

WB3110 - Evolving Design

Hybride systemen

Marco de Beurs
Examiner EPO

Brandstof ↔ Electriciteit

Voertuig met verbrandingsmotor:

- compact / licht, veel vermogen,
- vervuiling,
- complexe aandrijflijn.

Voertuig met elektromotor:

- stil, schoon,
- actieradius ongeveer 100km.

1850 1900 1950 1990 2000 2009 ?

Brandstof ↔ Electriciteit

Voertuig met verbrandingsmotor:

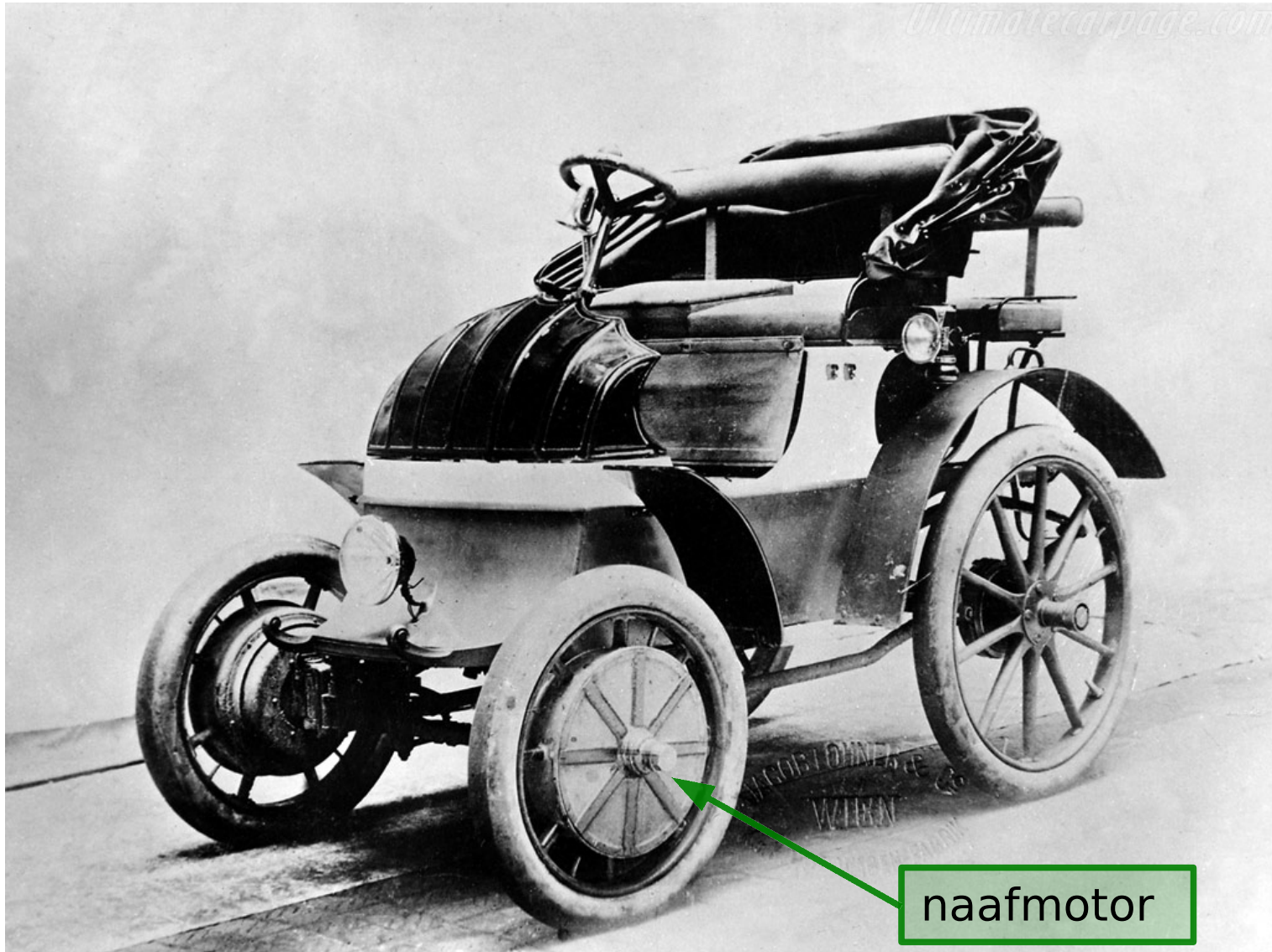
- compact / licht, veel vermogen,
- vervuiling,
- complexe aandrijflijn.

Voertuig met elektromotor:

- stil, schoon,
- actieradius ongeveer 100km.

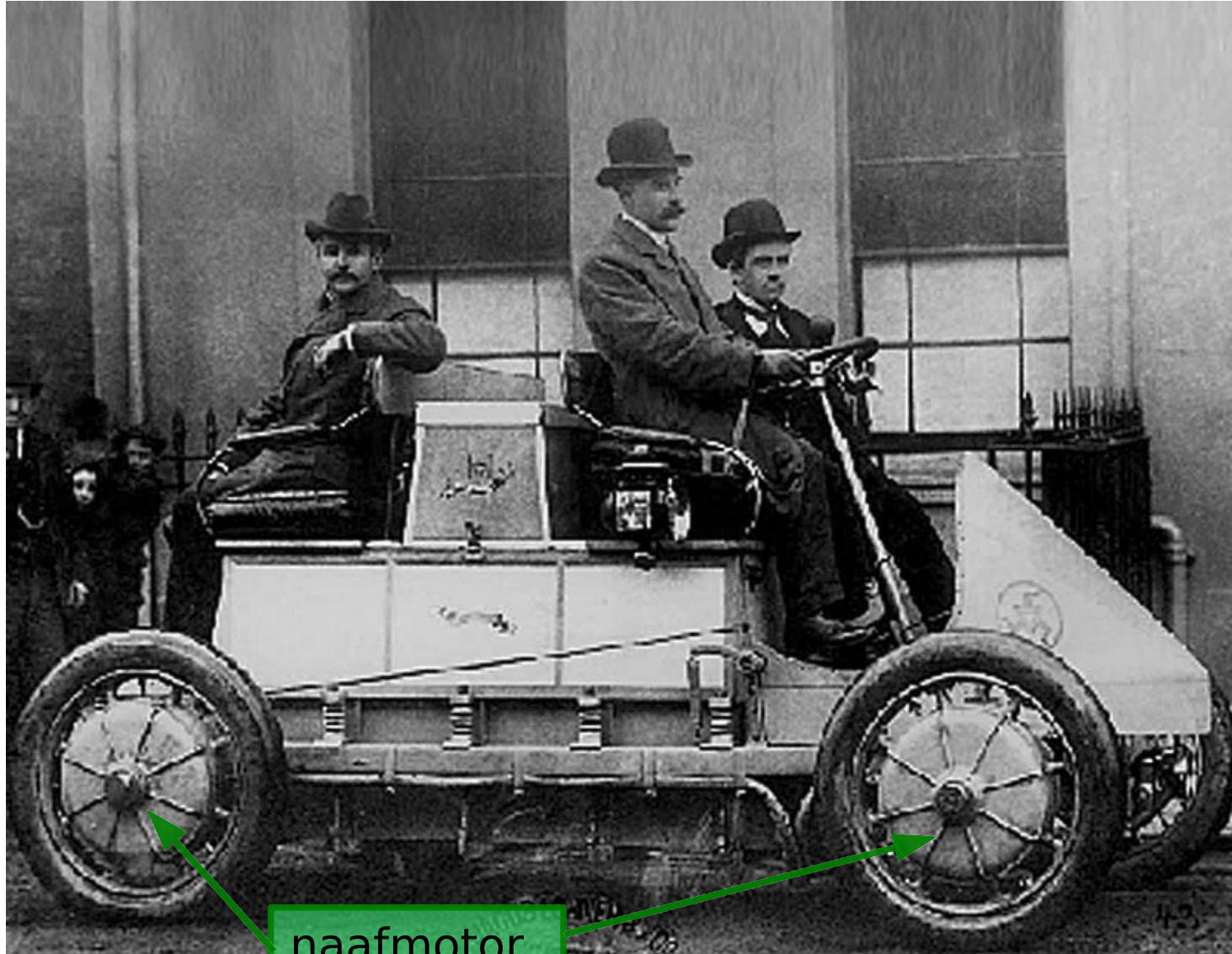
1850 **1900** **1950** **1990** **2000** **2009**

