de corrosie van de accu-roosters en verkort aldus de levensduur. Bij b.v. een 7 Ah accu voor de mono is $C/500$ maar 14 mA!

Gesloten loodaccu's mogen licht, gecontroleerd overladen worden omdat de vrijkomende waterstof en zuurstof recombineren voordat er water in de gel kan ontstaan. Dit overladen wordt nauwkeurig gespecificeerd om te voorkomen dat de gel-accu beschadigd raakt. Met de mono-spanningsregelaar gebeurt dat zo goed als zeker niet!

Overladen wordt wel toegepast **na het snelladen** van accu's (tijdwinst) want bij een laadstroom hoger dan $C/5$ wordt bij minder dan 80 % van de capaciteit al de overlaadtoestand bereikt, dus begint de electrolyse van water. Overladen is dan nodig om de accu echt vol te krijgen, maar met een lagere stroom dan $C/100$. In dit laadspanningsgebied moet de lader als stroombron gaan werken want de celspanning stijgt onderwijl. Deze spanningsstijging bij de overlaadgrens is bovendien afhankelijk van de gebruikte laadstroom zoals hieronder te zien is:



Figuur 8

In woorden: (bij 25 °C en per cel, spanningen zijn typische waarden)

1. Als geladen wordt met **C/100**, is de accu vol bij 2,35 V en is 2,5 V nodig om te overladen, maar bij deze laadstroom is de accu al volledig geladen.
2. Bij laden met **C/10** is de accu pas ca 85 % gevuld bij een spanning van 2,35 V en moet de spanning tot ruim 2,7 V stijgen om bij 95 % te komen. Druppelladen of licht overladen moet de laatste 5 % opleveren.
3. Bij laden met **C/5** is de accu pas met 75% gevuld bij 2,35 V en is overladen nodig (als je hem echt vol wilt krijgen) waarbij de celspanning tot 2,75 V moet stijgen.

9.4 Druppellading

Lood-accu's zijn heel geschikt om via druppellading op volle capaciteit gehouden te worden. Elke zware ontlading verkort de levensduur en beschadigt de accu zelfs onherstelbaar als de celspanning onder de circa 2 V zakt (waarbij de ontladbelasting blijft bestaan).

Druppellading klinkt eenvoudig maar is een *subtiel* proces: er moet een constante, precieze spanning op de accu gehouden worden als deze volledig geladen is. De laadstroom moet de zelfontlading van de accu compenseren zonder deze te overladen.

Het *subtiel* schuilt in het feit dat de loodaccu-spanning een temperatuurafhankelijkheid heeft van ca -4 mV/°C per cel.

Praktisch betekent dit dat een simpele lader die goed werkt bij 15 °C, de accu niet op capaciteit brengt bij -10 °C en de accu stevig overlaadt bij 40 °C. Voor onbezorgd laden, moet het laadapparaat hier dus voor compenseren.

Een goed alternatief voor druppellading bieden sommige laders: om de zoveel tijd even een laadpuls geven onder strikte condities van tijd, spanning en stroom.

Voorbeeld met een gel-accu:

Met een juiste druppellaadstroom kan een gesloten (gel) lood-accu 6 tot 10 jaar mee; 5% te hoge druppellaadstroom halveert die levensduur.

9.5 Snelladen

Niet doen bij loodaccu's, kan wel bij NiCd en NiMH accu's maar die moeten er voor ontworpen zijn. Sommige fabrikanten (o.a. Varta) hebben een laadsysteem ontwikkeld voor supersnel laden: speciale lader en speciale accu's.

