

De HBr Flow Batterij

Technologie & Business Case



ELESTOR

electricity
storage

Uitspraken over Flow Batterijen...

KIVI seminar ENERGIEOPSLAG



"Another promising storage technology that deserves more investment is called a flow battery."

From: "Energy Innovation –Why we need it and how to get it." 30/11/2015



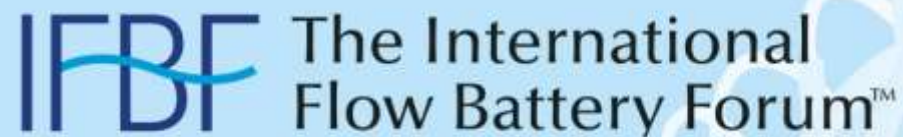
"Vanadium redox fuel cells is one of the coolest things I've ever said out loud"

From: Presidential roundtable discussion at Cleveland State University



"Solution : HBr Flow Battery"

From: "Hydrogen Bromine Flow Battery for Grid Scale Energy Storage"

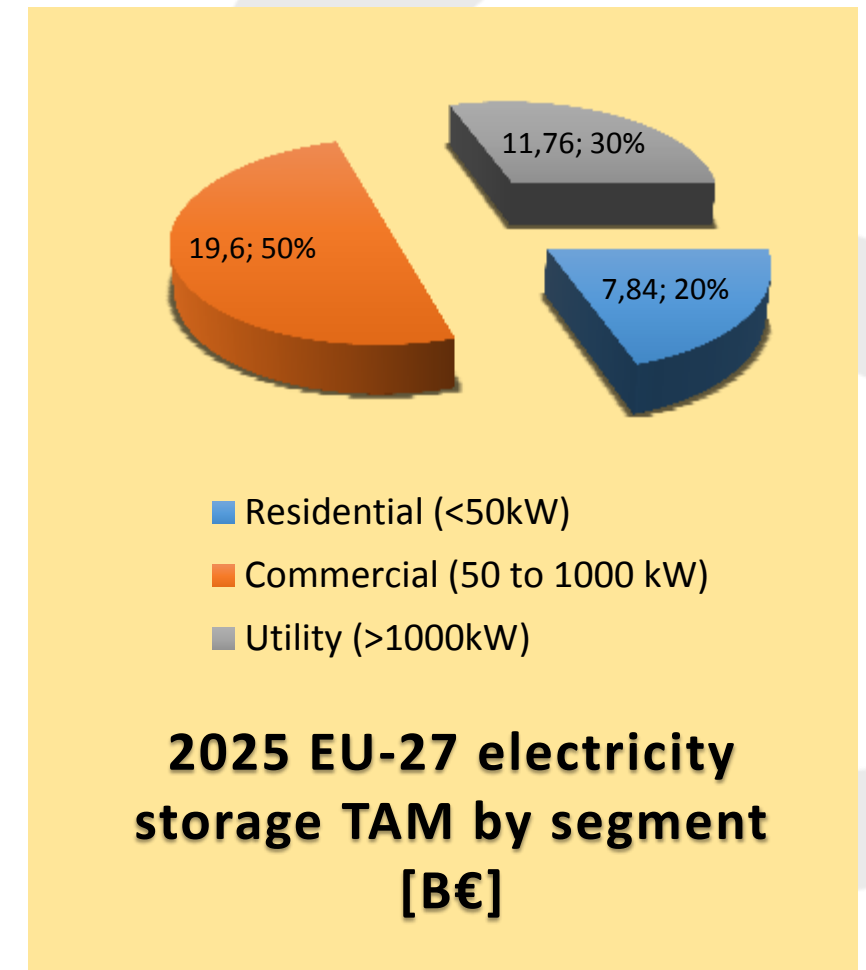


"The 7th International Flow Battery Forum (Karlsruhe) brought together 222 delegates from 24 countries"