Lohner-Porsche Electric Voiturette, 1900



Inleiding

Lohner-Porsche hybride, 1900 - 1905



naafmotor

Inleiding

Renault Voiturette type D, 1901



Inledning

Hybride systemen

1. Techniek

1. Elektromotoren
2. Verbrandingsmotoren
3. Hybride
4. Batterij

2. Economie

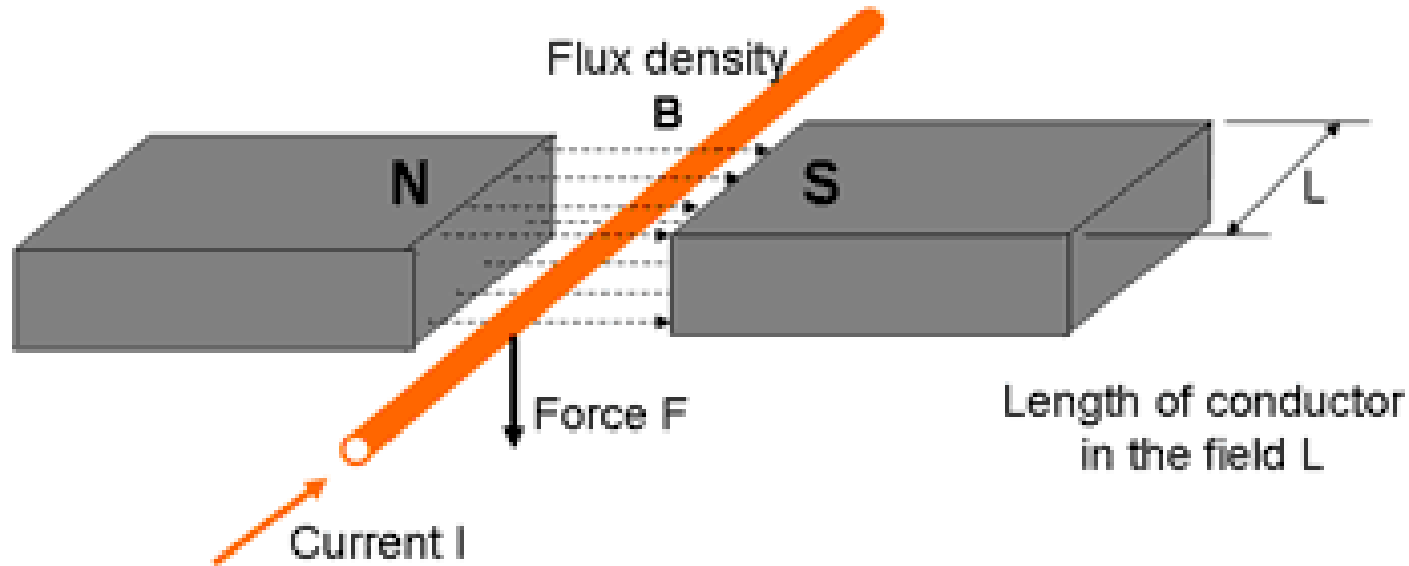
Hybride systemen

1. Techniek

1. Elektromotoren
2. Verbrandingsmotoren
3. Hybride
4. Batterij

2. Economie

Elektromotor basis



Motor werking: **$F = B L I$**

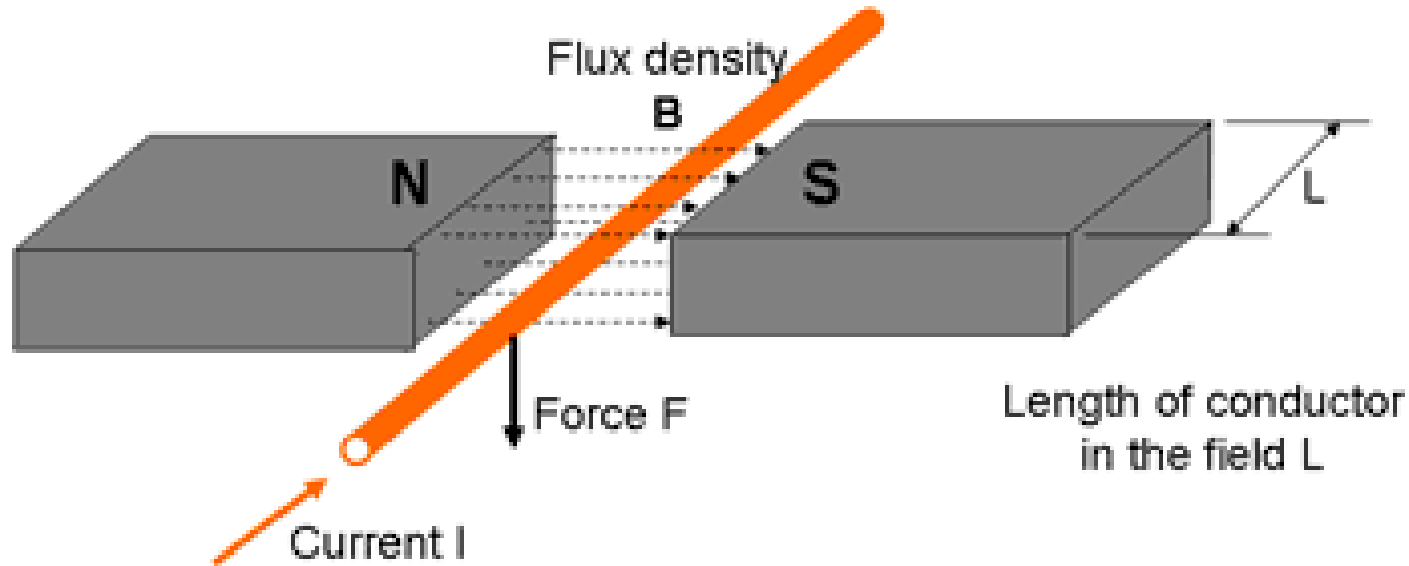
F = kracht op de geleider

B = sterkte (flux) van magneetveld

L = lengte van de geleider

I = stroomsterkte

Elektromotor basis



Generator werking: **$E = BLv$**

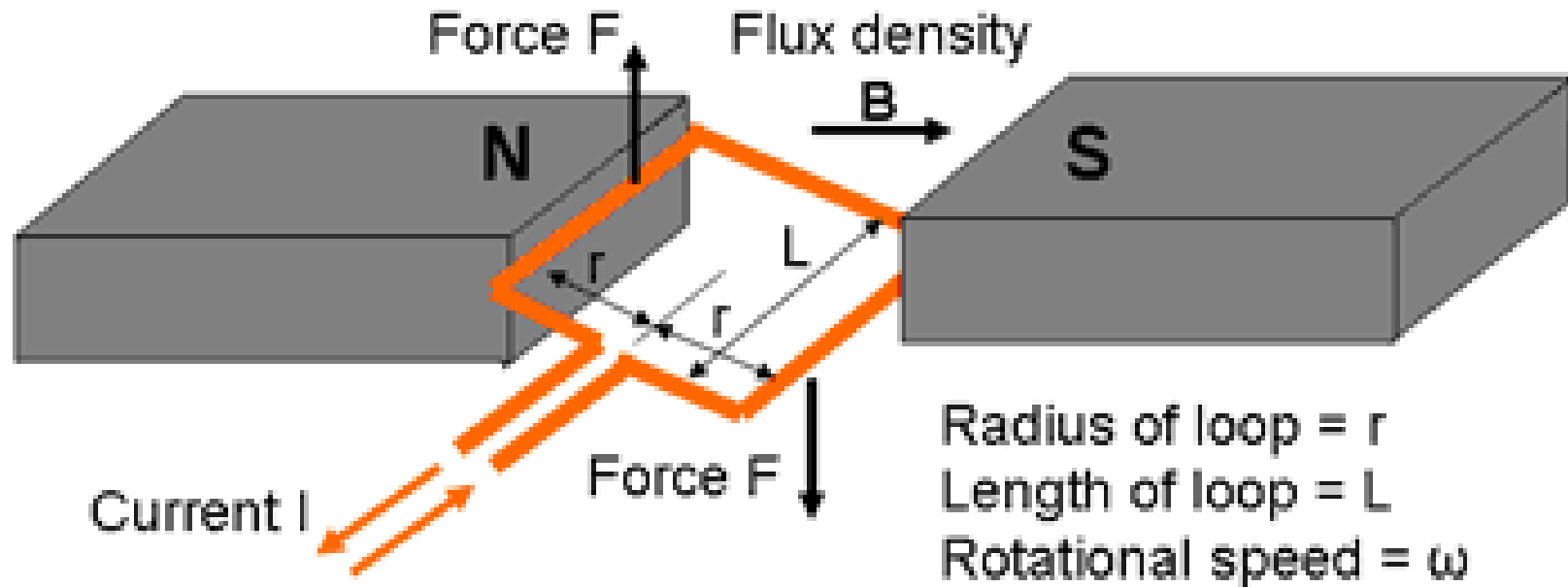
E = gegenereerde spanning in de geleider

B = sterkte (flux) van magneetveld

L = lengte van de geleider

v = snelheid van de geleider

Elektromotor basis



moment

$$\mathbf{T} = 2Fr = 2 \mathbf{BL}r$$

gegenereerde spanning

$$\mathbf{E} = \mathbf{BLr}\omega$$

stroom in geleider

$$\mathbf{I} = (\mathbf{V} - \mathbf{E})/R$$

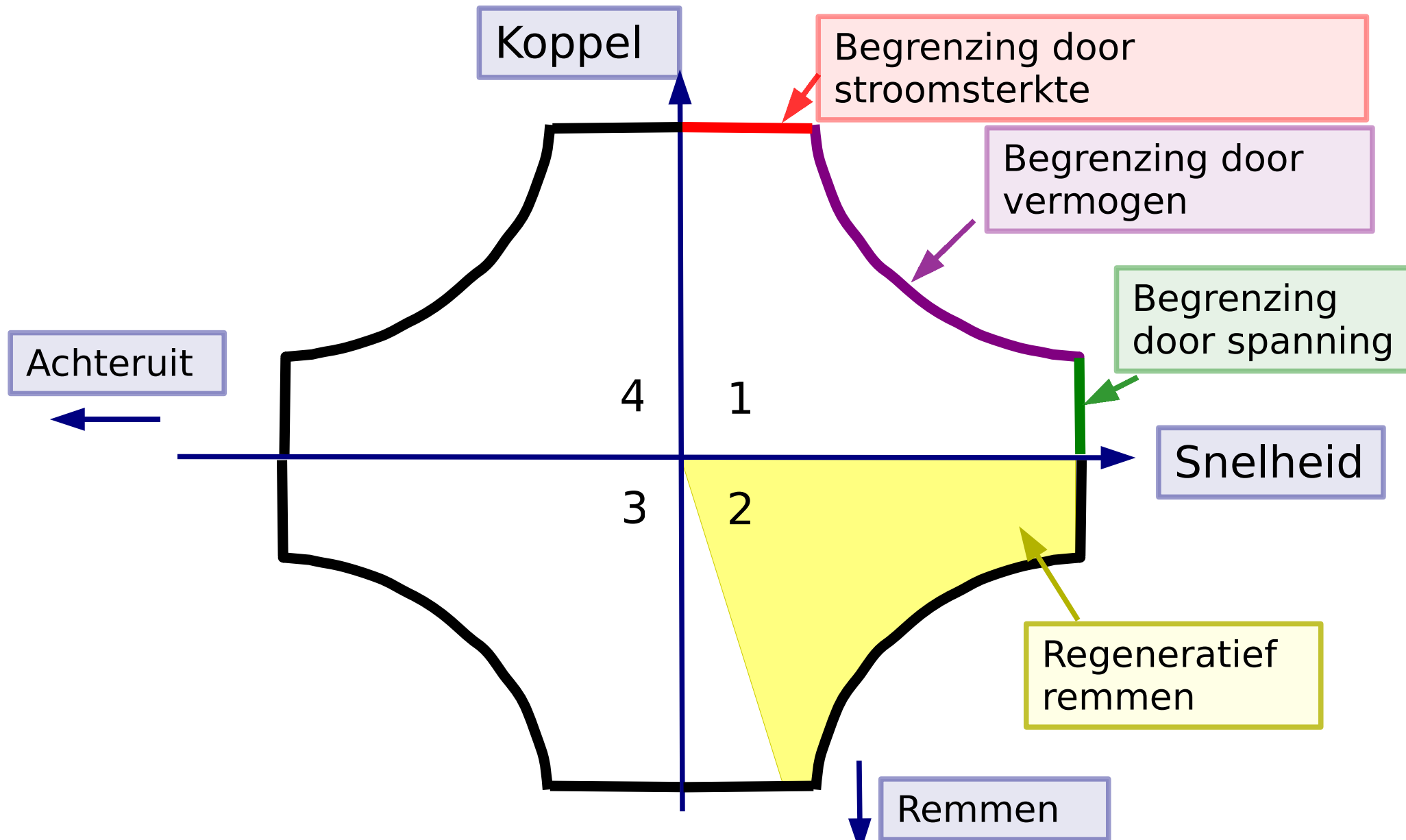
V = spanning over geleider, R = weerstand geleider

Elektromotor basis

Eigenschappen (gelijkstroom)
elektromotor:

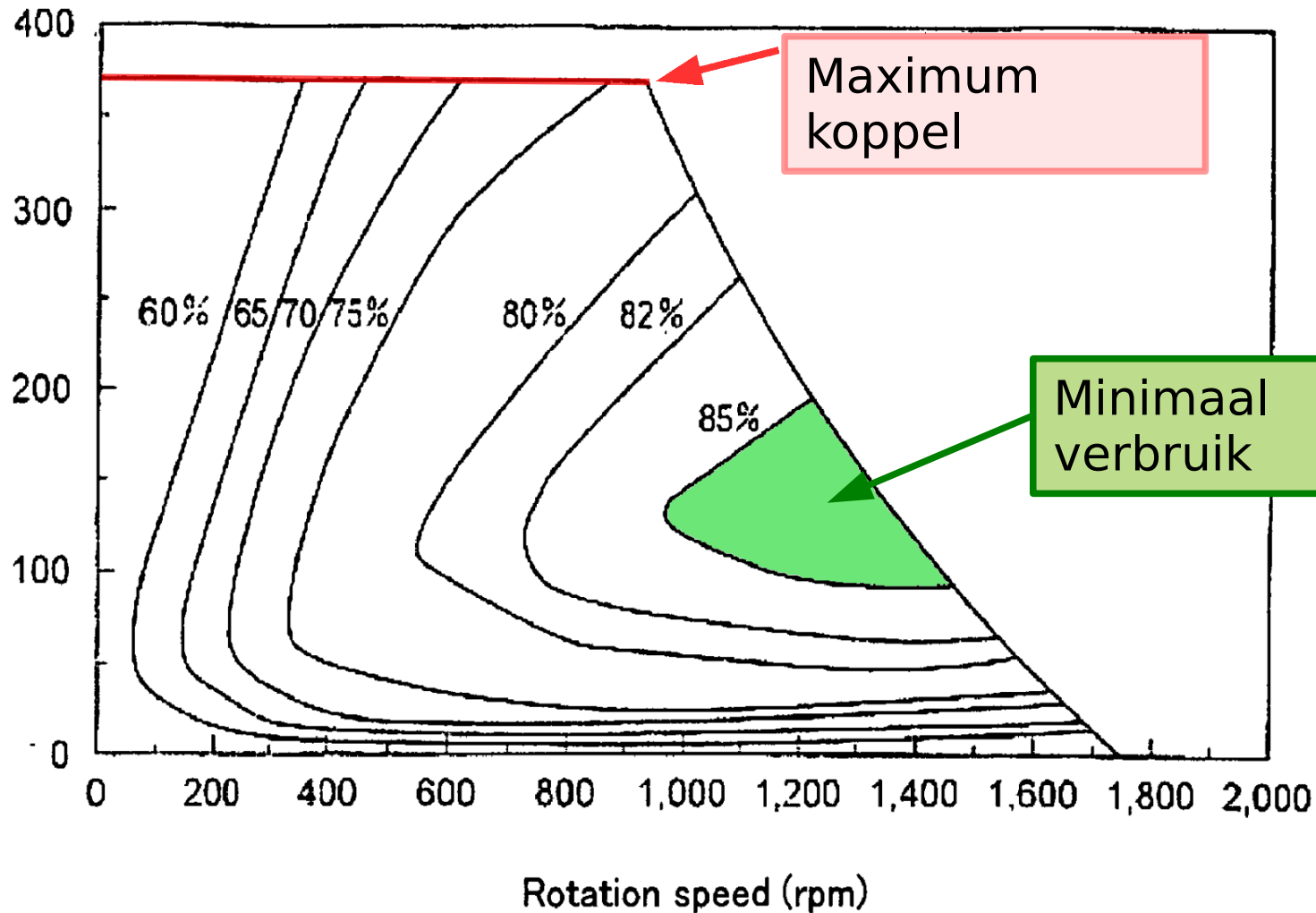
- Koppel evenredig met stroomsterkte
- Bij stilstand al maximaal koppel
- Motor = generator, spanning evenredig met snelheid

4 kwadranten elektromotor



Elektromotor incl. aansturing

Torque (N-m)



Hybride systemen

1. Techniek

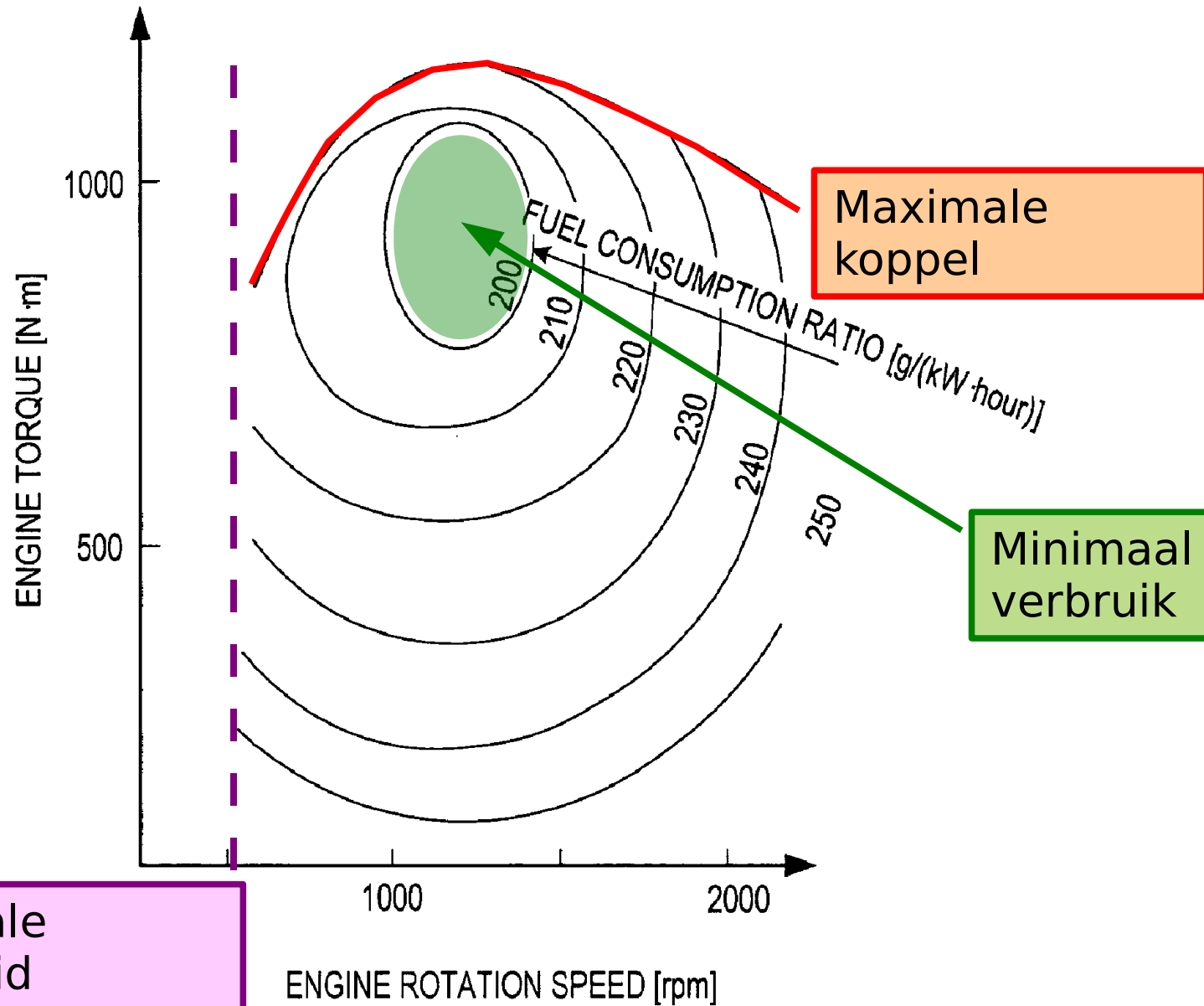
1. Elektromotoren
2. Verbrandingsmotoren
3. Hybride
4. Batterij