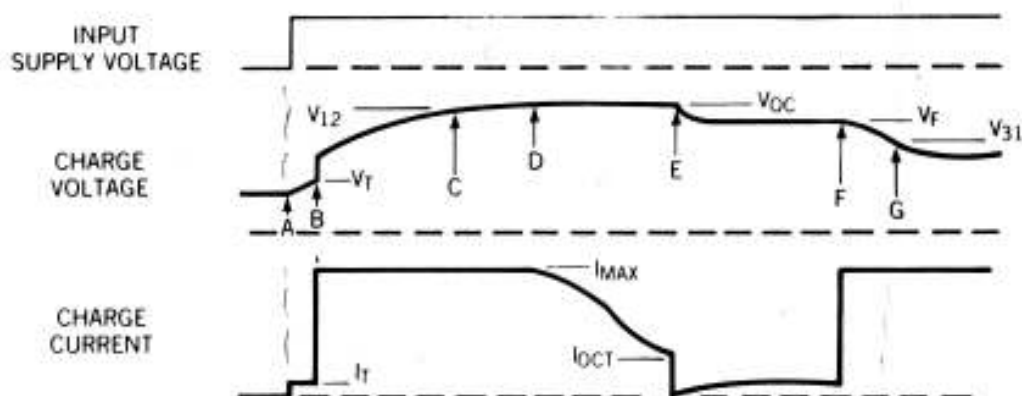
9.6 Laadprocedures

Na bovenstaande beschrijvingen van een aantal begrippen rondom het laden kunnen we een laadprocedure bekijken. (Zie ook Bijlage 11.6 Definities en verklaringen)

Een accu zonder inwendige problemen wordt door een slimme lader geladen in 4 fasen (de letters verwijzen naar figuur 9):

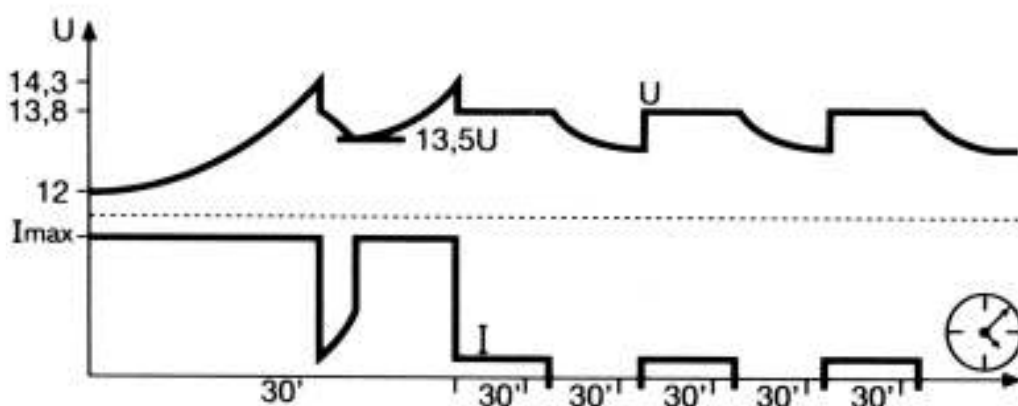
- met de **hoofdlading**(B-C) door er een spanning op te zetten en de stroom te begrenzen tot een voorgeschreven I_{\max} . De spanning wordt in de gaten gehouden en begrensd tot V_{\max} . (In figuur 9: V_{oc})
- de **doorlaadfase** (C-D) begint als de spanning V_{12} (95% van V_{\max}) bereikt, en stijgt naar V_{\max} . (V_{oc})
- Bij V_{\max} (D) begint de stroom te dalen: de **overlaadfase**, er beginnen zich gasbellen te ontwikkelen. Nu wordt de stroom in de gaten gehouden: Zodra de stroom gedaald is (E) tot 10% van I_{\max} (I_{OCT}) begint fase 4.
- druppellaadfase** (E-F): De lader compenseert de zelfontlading. De (onderhouds)spanning V_F die hiervoor nodig is, wordt vrij nauwkeurig door de accufabrikant voorgeschreven. De zelfontlading kan ook gecompenseerd worden met milde, periodieke laadpulsen.

N.B. Vanaf F wordt de accu belast met de lader aangesloten.