De markt voor elektriciteitsopslag

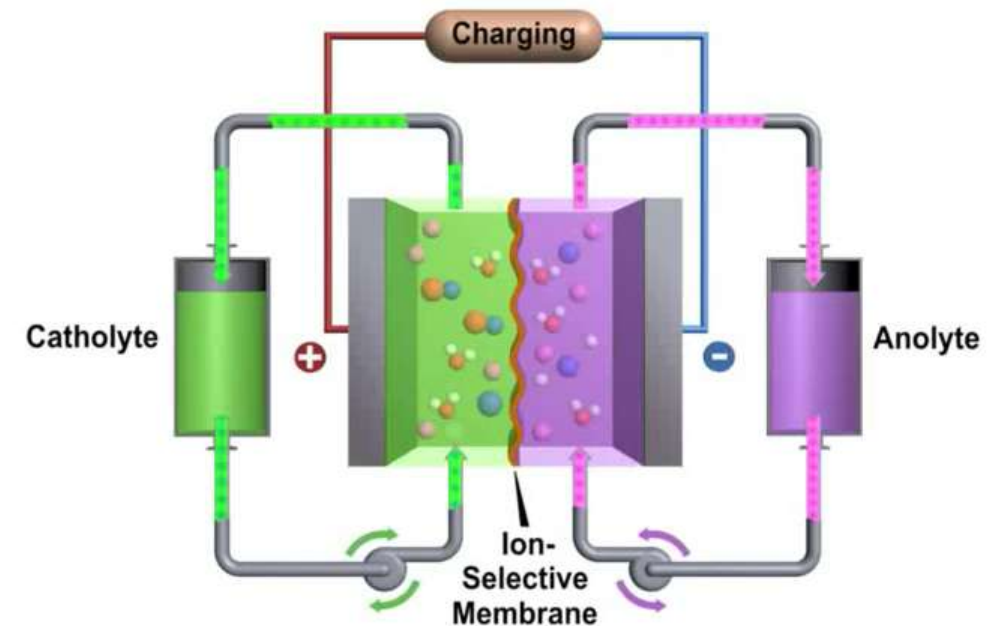
KIVI seminar ENERGIEOPSLAG

- Het Commerciële (ook wel 'Industriële') markt segment vertegenwoordigt ca 50% van de totale markt voor de opslag van elektriciteit
- Dit segment zal in 2025 naar schatting een totale waarde vertegenwoordigen van ca € 20 miljard
- Door het gebrek aan *economisch* haalbare technologieën kan dit markt segment nu niet goed bediend worden
- De sleutelen tot het ontwikkelen van dit markt segment ligt in een technologie, die veel lagere 'Opslagkosten per kWh' mogelijk maakt dan van bestaande technologieën



Flow Batterij – Principe werking

- Een (redox) flow batterij is een oplaadbare batterij, die gebruik maakt van 2 actieve materialen, elk in een gesloten circuit, en gescheiden door een membraan
- Uitwisseling van ionen geschiedt door het membraan, terwijl beide actieve componenten in een eigen circuit circuleren
- Oppervlakte membraan → Vermogen [kW]
Range 50 – 10.000 kW
- Volume reservoirs → Capaciteit [kWh]
Range 100 – 50.000 kWh