2. Economie

Verbrandingsmotor

- 1 kwadrant bedrijf
- Beperkte motorrem in 2^{de} kwadrant

Verbrandingsmotor



Verbrandingsmotor \Leftrightarrow elektromotor

- Optimaal bij hoog koppel, middelmatige snelheid
- 1 kwadrant bedrijf met minimum snelheid
- Hoogste koppel bij middelmatige snelheid
- Optimaal bij middelmatig koppel en hoge snelheid
- 4 kwadranten bedrijf met regeneratief remmen
- Hoog koppel bij lage snelheid

Hybride systemen

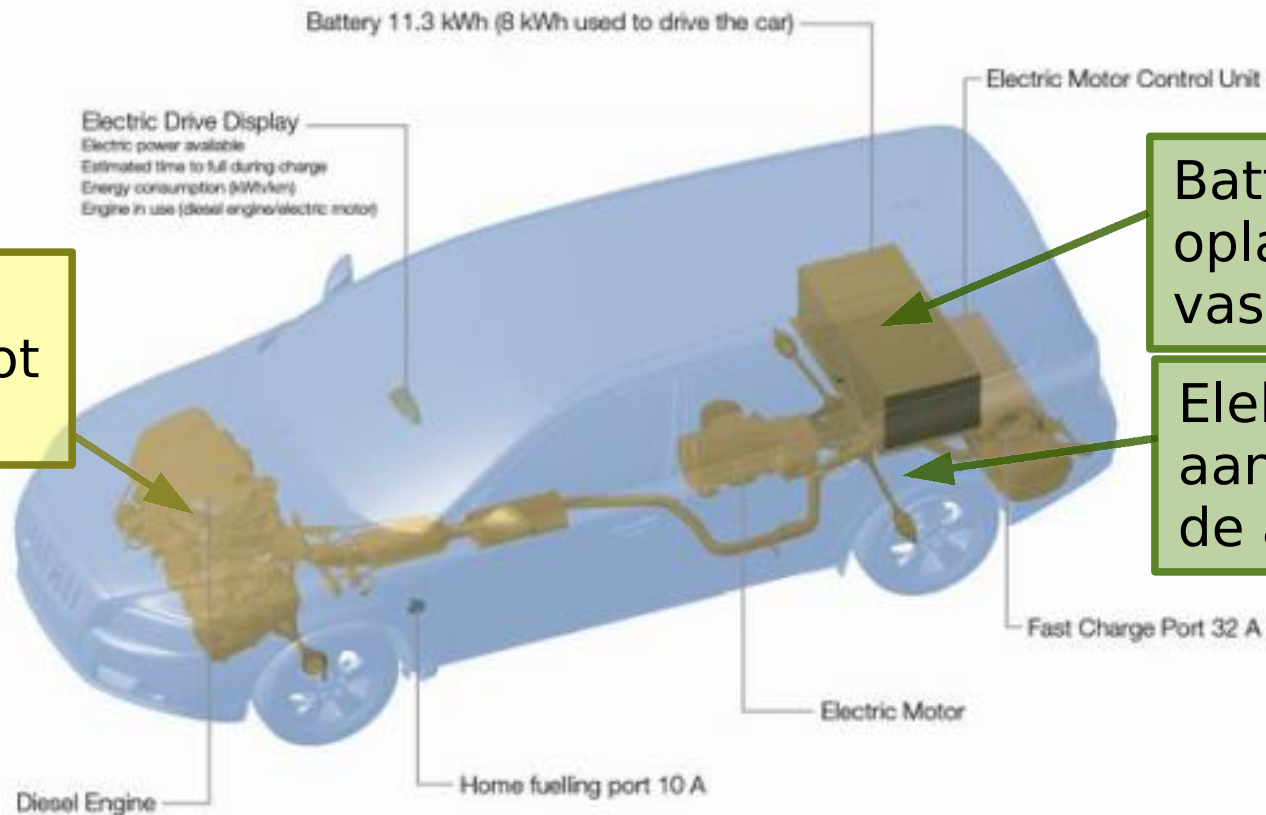
1. Techniek

1. Elektromotoren
2. Verbrandingsmotoren
3. Hybride
4. Batterij

2. Economie

Hybride

Dus combineer verbrandingsmotor en elektromotor?



Conventionele verbrandingsmotor op de vooras

Batterij opladen van vaste net

Elektrische aandrijving op de achteras

Eerste 50 km elektrisch, daarna op brandstof verder

Hybride

Accumulator

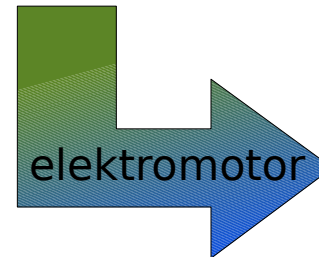
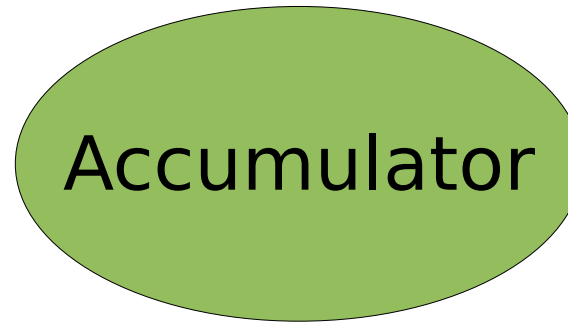
Brandstof

verbrandingsmotor

Beweging

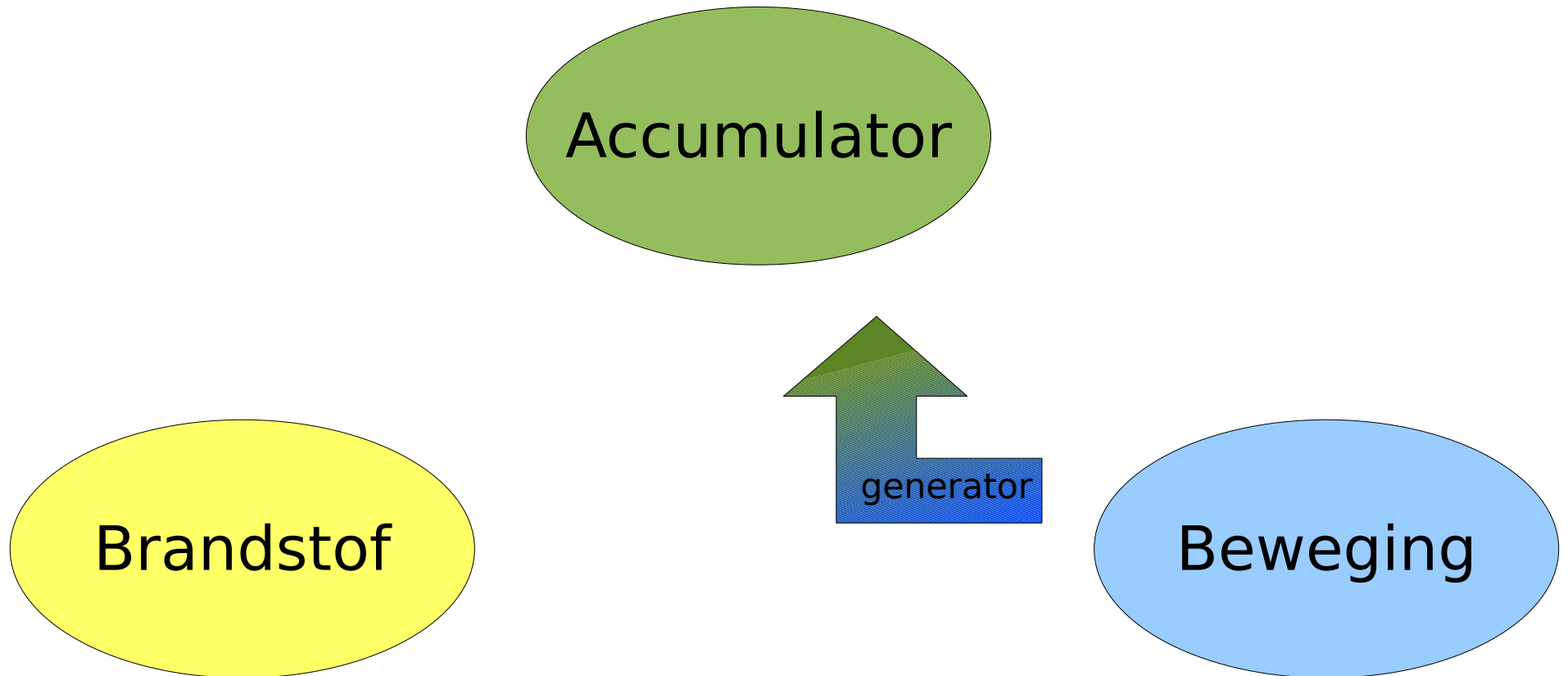
Conventioneel: alleen verbrandingsmotor

Hybride



Conventioneel: alleen elektromotor

Hybride



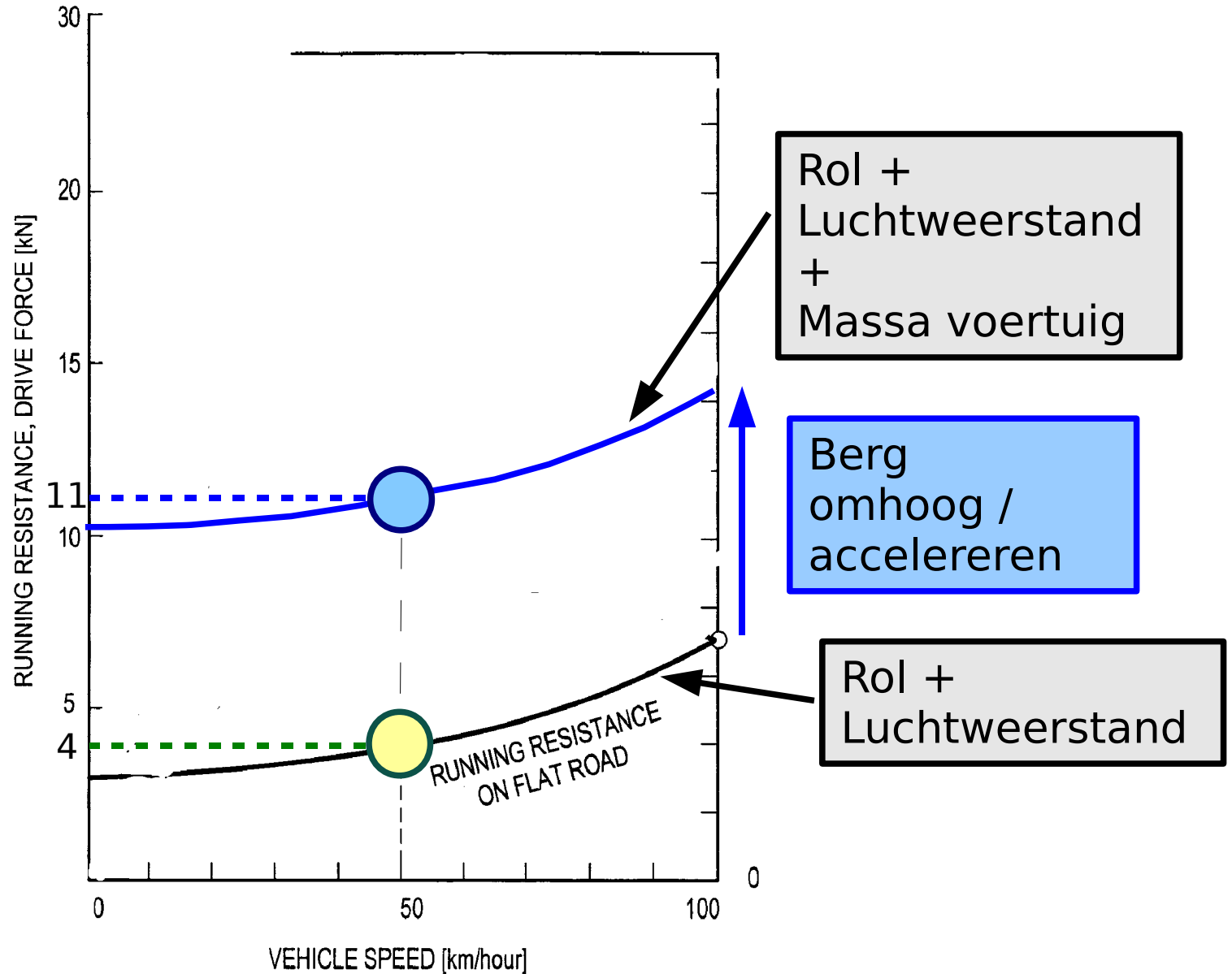
Remmen met energie terugwinnen

Hybride, meer dan combinatie

Lastproces:

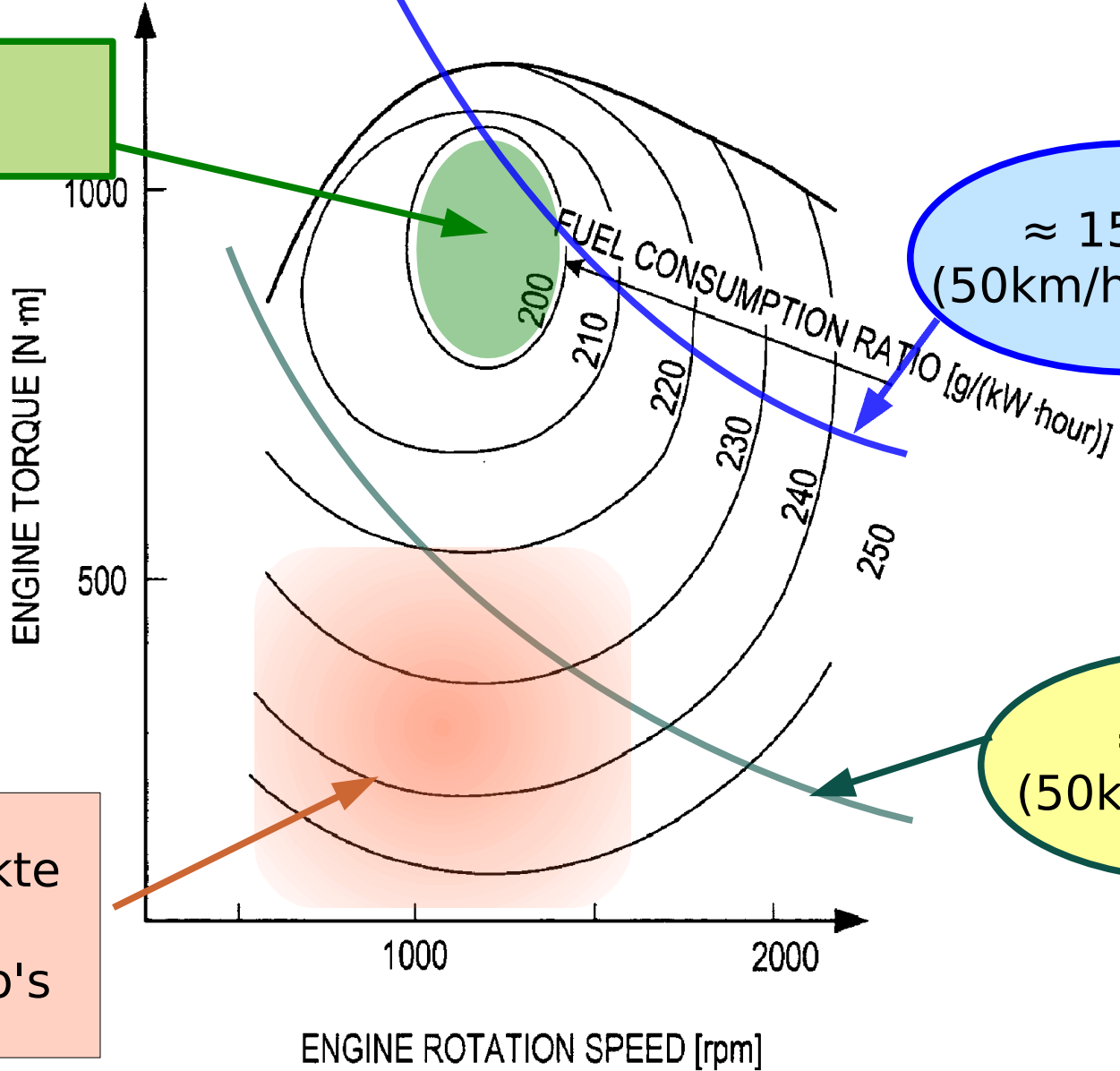
- op een tijdstipmoment
 - over een traject
- 
- Synergie

Lastproces



Lastproces

Minimaal
verbruik



≈ 153 kW
(50km/h, 11 kN)

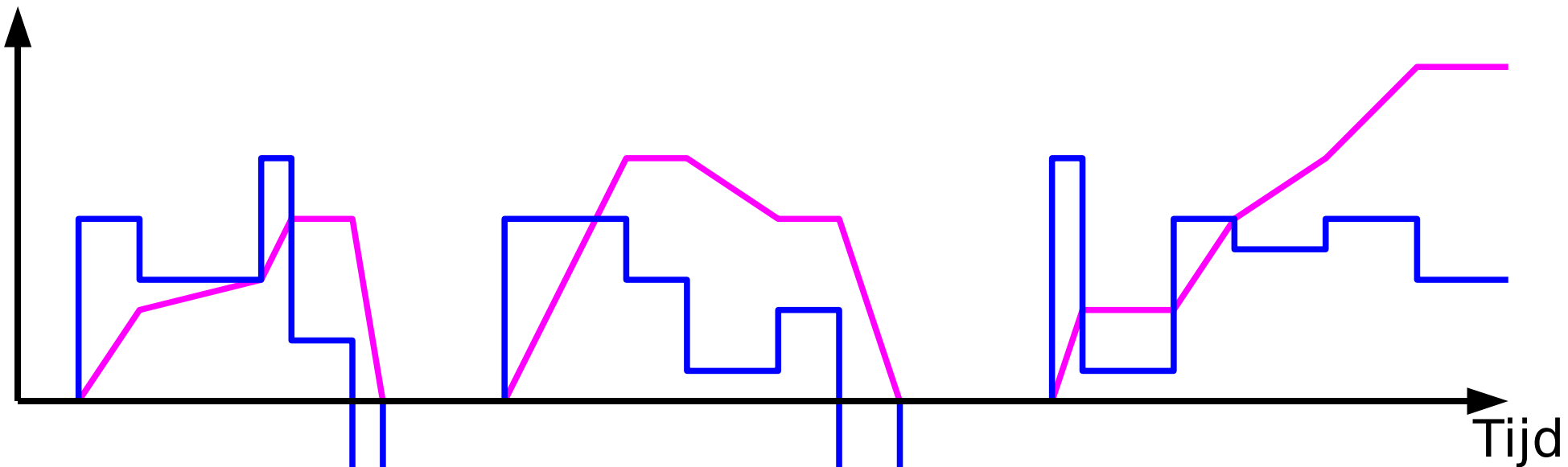
≈ 55kW
(50km/h, 4 kN)