Figuur 9

Hier een voorbeeld van TecMate:



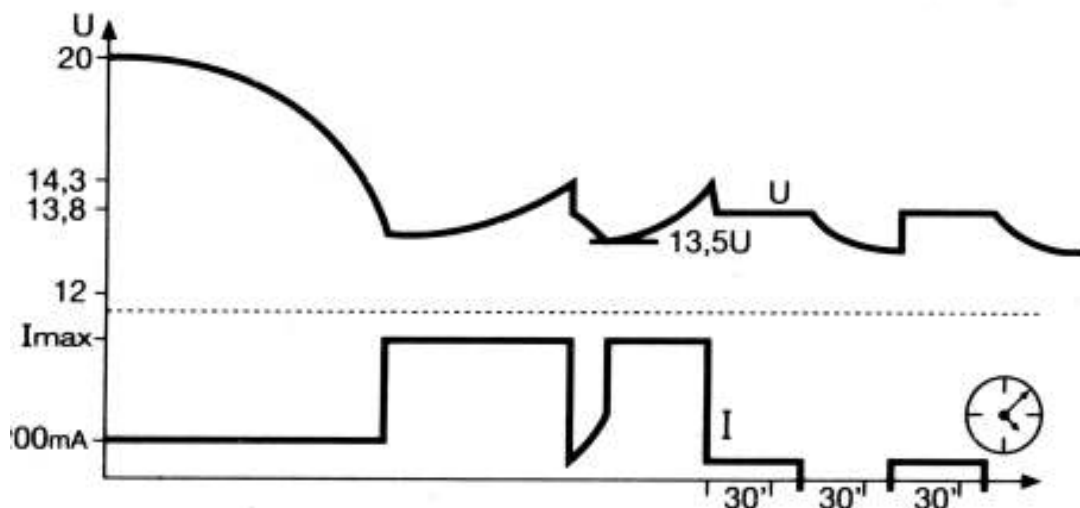
Figuur 10

Als een accu wèl last heeft van hardnekkig sulfaat, dan zal een goede lader dat herkennen (in figuur 9: A-B) en proberen te herstellen.

De methode verschilt van fabrikant tot fabrikant: gepulsed of met de combinatie hoge spanning/lage stroom, voorafgaand aan de hoofdloading. Op de lader wordt aangegeven of het desulfateren gelukt is.

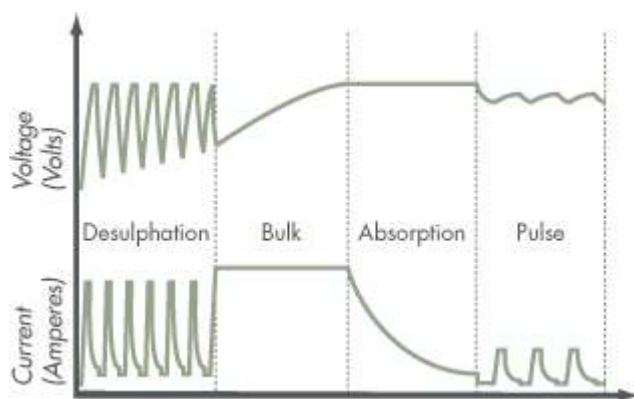
Let op: gebruik je een lader die desulfateert met een hoge spanning, **altijd eerst** de accu-polen losmaken van het voertuig/boordnet! Electronica gaat anders stuk.

Voorbeeld van de combinatie hoge spanning/lage stroom (TecMate):



Figuur 11

en de puls-methode van CTEK:



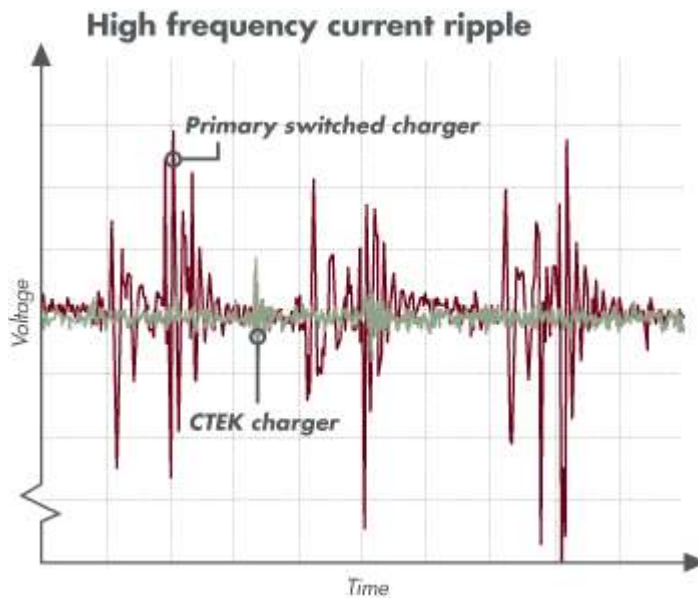
Figuur 12

Prettige opties van een lader zijn verder:

- een test op verkeerd-aangesloten accu en
- een test op sluiting in een cel; dan lukt laden helemaal niet
- beveiliging tegen vonken bij het losnemen van de kabels.