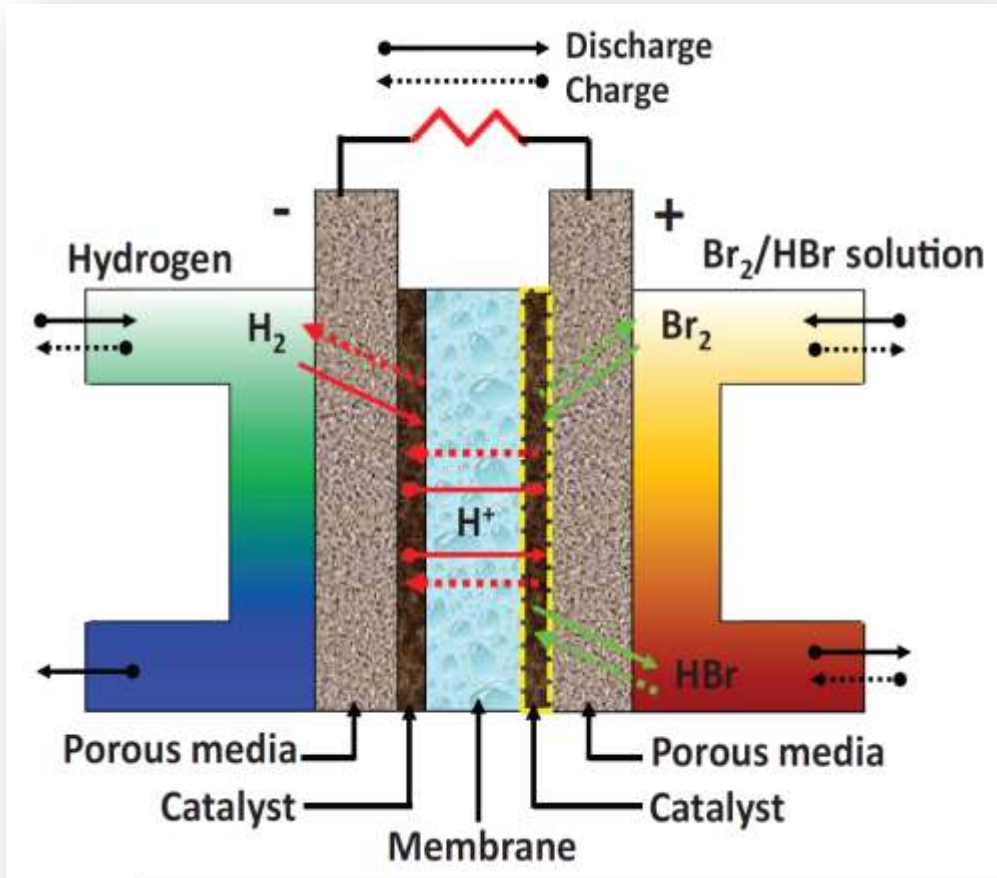


Movie by : Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) S&T

- Vermogen en Capaciteit kunnen onafhankelijk van elkaar gekozen worden
- Beide kunnen ook in een later stadium modulair uitgebreid worden

De Waterstof Bromide (HBr) Flow Batterij

KIVI seminar ENERGIEOPSLAG



- Actieve materialen:

Waterstof (gas) en Broom (vloeistof)

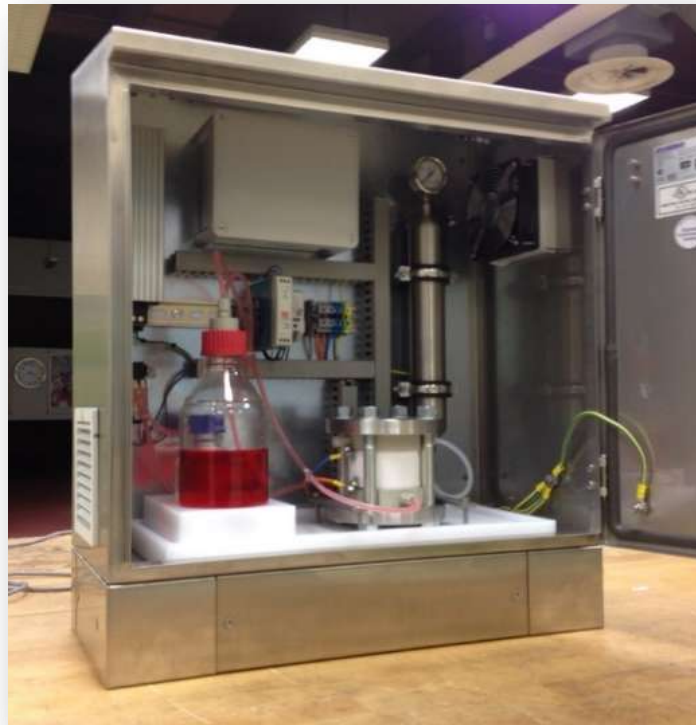
- De chemische reactie voor laden en ontladen is:



- De laad/ontlaad reactie is 100% omkeerbaar
 - Chemicaliën worden gebruikt, niet verbruikt
 - Afname opslagcapaciteit tijdens levensduur verwaarloosbaar

Andere kenmerken van Flow Batterijen

Een Flow Batterij is een open, toegankelijke “machine”



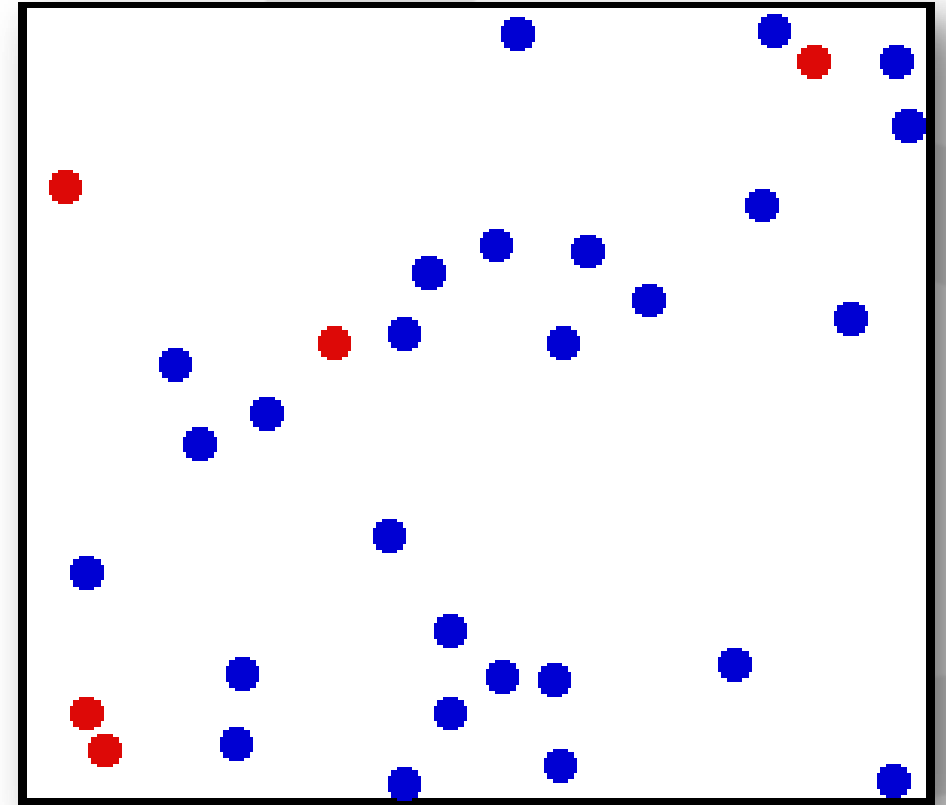
..... in tegenstelling tot een gesloten batterij cell



- Flow Batterijen kunnen onderhouden en geüpgradet worden
- Vervanging van membranen geeft een systeem een volledig nieuw leven

Andere kenmerken van Flow Batterijen

- De hoge reactiviteit van Broom maakt zeer snel schakelen van laden → ontladen (en vv) mogelijk
- Schakeltijden van Elestor's Flow Batterijen liggen typisch in de orde van milliseconden
- Dit is belangrijk voor de handel in elektriciteit (APX), die op kwartierbasis verloopt



Uiteindelijk gaat het om de 'Opslagkosten per kWh'

$$\text{Opslag kosten per kWh} = \frac{\text{Investeringskosten [€] + Onderhoudskosten [€]}}{\text{Levensduur [cycli] * Capaciteit [kWh] * Efficiëntie [%]}}$$

- * De uitkomst van deze formule, uitgedrukt in € per kWh, wordt de 'Levelized Costs of Storage', of LCoS genoemd
- * Elestor's technologie ontwikkeling heeft als enige uitgangspunt om de LCoS tot een absoluut minimum te reduceren
- * Elestor's technologie biedt een LCoS van < € 0,05 per kWh