Meest gebruikte
gebied bij
personenauto's

Traject

Vermogen

Snelheid



Wegrijden

Stoplicht

Stoplicht

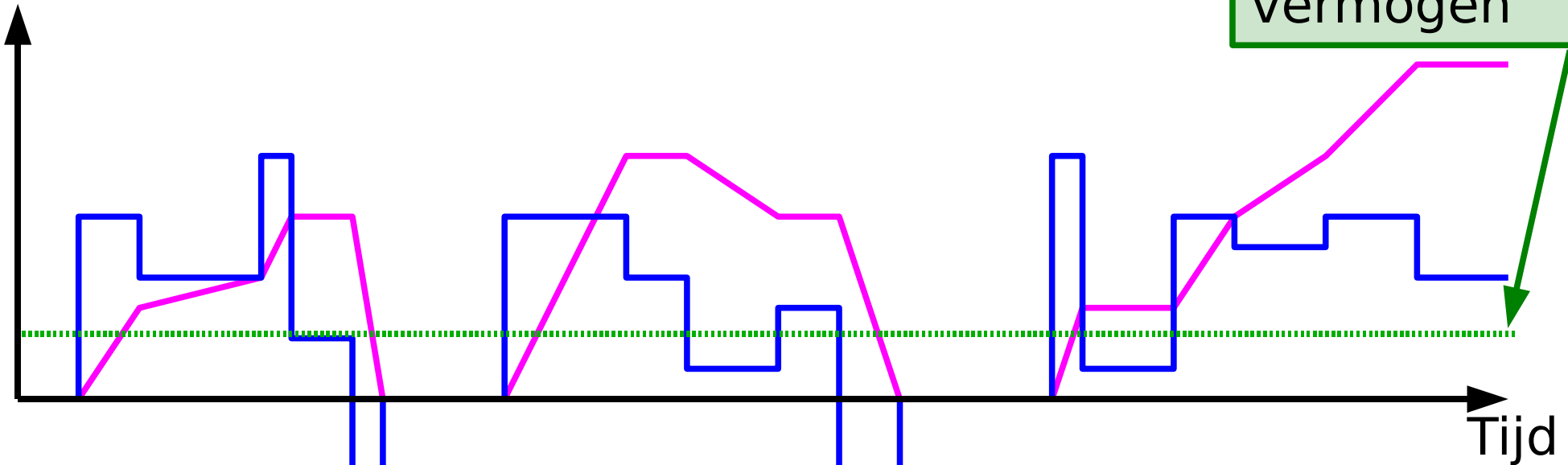
Hogere snelheid

Traject

Vermogen

Snelheid

Gemiddelde
vermogen



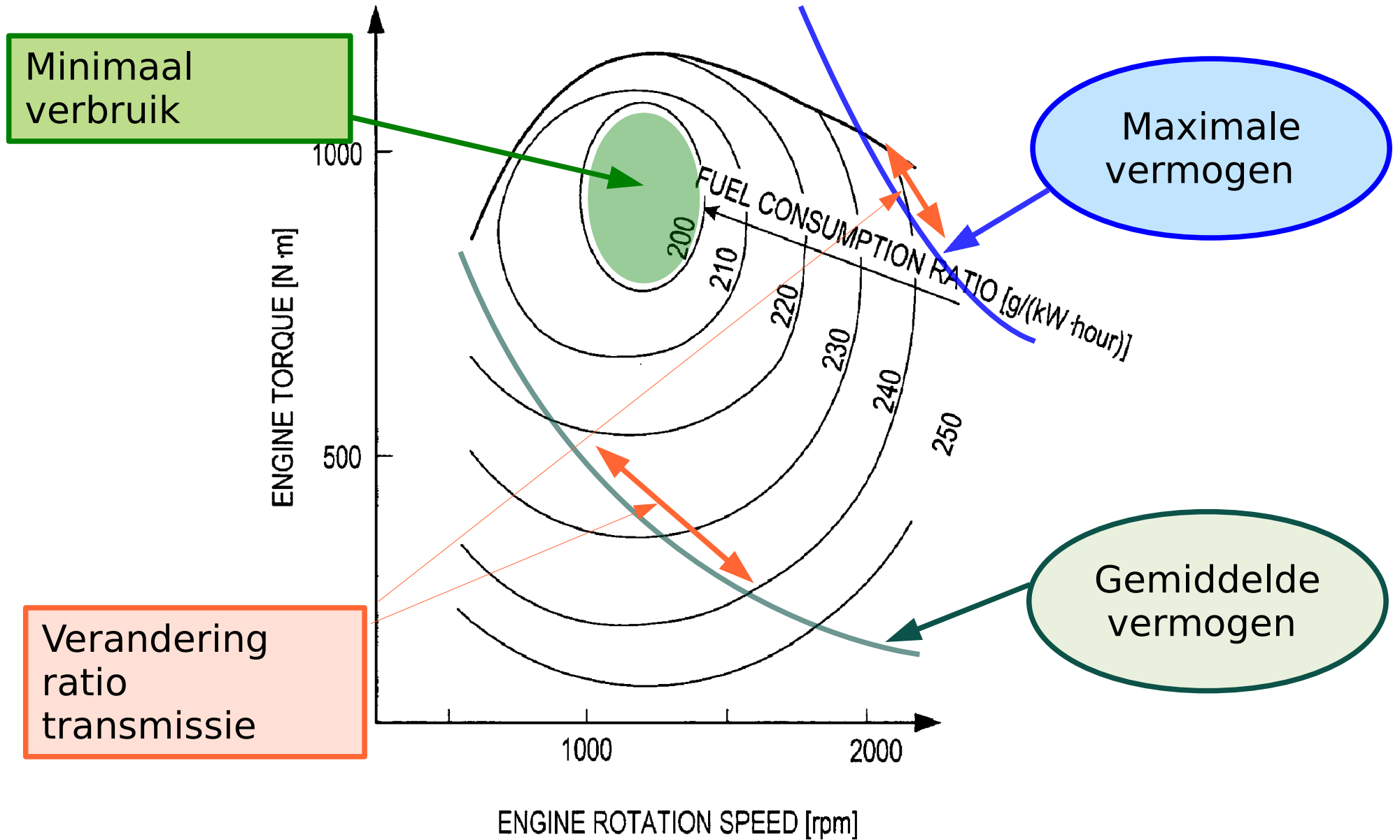
Wegrijden

Stoplicht

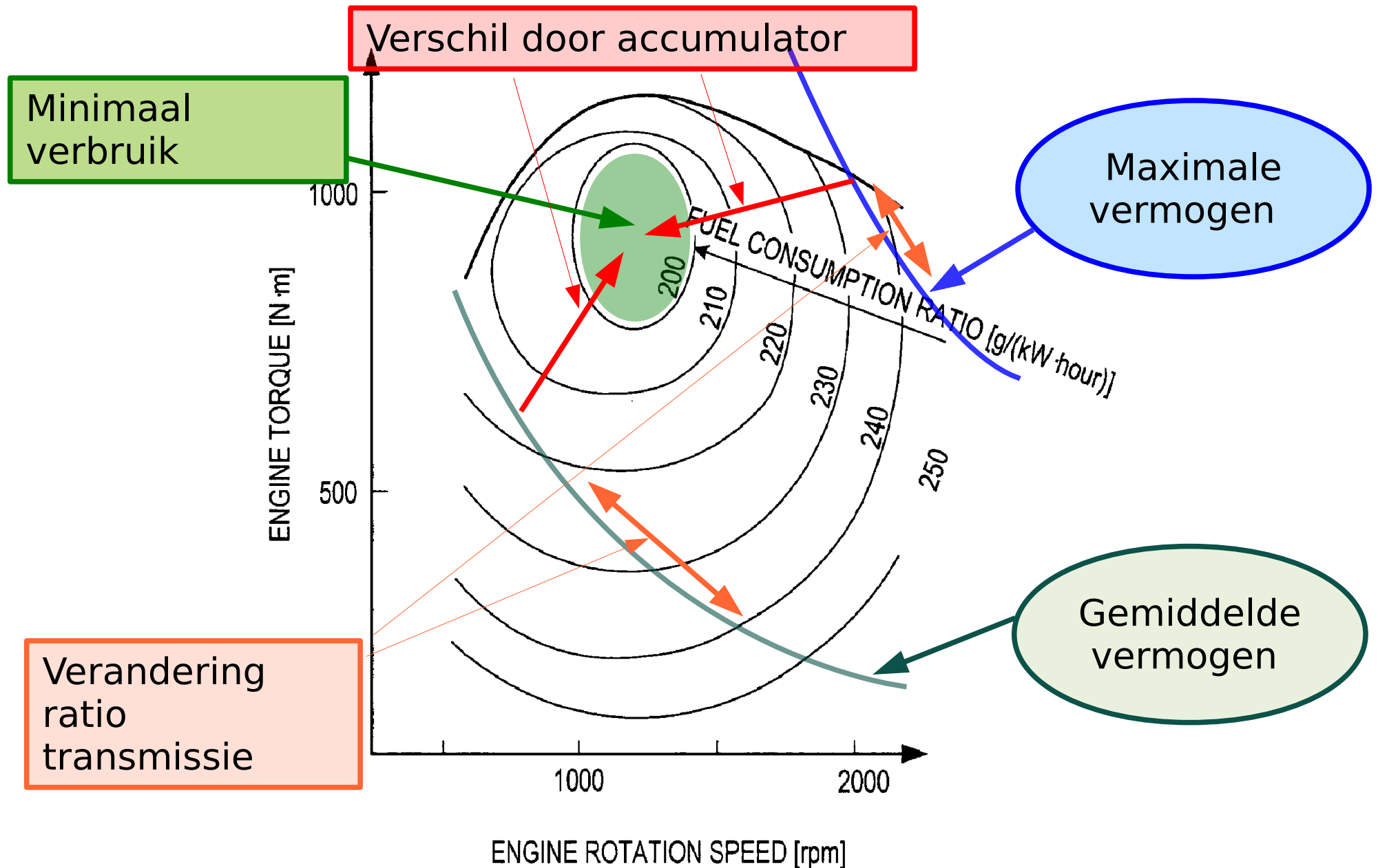
Stoplicht

Hogere snelheid


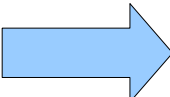
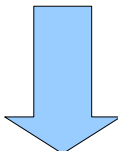
Lastproces



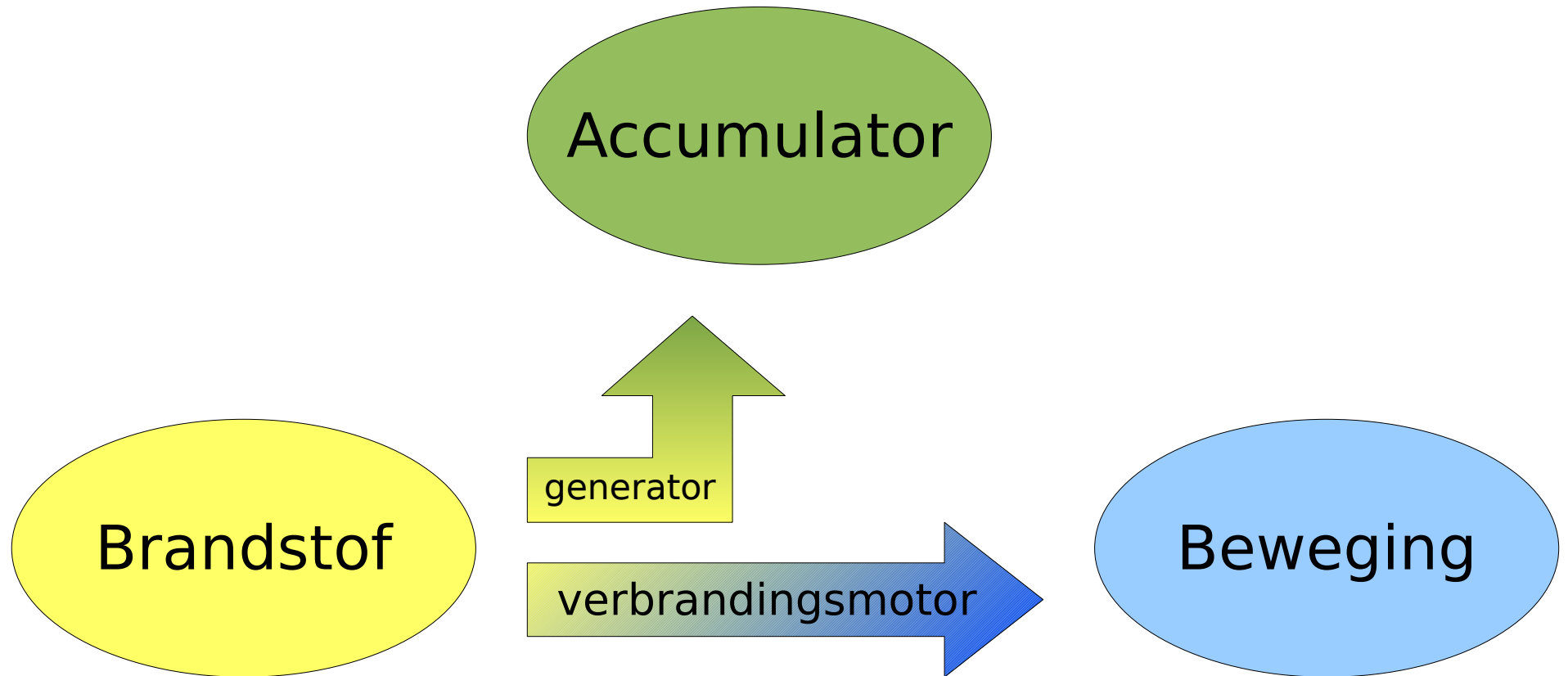
Hybride: extra vrijheid vermogen



Accumulator

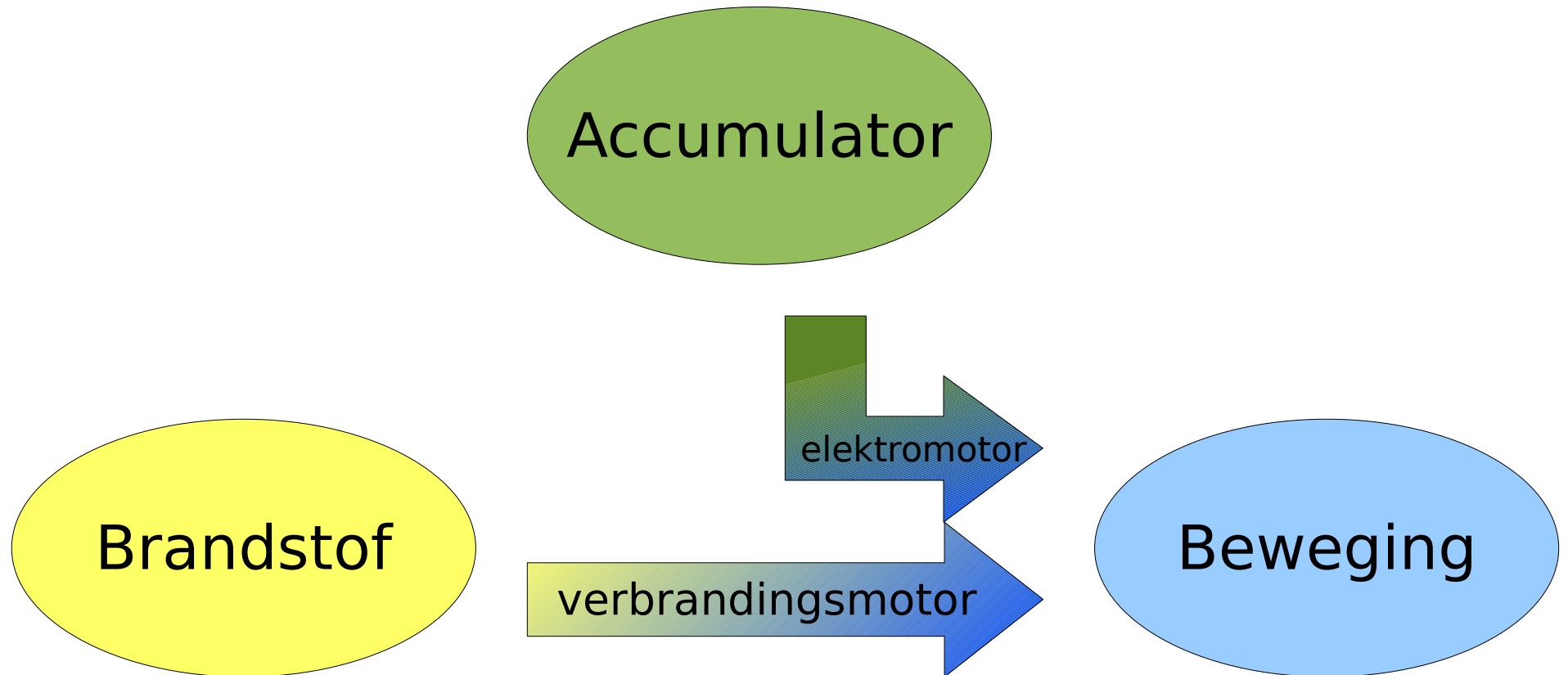
- Kan extra vermogen van de verbrandingsmotor opnemen  Brengt verbrandingsmotor in gunstiger rendement
- Kan extra vermogen voor de aandrijving afgeven  Kleinere verbrandingsmotor  Sneller gunstiger rendement

Hybride



Verbrandingsmotor efficiënter door extra verbruik

Hybride



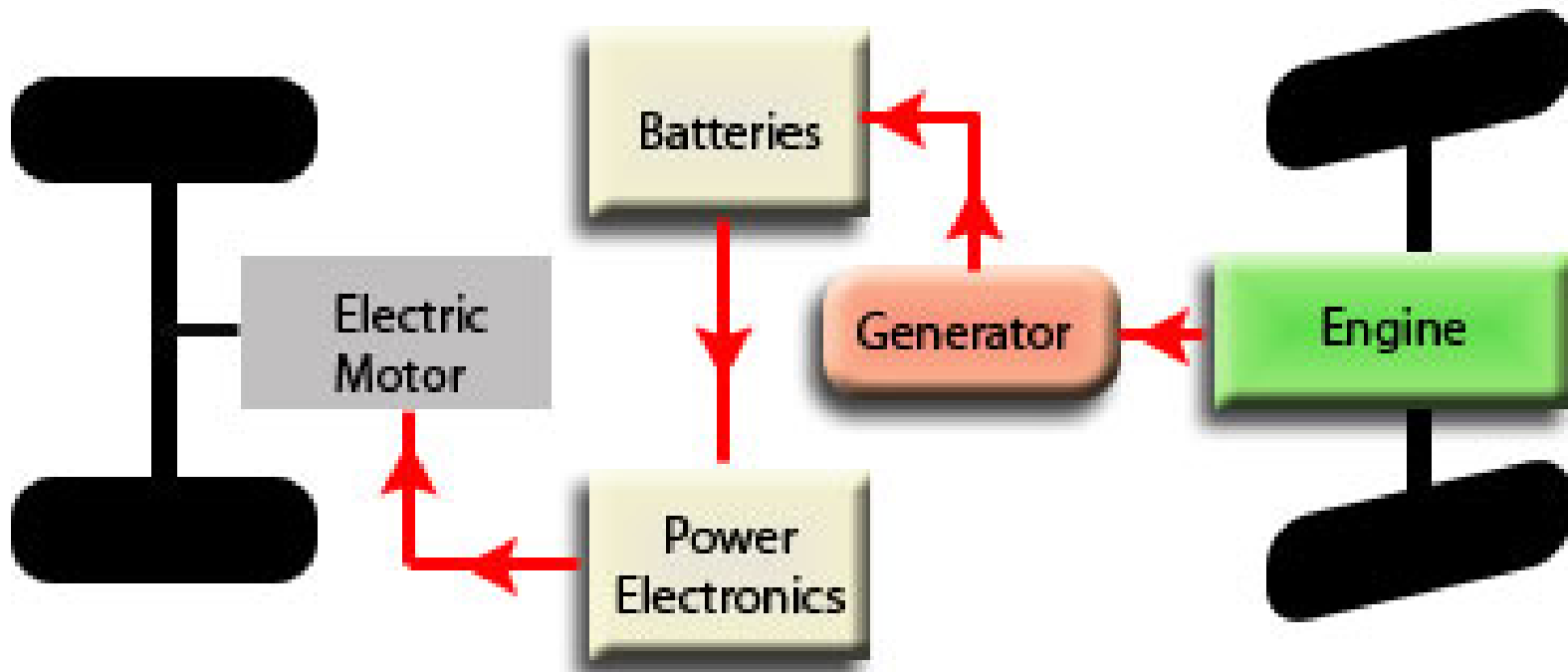
Boost: verbrandingsmotor wordt ondersteunt