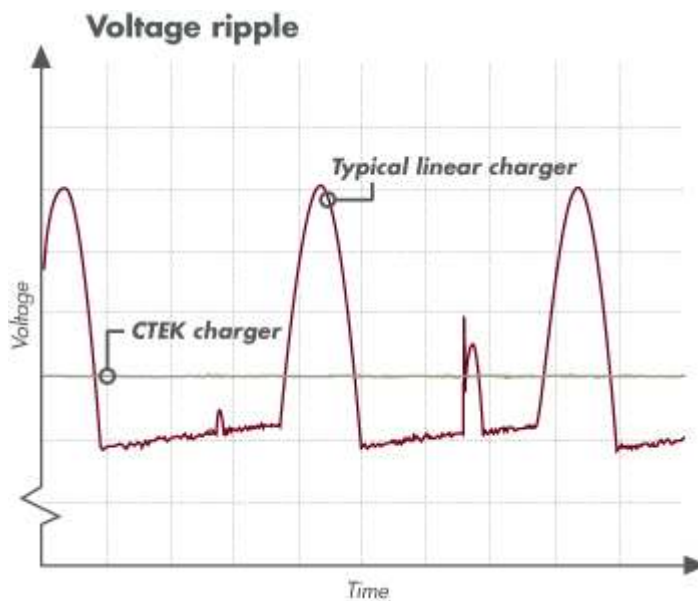
Zie ook Bijlage 6 met DIN-symbolen van laadkarakteristieken.

Tot slot zal een goede lader geen rimpelspanning en -stroom leveren. Goedkope schakelvoedingen willen nog wel eens slecht gefilterd zijn, zie het reclame-plaatje van CTEK:



Figuur 13

Slechte conventionele voedingen kunnen rimpels produceren, afgeleid van 50 Hz:



Figuur 14

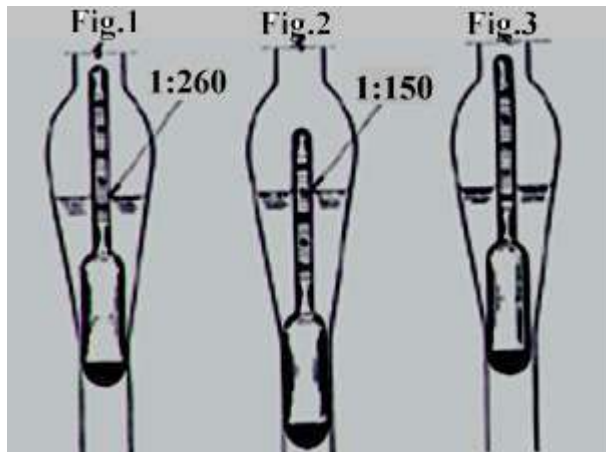
Tot mij spijt moet ik vermelden dat de (triller)spanningsregelaar van de mono waarschijnlijk vergelijkbaar is met een slechte voeding. De gemiddelde spanning zal aardig kloppen maar ik verwacht een flinke rimpel op de stroom. Een soort zaagtandspanning maar dan met exponentieel-dalende en -stijgende flanken. Niet gezond dus voor een gel-accu!

Twintig jaar geleden loonde het nog om een goede lader zelf te bouwen met b.v. een IC van Unitrode (UC3906), trafo, kastje en veel los spul. Momenteel is het goedkoper en veel eenvoudiger om er een te kopen. Goede 6 volts-laders zijn er van Tecmate, CTEK en Midtronics. Ik houd me aanbevolen voor correcties en aanvullingen.