Uiteindelijk gaat het om de 'Opslagkosten per kWh'



Dit voorbeeld: Opslagsysteem met een vermogen van 100 kW

De combinatie van:

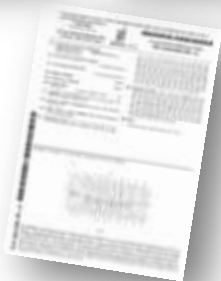
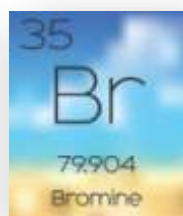
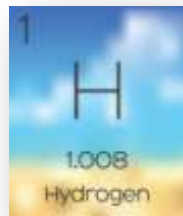
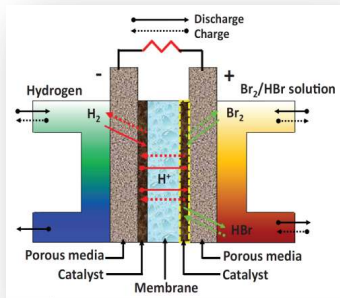
1) De intrinsieke voordelen van het Flow Batterij concept

- Vermogen [kW] en Capaciteit [kWh] onafhankelijk
- Zeer lange levensduur
- Geen fundamentele degradatie (verlies van capaciteit)
- Maximale 'Depth of Discharge', zonder negatief effect op levensduur
- Upgradable, servicable

2) Waterstof en Broom in overvloed beschikbaar → Goedkoop

3) Elestor's gepatenteerde systeem ontwerp

→ **Extreem lage 'Opslagkosten per kWh'**



De business case voor elektriciteitsopslag

KIVI seminar ENERGIEOPSLAG

1) Opslag optimaliseert handel in elektriciteit (Day Ahead, Onbalans, Primaire reserve)

- * Voorkomt boetes voor meer / minder leveren dan verkocht
- * Optimaliseert de *samenstelling* van direct gebruik / koop / verkoop
- * Optimaliseert de *timing* van direct gebruik / koop / verkoop

2) Opslag kan tot lagere vermogensaansluiting leiden

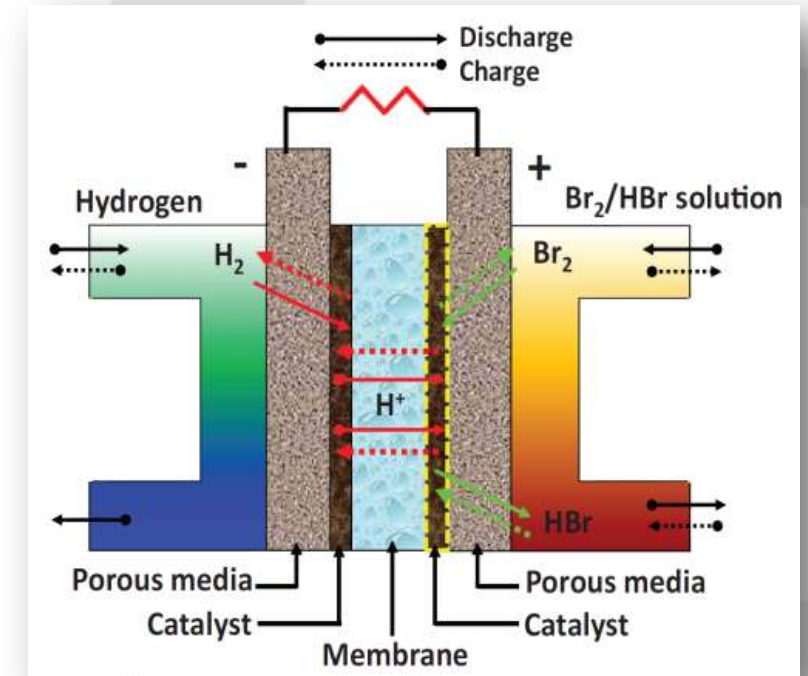
- * Voorkomt piekvermogens in de elektriciteitsvraag