Uitvoeringen van hybride

- **Serieel** (bijvoorbeeld de Lohner-Porsche hybride 1900)
- **Parallel** (bijvoorbeeld Honda Civic)
- **Serieel - parallel** (bijvoorbeeld Toyota Prius)

Serieel hybride

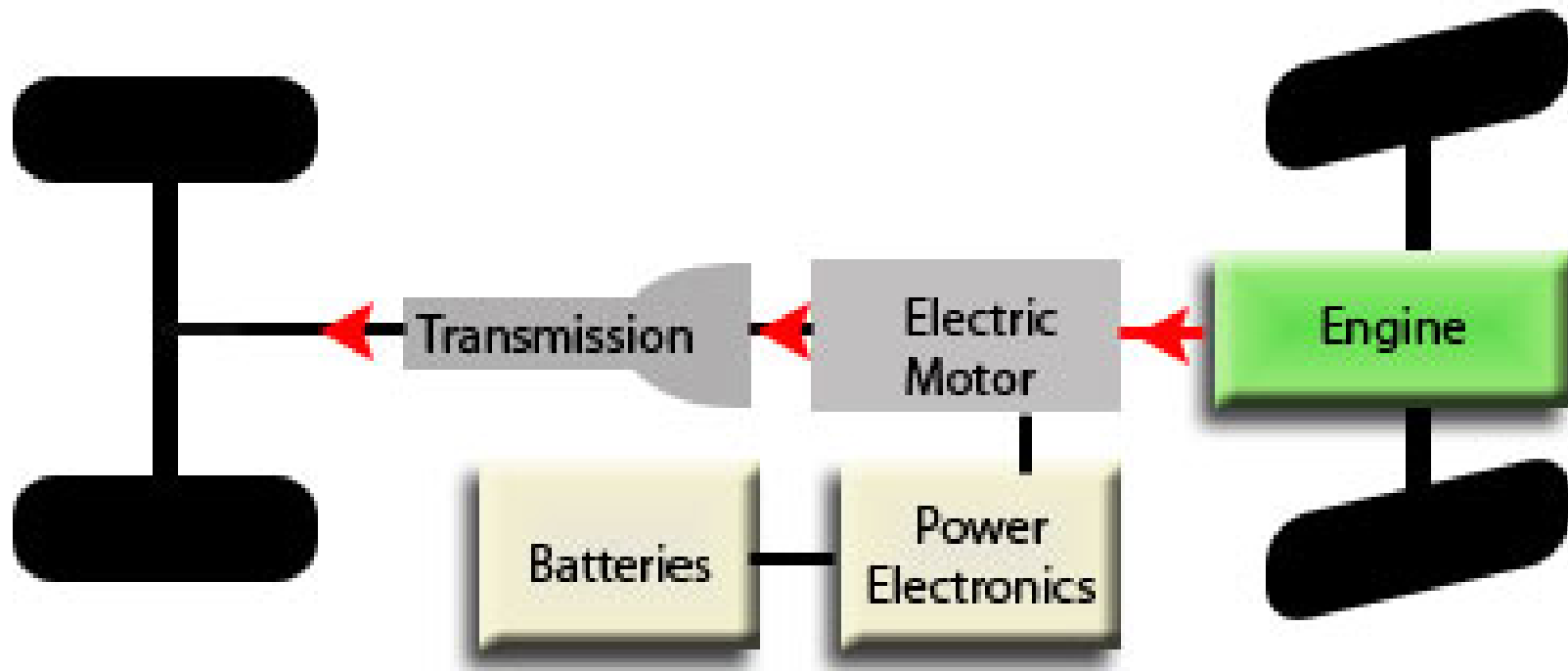
Series Hybrid Electric
Vehicle Drivetrain



Transmissie = elektrisch

Parallel hybride

Parallel Hybrid Electric Vehicle Drivetrain



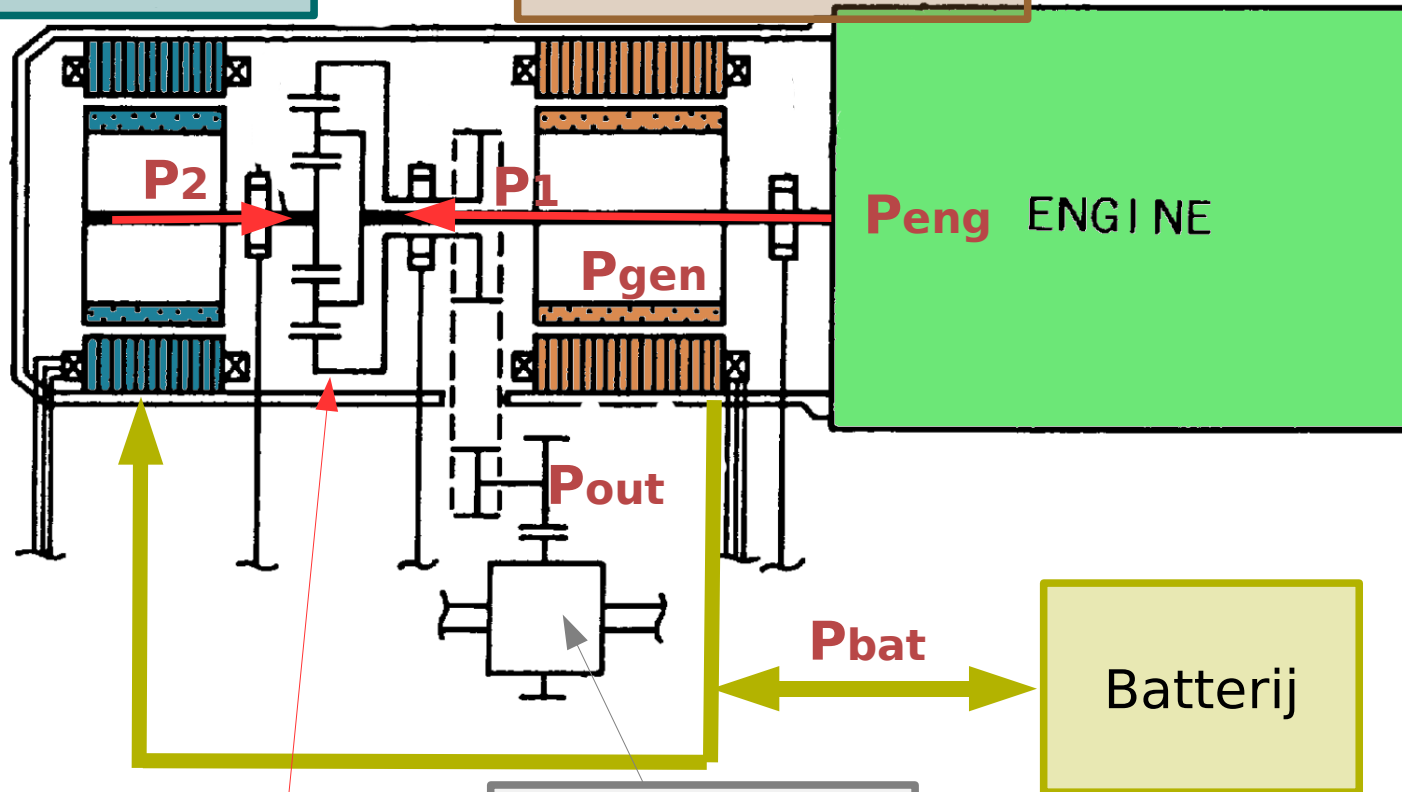
Transmissie = mechanisch

Serieel - parallel hybride

Motor / generator

Generator / motor

Vermogen deels mechanisch en deels elektrisch: torque-split Continu Variabele Transmissie



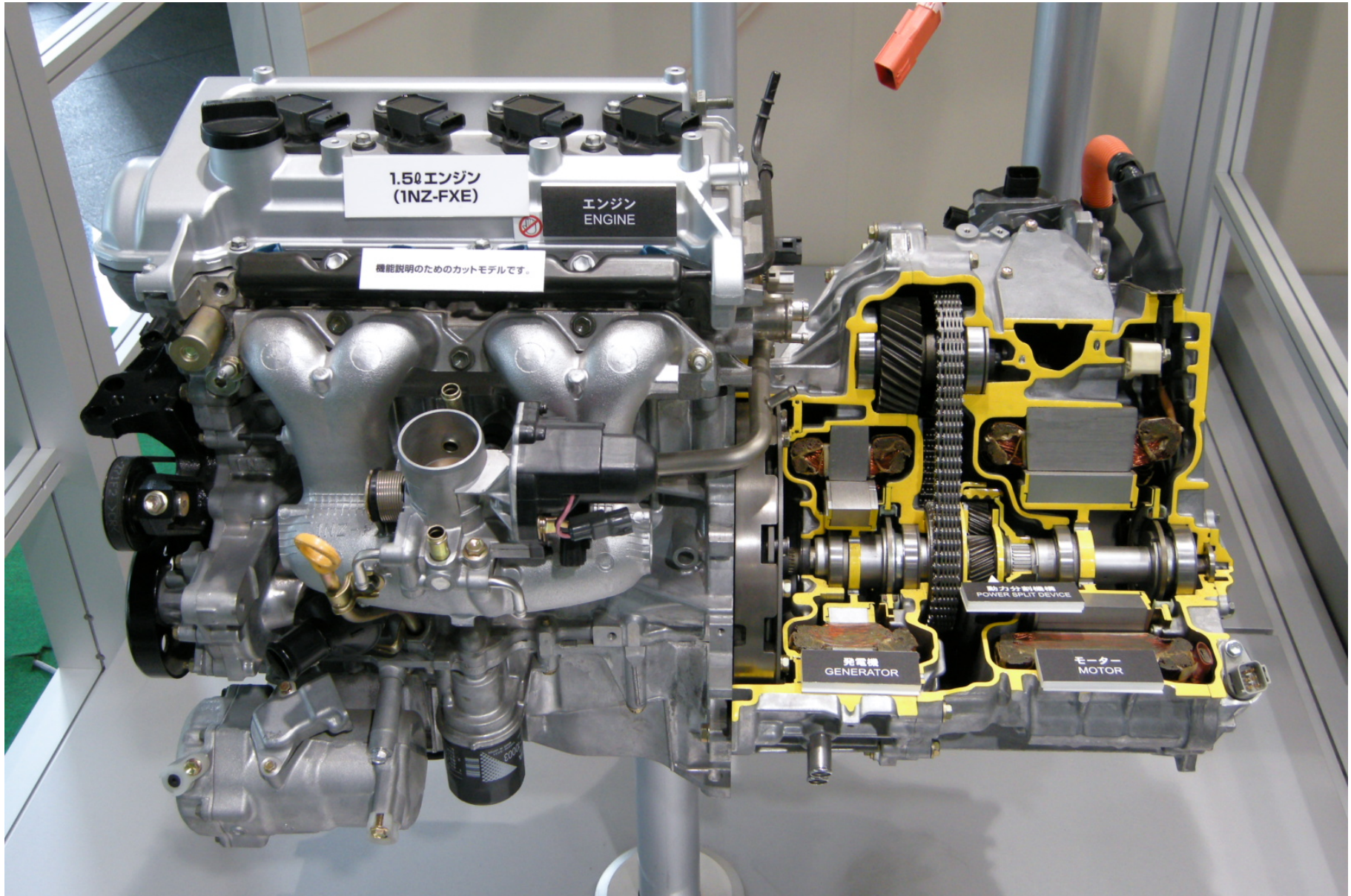
Planeet overbrenging telt beweging van verbrandingsmotor en elektromotor op

Differentieel

1.3 Techniek, Hybride

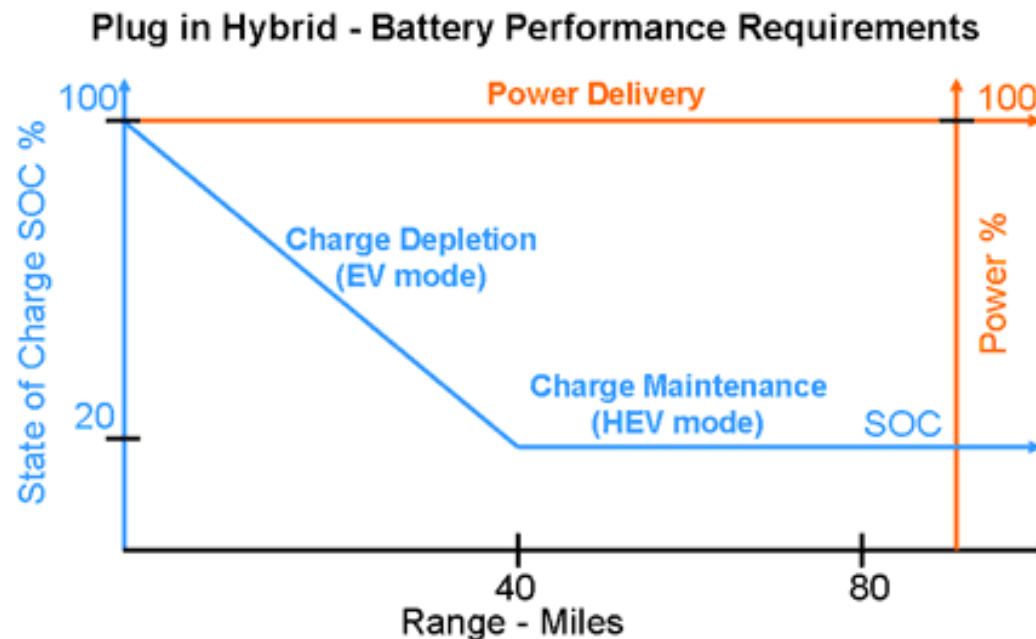
$$\begin{aligned}
 P_{out} &= P_1 + P_2 \\
 P_1 &= P_{eng} - P_{gen} \\
 P_2 &= P_{gen} + P_{bat} \\
 P_{out} &= P_{eng} + P_{bat}
 \end{aligned}$$