10. Meting van de ladingtoestand

10.1 Zuurweger

Met een zuurweger is het soortelijk gewicht en daarmee de ladingtoestand van de accu te meten. Deze zuurweger bestaat uit een rubber onderstuk (slang), een glazen buis, een rubber bovenstuk (bal), en de eigenlijke zuurweger (drijver).



Figuur 15

Fig.1 Drijver **hoog** houdt in dat de batterij is geladen.

Fig.2 Drijver **laag** houdt in dat de batterij leeg is en geladen moet worden.

Fig.3 De enige goede methode van aflezing, met het oog op de juiste hoogte.

De aanwijzing is direct in de s.g.-waarde met een eenduidige interpretatie en goedkoop in aanschaf. Onderstaande tabel geeft een globaal idee van de waarden.

Lading	s.g.	klemspanning
100%	1,28	6,45 V
75%	1,23	6,25 V
50%	1,18	6,08 V
25%	1,14	5,95 V
0%	1,10	5,70 V

Tabel 3

10.2 Geleidbaarheidsmeter

Een “conductance”-meter is een modern en professioneel meetinstrument dat nauwkeuriger meet dan de zuurweger. Voor de hobbyist heeft het echter twee nadelen:

- Duur in aanschaf
- Niet-eenduidige interpretatie. Om de ladingtoestand af te leiden uit de gemeten geleidbaarheid zijn per accu-type referentie-waarden nodig. Afkomstig van de fabrikant of eigen meting aan een nieuwe accu.

Volledigheidshalve noem ik nog de stroomtang. Hiermee wordt de accu gedurende een korte tijd met een stevige stroom belast en de accuspanning daarbij gemeten. Eigenlijk meet je hiermee alleen of de accu op dat moment nog een stevige stroom kan leveren (niet voor hoe lang nog) en er dus nog minstens een keer mee te starten is.

11. Bijlagen

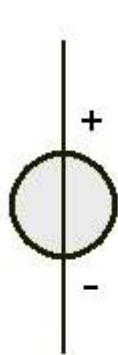
Bijlage 1 : Over elektrische modellen

Op bijna elk vakgebied wordt gebruik gemaakt van theoretische modellen. Hiermee breng je een ingewikkelde werkelijkheid terug tot eenvoudiger stukjes waarover je beter kan nadenken of waarmee je wèl kan rekenen. Voor ieder model gelden randvoorwaarden; als je die negeert ga je denk- of rekenfouten maken.

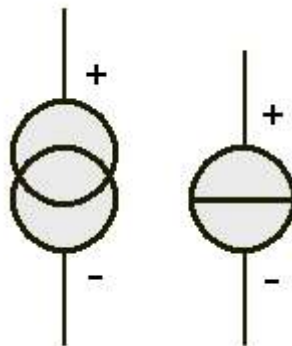
Voor ons onderwerp zijn van belang enkele elektrische modellen: de weerstand, de spanningsbron en de stroombron.

Allereerst in een ideale –paradijselijke– denkwereld:

1. De ideale spanningsbron levert altijd een bepaalde **spanning**, ongeacht de stroom die afgenomen wordt: theoretisch van nul tot een oneindig aantal amperes. De inwendige weerstand is nul.
2. De ideale stroombron levert altijd een **stroom** ongeacht de spanning die daarvoor nodig is: theoretisch van nul tot een oneindig aantal volts. De inwendige weerstand is oneindig groot.



Figuur 16



Figuur 17

Beide types zijn gedefinieerd voor gelijk- en wisselspanning/stroom. In de symbolen staan + en – teken of ~

Praktisch zijn die voedingsbronnen niet te maken, maar er worden wel apparaten gemaakt die voor een bepaalde toepassing acceptabel zijn.

Voorbeelden:

Spanningsbronnen-gelijkspanning:

Laboratoriumvoedingen van heel nauwkeurig/stabiel (en duur) tot eenvoudige gestabiliseerde voedingen in talloze uitvoeringen zoals eenvoudige loodaccu-laders en de 'lichtmachine' van de mono. Een loodaccu is ook een redelijke spanningsbron want de spanning blijft tijdens het ontladen redelijk konstant. Niet-oplaadbare batterijen zijn van het slechte (kool/zink) tot redelijke type.