3) Opslag kan 'Curtailment' voorkomen

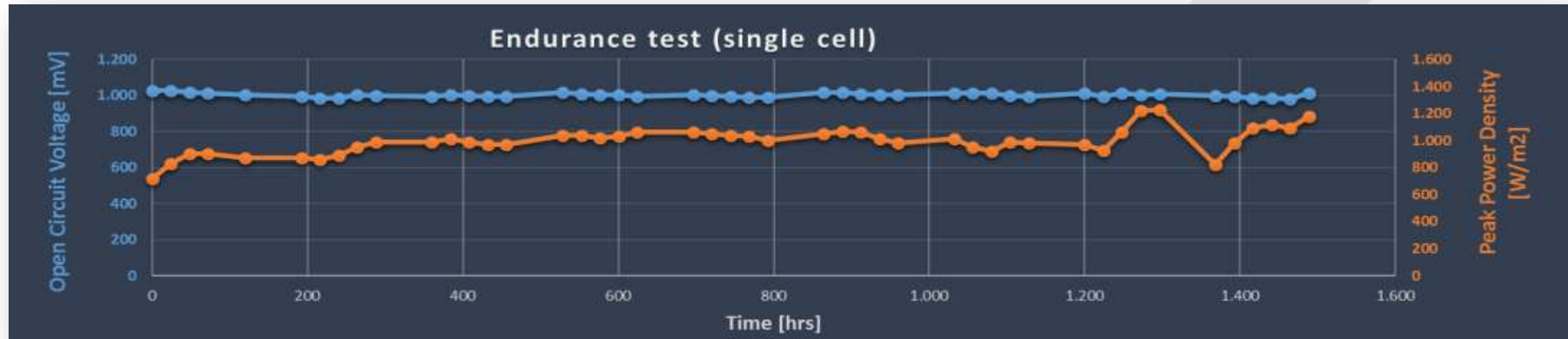
- * Stabilisatie van het elektriciteitsnet, voorkomt dure uitbreiding
- * Maximalisatie van gebruik (en dus van ROI) van windturbines

4) Uniek voor flow batterijen

- * De tijdens (ont)laden gegenereerde warmte kan uitgekoppeld worden
- * De totale efficiency van de flow batterij wordt dan zeer hoog



→ De optimale business case wordt gerealiseerd bij stapeling van 1 t/m 4 ('revenue-stacking')



Roadmap

- Juni 2015 : Elestor demonstreert een werkende HBr flow cel (als eerste in Europa)
- November 2016 : Eerste pilot gestart (Witteveen+Bos), na analyse en goedkeuring overheid
- Vandaag : Meer dan 25 stacks (12 cellen elk) gebouwd, met nu al meer dan 20.000 test uren
- Volgende pilots : 2x Nederland, 1x VK, 1x Polen, nog op kleine schaal (alle in 2017)
- Grote systemen : 2x Nederland, 1x Duitsland (alle in 2018)
- 2018/19 : Commerciële introductie van 50 kW (en veelvoud daarvan) systemen

Pilot bij Witteveen+Bos, Deventer

KIVI seminar ENERGIEOPSLAG



Volgende stap: Groot opslag systeem

KIVI seminar ENERGIEOPSLAG



Over Elestor

KIVI seminar ENERGIEOPSLAG

- Activiteiten gestart in juni 2014
- 10 werknemers (+ vacatures)
- Promotie-traject aan TU Eindhoven, Membrane Research Group, Prof. Dr. Kitty Nijmeijer
- 1^{ste} financieringsronde afgesloten december 2015
- Steun van RVO, InnoEnergy, Gelderland Valoriseert
- Nauwe samenwerkingen met Alliander, ECN, TU/e, TUD, DNV GL, HAN, Witteveen+Bos
- Awards in 2016:
 - Jan Terlouw Ambitie Award
 - Kiemt Conferentie Publieksprijs
 - Sweco Startup Award
 - Finalist Accenture Award



*“We will make electricity so cheap
that only the rich will burn candles”*

- Thomas A. Edison