Series - parallel hybride



Plug in Hybride

- Batterij groter dan normale Hybride, maar kleiner dan elektrische auto.
- Meer in gebruik als combinatie van conventioneel en elektrisch (laden via net)



Hybride systemen

1. Techniek

1. Elektromotoren
2. Verbrandingsmotoren
3. Hybride
- 4. Batterij**

2. Economie

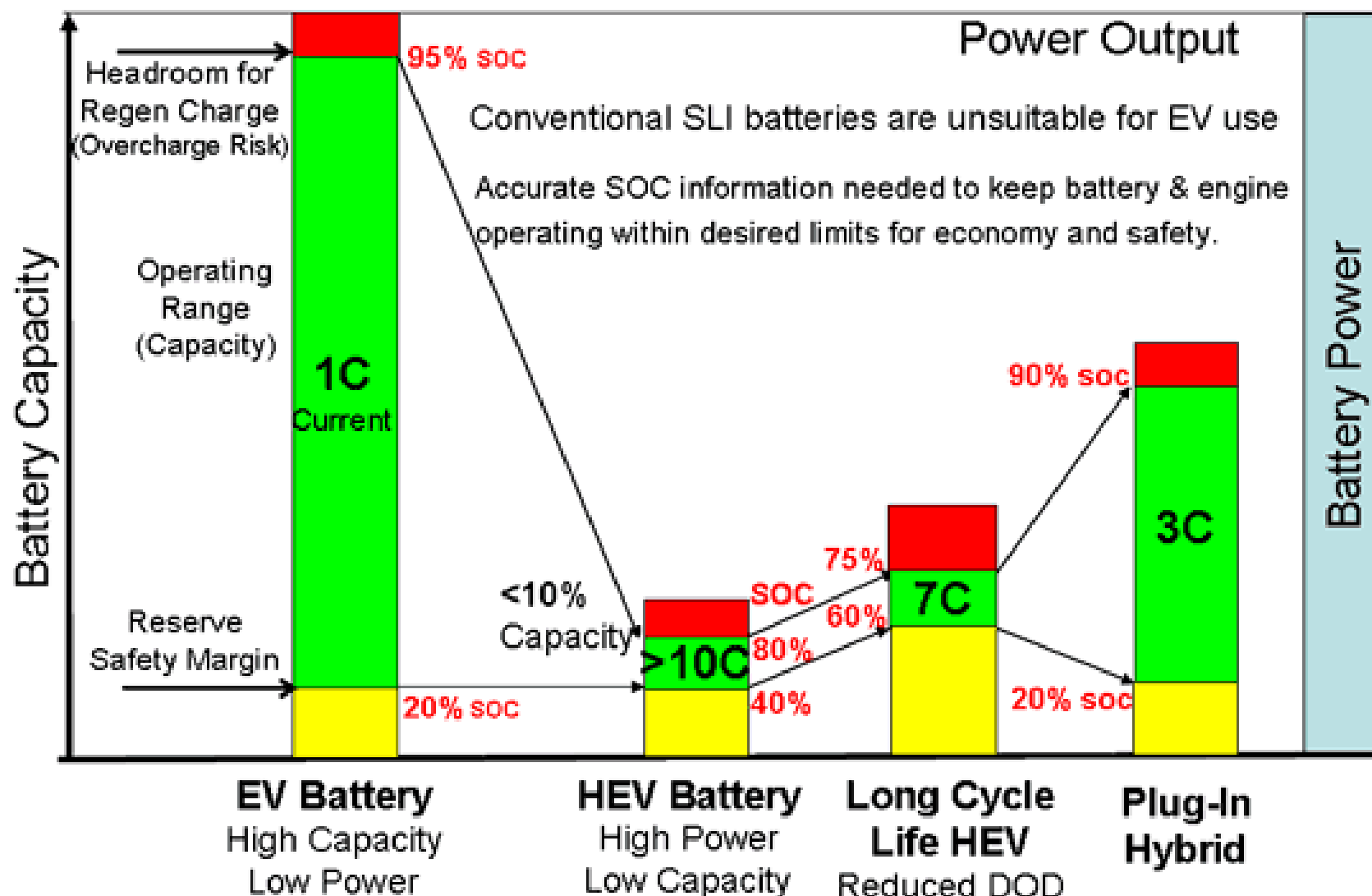
Batterij is beperking

Batterij is bepalend voor soort voertuig:

- Zeer grote capaciteit → puur elektrisch
- Beperkte capaciteit → plug-in hybride
- Kleine capaciteit → hybride