Er zijn veel goedkope netvoedinkjes te koop van het slechte type: bij elke belastingverandering verandert de uitgangsspanning aanzienlijk (ook ten gevolge van ingang(net-)spanning en temperatuur b.v.)

Spanningsbronnen-wisselspanning:

De bekendste is het elektriciteitsnet; de spanning is redelijk stabiel en afhankelijk van je installatie en afspraken met de netbeheerder kan je enorme stromen afnemen.

Stroombronnen-gelijkspanning:

Elke goede lab-voeding met instelbare stroombegrenzing kan je gebruiken als stroombron: zet de spanning op maximaal en stel de gewenste stroom in met de stroombegrensknop. Verder zitten stroombronnen in b.v. meters om lage weerstanden te meten, **laders voor NiCad-accu's**. Industriële meetsystemen gebruik(t)en 4-20 mA voor een meetbereik, enz.

Stroombronnen-wisselspanning:

Dit type wordt b.v. gebruikt om weerstanden te meten als het te meten object chemische reacties vertoont zodra er een gelijkstroom door loopt (denk aan vloeisstofnivo-meters, overstromingsdetectors, weerstandmeters voor biologisch weefsel zoals de huid en professionele **loodaccu-conditiemeters**).

Het laatste ideale model dat ik wil toelichten is de **weerstand** voor gelijkstroom. Zo'n weerstand voldoet eenvoudig aan de wet van Ohm onder alle condities: $R=V/I$, ze vertoont een ideaal, **lineair** gedrag.

Iedereen kent dit type weerstand in talloze vormen.

Niet-lineaire weerstanden zijn ook redelijk bekend als sensor, denk aan lichtafhankelijke (LDR), temperatuurafhankelijke (NTC & PTC) en spanningsafhankelijke (VDR) in b.v. bliksembeveiliging.

De gloeilamp is een weerstand. Door de hoge gebruiks-temperatuur is de weerstand van de gloeidraad in hete toestand veel hoger dan in koude toestand. Slecht gereedschap dus om een accu te ontladen; probeer maar eens naar een langzaam zwakker brandend lampje te kijken en te schatten hoeveel zwakker het brandt! Voordat je het weet, beschadigen de cellen al. Dit ondanks de aanbeveling in de oorspronkelijke BMW-dokumentatie voor onze mono's, maar in de vijftiger jaren was het wellicht een redelijke optie.

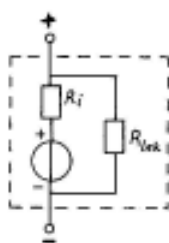
Modellen in de reële wereld:

We kunnen de modellen wat praktischer maken door de tekortkomingen in het ideale model op te nemen.

De spanningsbron heeft toch een inwendige serie-weerstand waardoor de spanning afhankelijk wordt van de belasting en eveneens van z'n ingangsspanning en de temperatuur.

De stroombron heeft een eindige inwendige weerstand waardoor de stroom afhankelijk wordt van de belasting, z'n ingangsspanning en de temperatuur, enz.

Voor elke toepassing kan je schatten welke foutenbronnen verwaarloosbaar zijn.



Figuur 18

Model voor de loodaccu:

Dit is duidelijk een niet-ideale spanningsbron (niet-verwaarloosbare R_i en temperatuurafhankelijke V_{klem}) met als bonusgebreken een beperkte capaciteit C (niet altijd beschikbaar) en een zelfontlading over de tijd (voor te stellen als een R_{lek} over de polen).

Noot:

Zodra er wisselspanning/stroom in het spel is, moet de frekwentie in de modellen en berekeningen worden meegenomen en praten we over “impedantie” in plaats van weerstand. Met de *constructie* van de weerstand ligt vast hoe die zich gedraagt bij wisselspanning en de gebruiker/ontwerper moet zelf bepalen of de afwijkingen van het eenvoudige –ohmse– model verwaarloosbaar zijn in berekeningen. Ook bij de spannings- en stroombron zijn frekwentie-aspecten weggelaten.

Bijlage 2 : Desulfateren

Er zijn mij drie methodes bekend om verlost te raken van sulfaat op de platen.

De eerste is met behulp van een lader die daarvoor ontworpen is. Dat lijkt redelijk te werken, maar verwacht er geen wonderen van. De lader-fabrikanten blijven vaag over de mate van effectiviteit. Drie lader-methodes:

- a) Een tijdje met lagere spanning en stroom beginnen en testen of de accuspanning toe gaat nemen (begin van lading)
- b) De puls-methode: korte, hoge spanning en stroom, tijdje rust, enz. tot maximaal een uur. Als er een laadeffect wordt gemeten, dan op de bulkmanier verder (accu blijft wel in vrij slechte toestand), zoniet dan moet de accu afgedankt worden.
- c) Enkele dagen met een lage stroom proberen te laden.

De tweede methode is een tamelijk bewerkelijke, chemische en is beschreven in het

Mono Handboek, blz. 105 & 106. Idee van 2 Amerikanen in 1912 en van stal gehaald door dr. A. Hickling in 1941. “Opfrissen van gesulfateerde accu’s”

Samenvatting

Vervang de zwavelzuur-oplossing in de accu door een oplossing van natriumsulfaat en laad de accu volledig op.

Werkwijze: De cellen legen, tweemaal met gedestilleerd water spoelen, vullen met een oplossing van 20% natriumsulfaat (200 gram kristalijn zout $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ per liter water of de handelskwaliteit ‘Glauberzout’ van 100 gram per liter gedestilleerd water) en dan laden met C/15.

Daarna de cellen legen, 2 maal spoelen met gedestilleerd water en vullen met zwavelzuur met s.g. 1,25.

Het loodsulfaat wordt chemisch opgelost en daarna slaan de lood-ionen als loodkristallen op de platen neer.

De derde methode komt uit de Mono Revue 19??, blz.36 e.v. (auteurs: Philip Herzog, Keith Gawlik, K.L. Martin en Ed Hackett): “Accuverbetering door EDTA”

Samenvatting:

Als een loodaccu niet volledig geladen is (wat vaak voorkomt bij gebruik voor korte afstanden of bij een zwakke dynamo) kan er zich loodsulfaat op de loodplaten afzetten.

Dit is meestal de enige reden dat de maximaal-leverbare stroom daalt en de koude-start eigenschappen slechter worden: de accu raakt aan vervanging toe.

EDTA voorkomt loodsulfaat-neerslag op de platen en lost de al aanwezige neerslag op. Meteen in een nieuwe accu doen. Motor-accu: 4 gram poeder over de drie cellen verdelen - bij de grotere auto-accu's 4 gr./cel – dit eenmalig!

Het complex van loodionen en het EDTA-ion is niet zo stabiel in het zure milieu van de accu. Als dit complex weer uiteenvalt, ontstaat wederom loodsulfaat maar dat slaat dan voornamelijk neer op de bodem van de cel. Deze neerslag beïnvloedt de werking van de accu niet nadelig.

De vrijgekomen EDTA-ionen kunnen weer andere loodionen binden en blijven zo hun werk doen.

EDTA is een ongevaarlijke stof. In elke klasse van gevaar (gezondheid, brandbaarheid en reactiviteit) krijgt het een nul.

Het veroorzaakt enige huidirritatie, maar je wast het er zo af als je het op je huid krijgt.

De LD50-waarde voor ratten (50 % van de ratten sterft dan) is 2 gram/kilo lichaamsgewicht.

Ik heb twee accu-fabrikanten en een scheikundige om commentaar gevraagd op deze toepassing van EDTA, zie 1. Inleiding.

EDTA ofwel ethyleendiaminetetra-acetaat wordt veel gebruikt in medische toepassingen omdat het vrij sterk calcium- en metaal-ionen kan binden en in oplossing houden.

Toegestane toevoeging in voedingsmiddelen:

E385: Calciumnatrium EDTA

E386: Dinatrium EDTA

Bijlage 3 Water: demi of gedestilleerd?

Gedestilleerd water is zeer zuiver water, door destillatie zijn alle anorganische zouten en vele organische stoffen verwijderd. Het verwijderen van de storende ionen kan gebeuren door het water te laten koken en de ontstane waterdamp te laten condenseren in een reservoir. Het is een tijdrovend en energieverwend proces.

Het wordt gebruikt in de chemie en de biochemie, en daarnaast bijvoorbeeld voor het bijvullen van loodaccu's.

Gedemineraliseerd water is water waaruit alle zouten die doorgaans in leidingwater in vrij kleine hoeveelheden aanwezig zijn, werden verwijderd.

Dit water wordt bereid door water dat nog wel ionen bevat, over een ionenwisselaar te leiden. Hoewel het product niet zo zuiver is als meervoudig gedestilleerd water is het voor veel doeleinden in een chemisch laboratorium net zo geschikt. Een nadeel van gedemineraliseerd water is dat zich in de ionenwisselaar al snel algengroei voordoet. Voor biologische of biochemische toepassingen is dit water daarom niet altijd geschikt omdat het niet steriel is.

Meestal adviseert de accu-fabrikant gedestilleerd water. Het is mij onduidelijk of gedemineraliseerd water kwaad kan, want hierin ontbreken ook de ionen uit leidingwater die problemen opleveren: calcium-ionen ("kalk") doet gips neerslaan en ijzer-ionen kunnen inwendige kortsluiting veroorzaken.

Bijlage 4 Storingen

Waar moet ik beginnen met zoeken naar de oorzaak van een storing met de accu?

Indien het soortelijk gewicht van het electrolyet in de batterij **laag** is, doch in alle cellen **gelijk**, controleer dan of de dynamo voldoende spanning levert. Dan of de spanningsregelaar juist is afgesteld, zoniet, dan dient dit zo spoedig mogelijk door een terzake kundige vakman te gebeuren. Meet de spanning altijd op de klemmen van de batterij! Eventuele overgangsweerstanden, welke optreden ten gevolge van losse/slechte verbindingen, verhinderen een goed laden van de batterij.

Indien de soortelijke gewichten in de cellen van de batterij onderling **sterke verschillen** vertonen, dan is dit een aanwijzing dat de batterij versleten is.

Een hoog **watergebruik** duidt op overlading.

Als de **accu-spanning** te laag is en blijft, dan kan een goed laadapparaat testen of de accu een inwendige kortsluiting heeft of te zwaar gesulfateerd is.

Te weinig **capaciteit** vertonen, duidt op aftakeling van de platen. (Zie aldaar).

Bijlage 5 Geraadpleegde bronnen

Winkler Prins encyclopedie

Internet sites:

wikipedia.nl

energy.exide.nl/

www.varta-automotive.com/dut/ o.a.: VARTA_Tips_Veiligheid.pdf

www.tecmate-int.com/

www.conrad.com

www.accuhandel-utrecht.nl/

www.marinol.nl

www.sparcon.nl

www.ctek.com/NL/

www.midtronics.com

www.maxim-ic.com

www.motorrad-stemler.de

Accu-alternatief: moderne, complete 12 V~ systemen per oldtimer-model

www.dynamo.mz-b.de/

Bijlage 6 Definities en Verklaringen

- Nominale spanning: theoretische spanning van de cel voor berekeningen
- Klemspanning: momentele spanning van de cel voor (ont)laden
- Hydride (in LiMH): verbinding van waterstof met een ander element. Hier: een metallische hydride, atomair H₂ in open holtes van het metaalrooster
- Hybride (letterlijk: bastaard): Combinatie van verschillende technieken. Bij de Toyota Prius is de aandrijving een combinatie van elektro- en benzinemotor
- Een batterij, ook wel accumulator genoemd, is een keten van minstens twee aan elkaar verbonden elektrische cellen.

Men onderscheidt verschillende laadkarakteristieken (volgens DIN-norm):

Betekenis van de symbolen (volgens DIN):

W = weerstandkarakteristiek, d.w.z. de laadstroom daalt naarmate de spanning stijgt.

a = automatische uitschakeling

o = automatische omschakeling naar een ander deel van de karakteristiek

e = automatisch opnieuw inschakelen

U = constante laadspanning

I = constante laadstroom