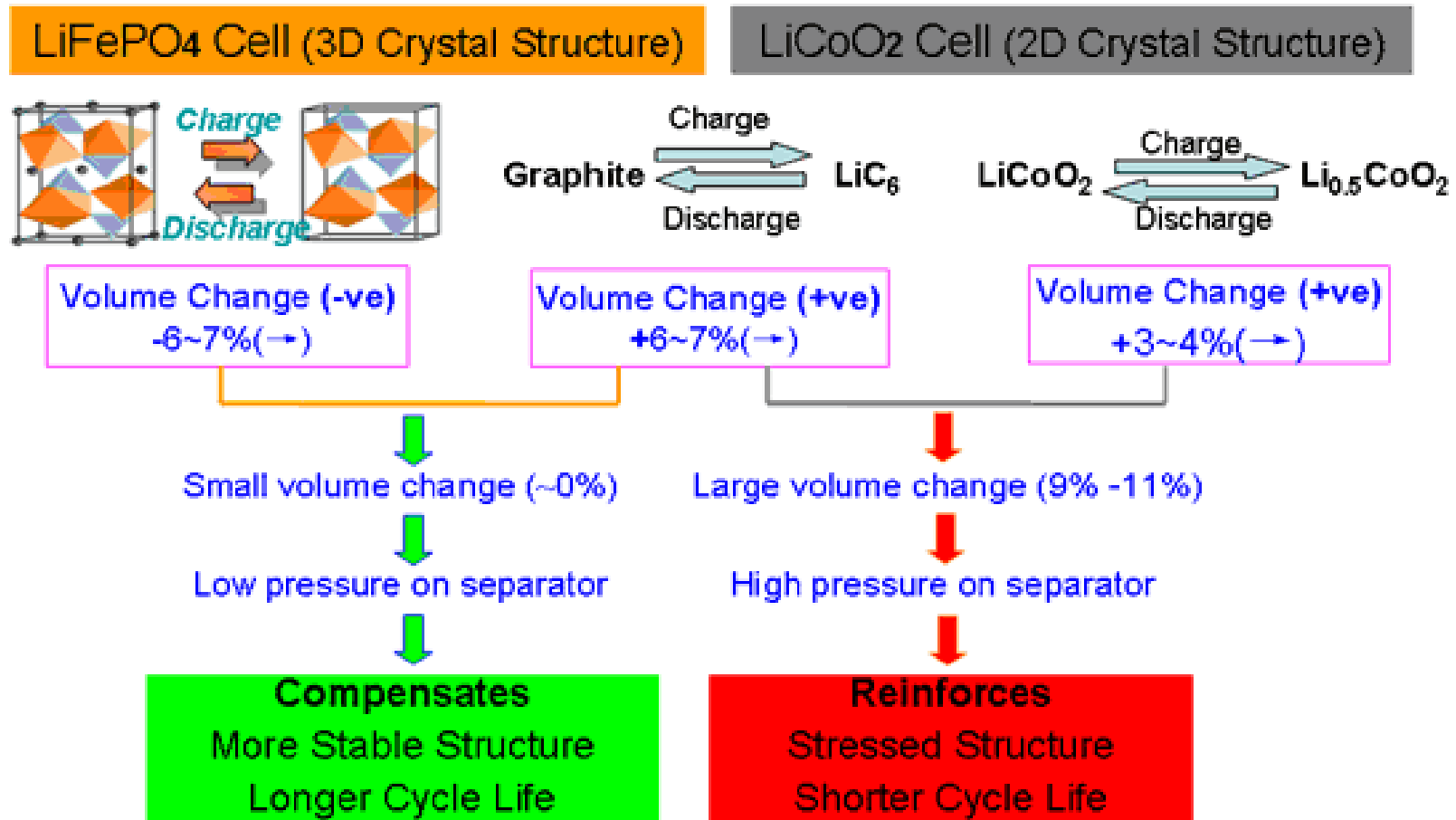
Batterij

Traction Battery Operating Requirements

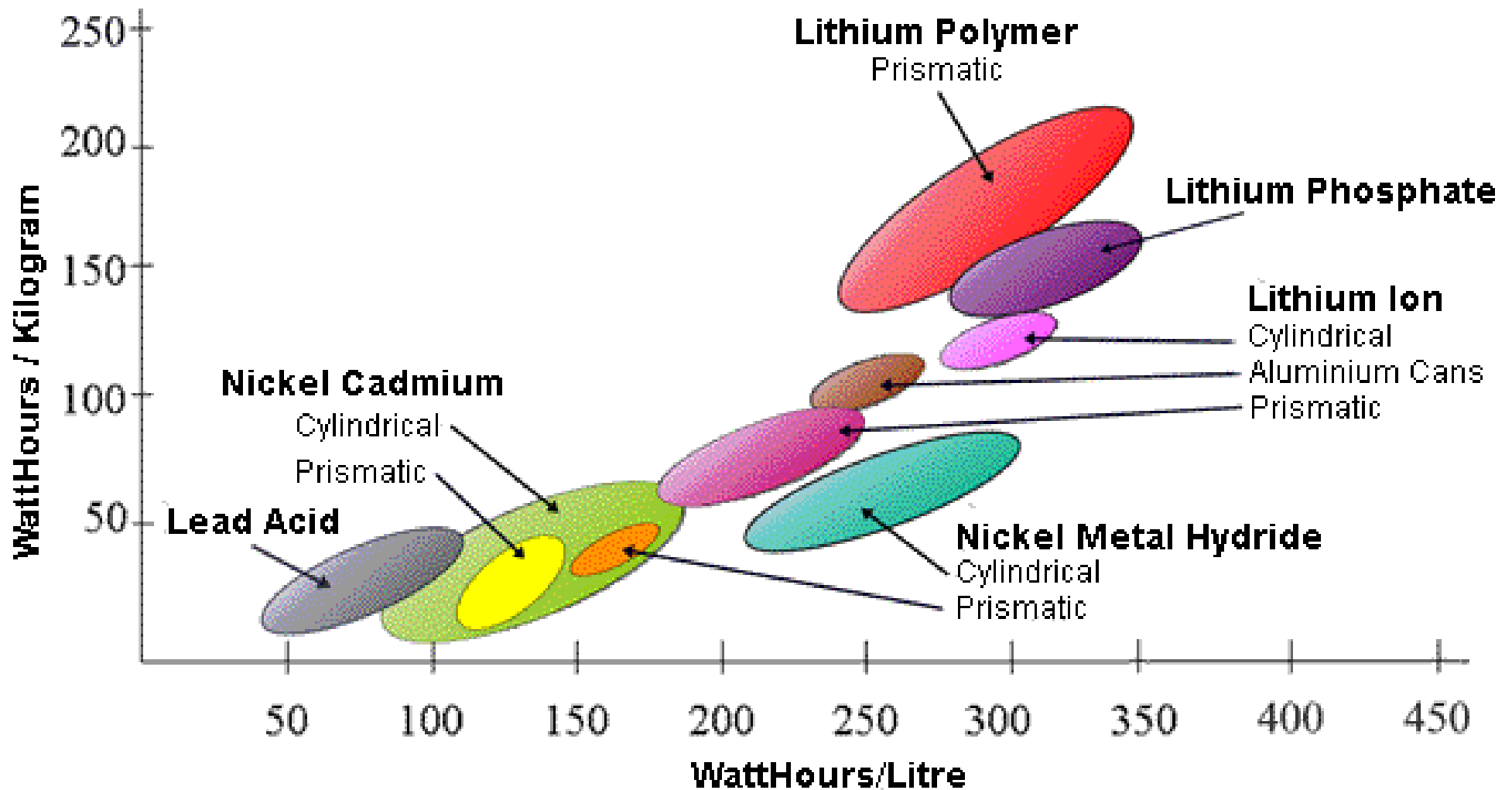


Batterij = chemisch proces

Cyclic Stresses on Cell Components



Capaciteit batterijen

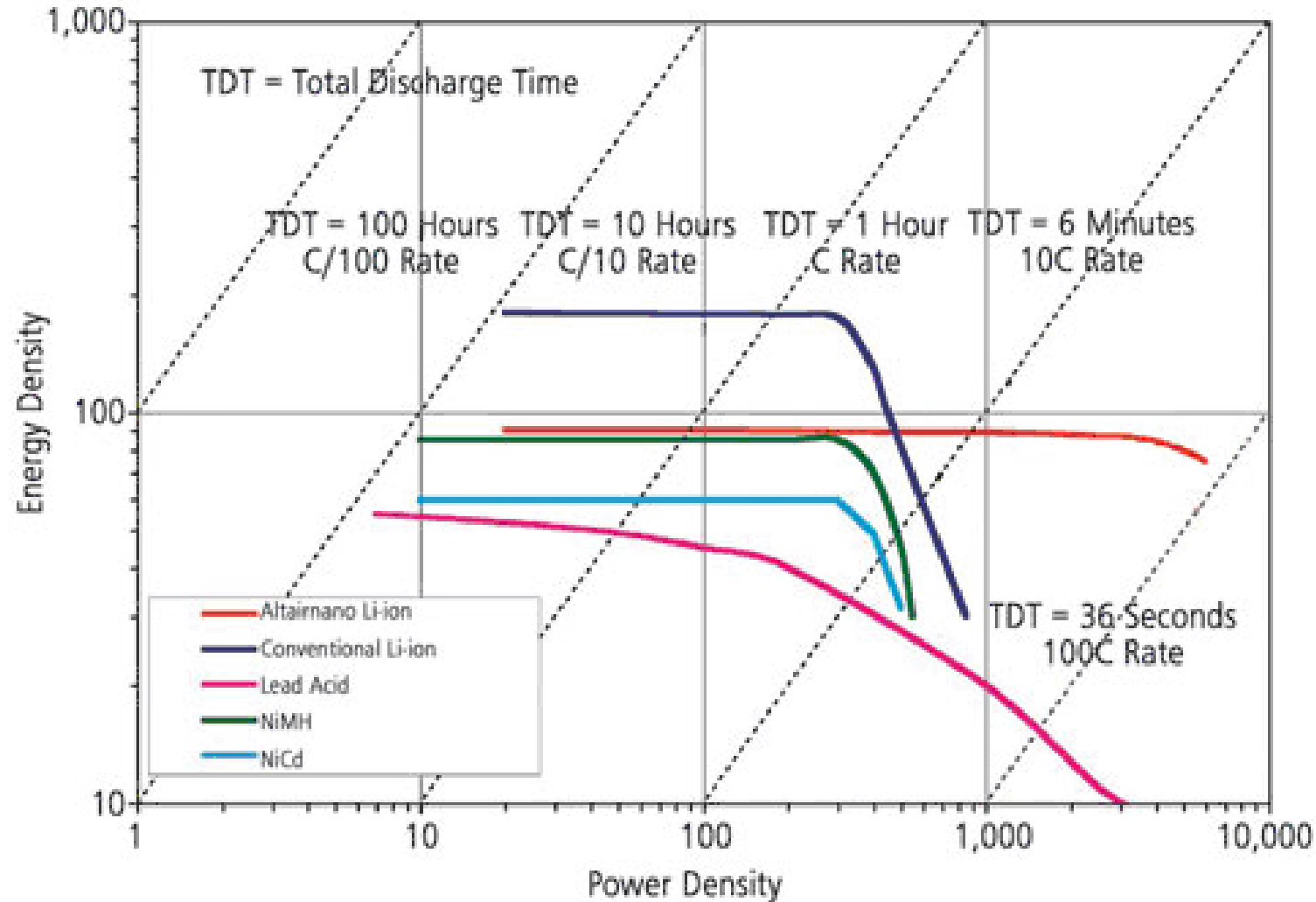


Brandstof ↔ batterij

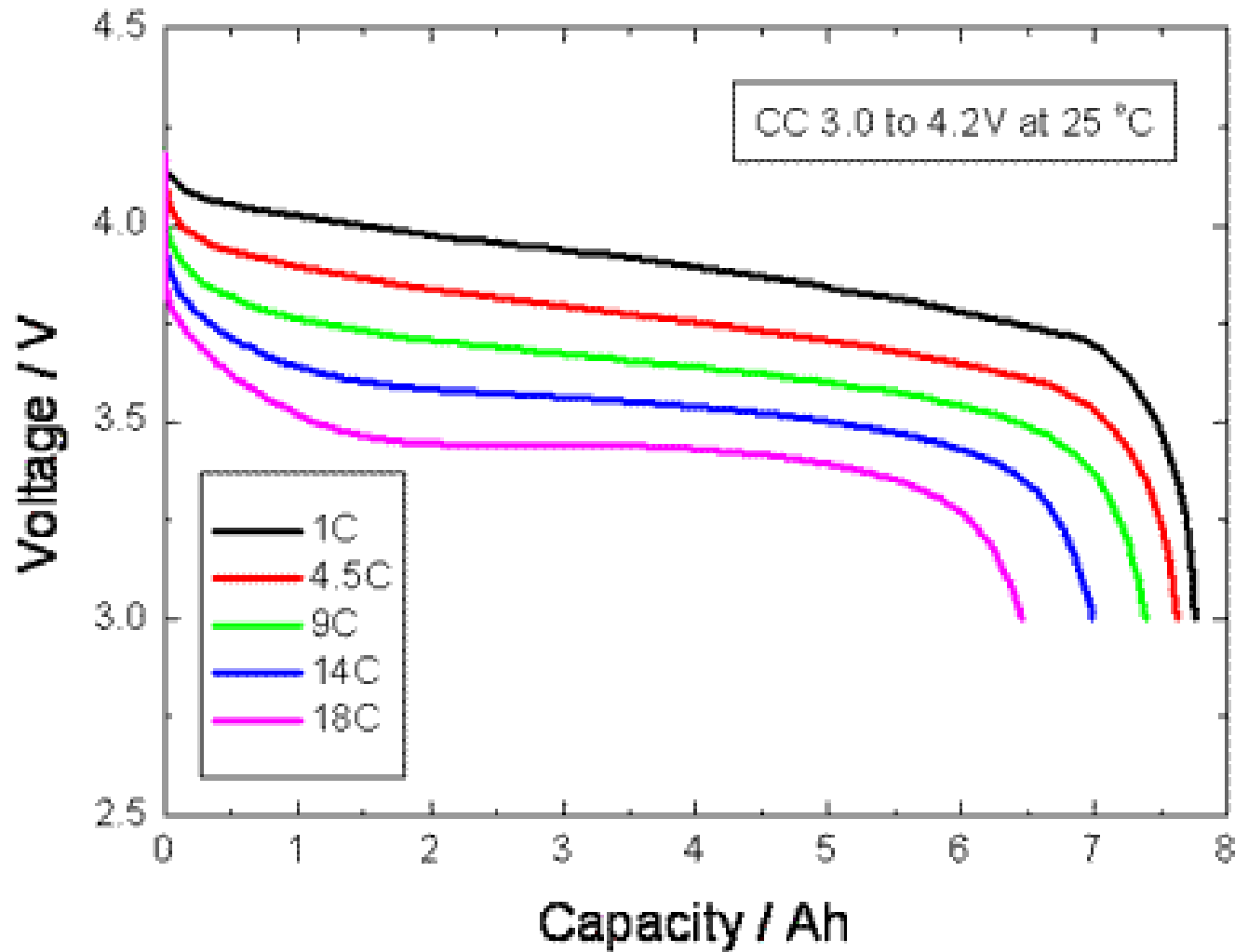
Brandstof optimaal	Beste batterij (lithium polymer)
0,2 kg / kWh	5 kg / kWh
0,25 L / kWh	3 L / kWh

Factor **12 - 25** verschil in energiedichtheid!

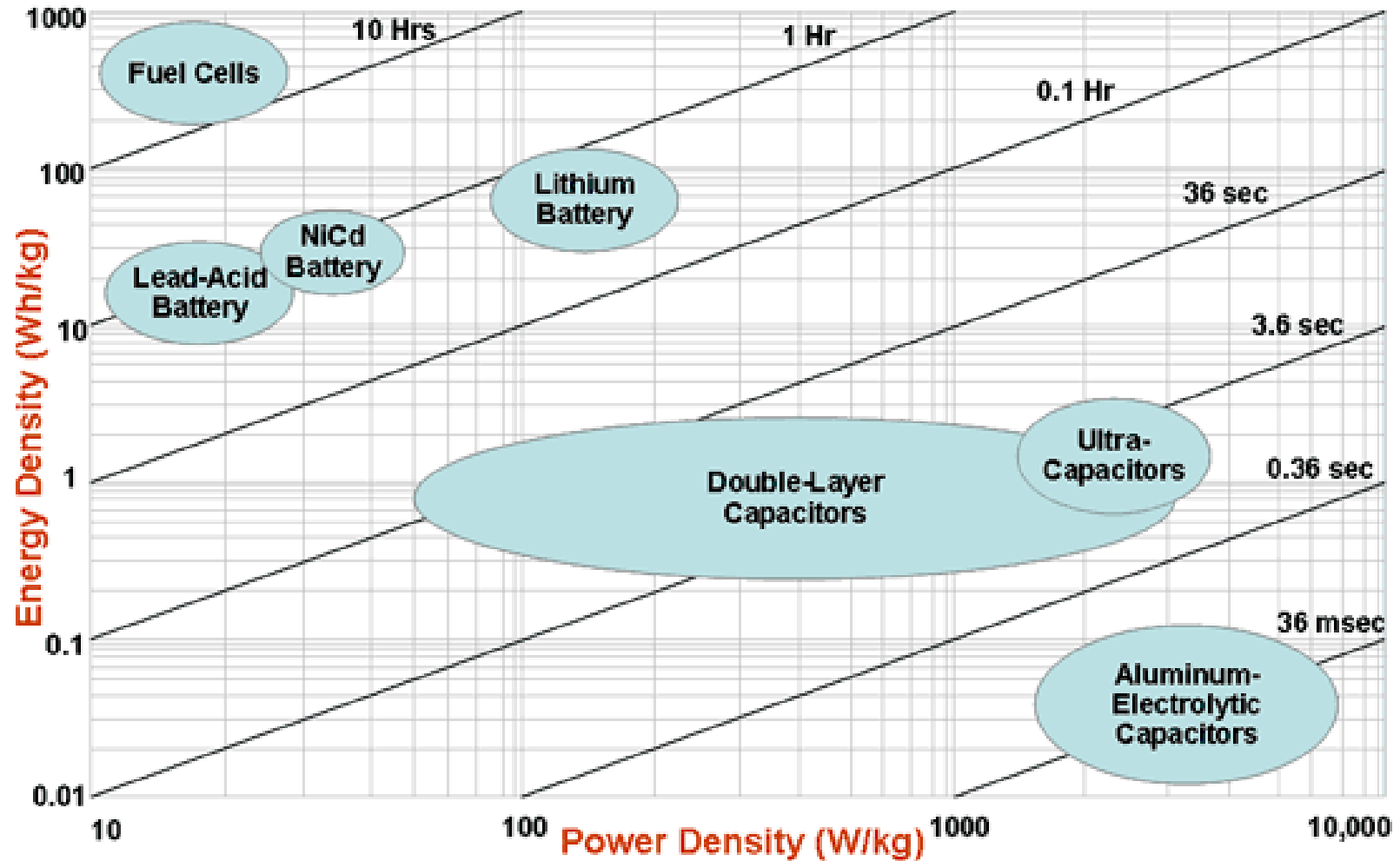
Kenmerken batterij: vermogen - capaciteit



Kenmerken batterij: vermogen – capaciteit

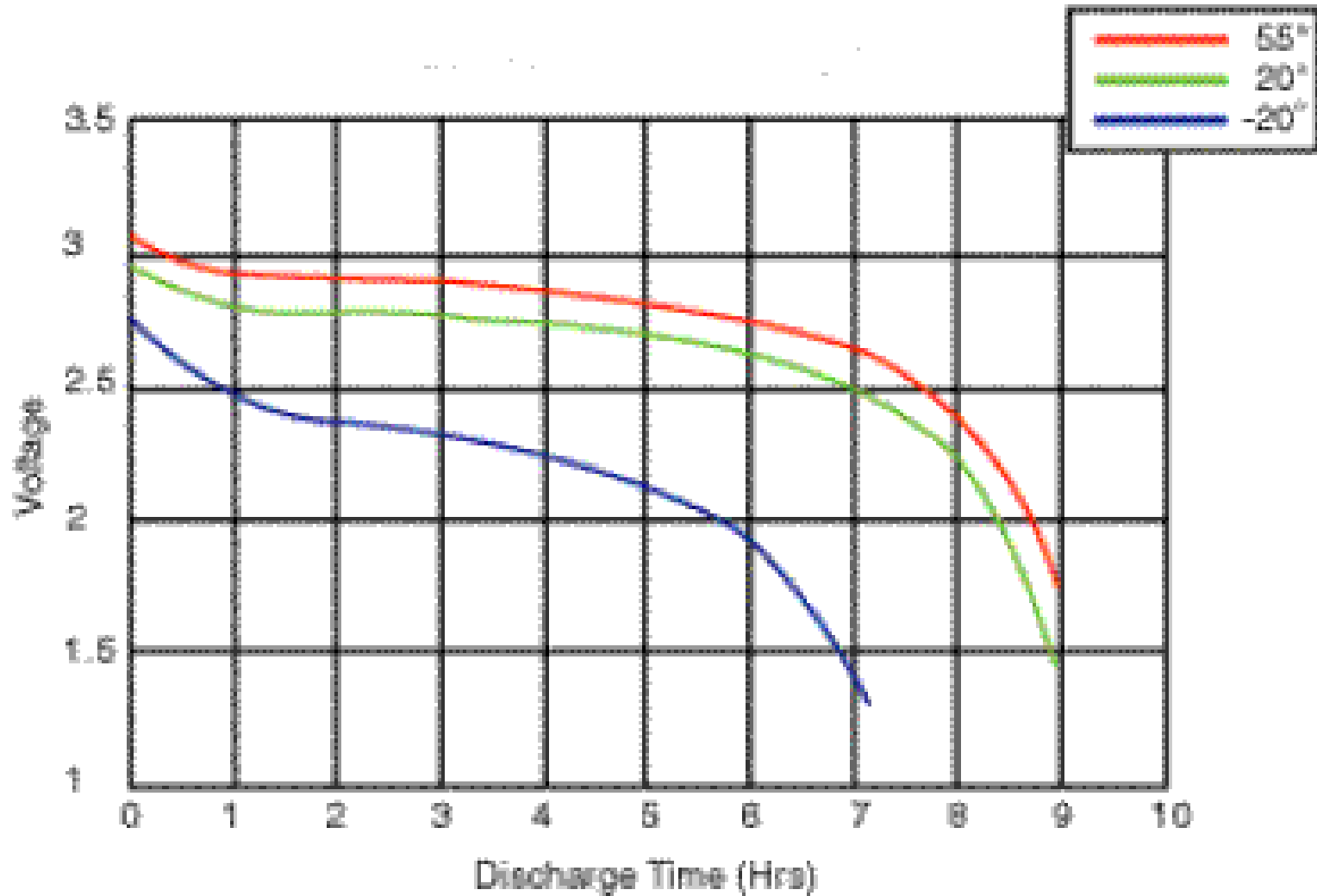


Kenmerken batterij: vermogen – capaciteit

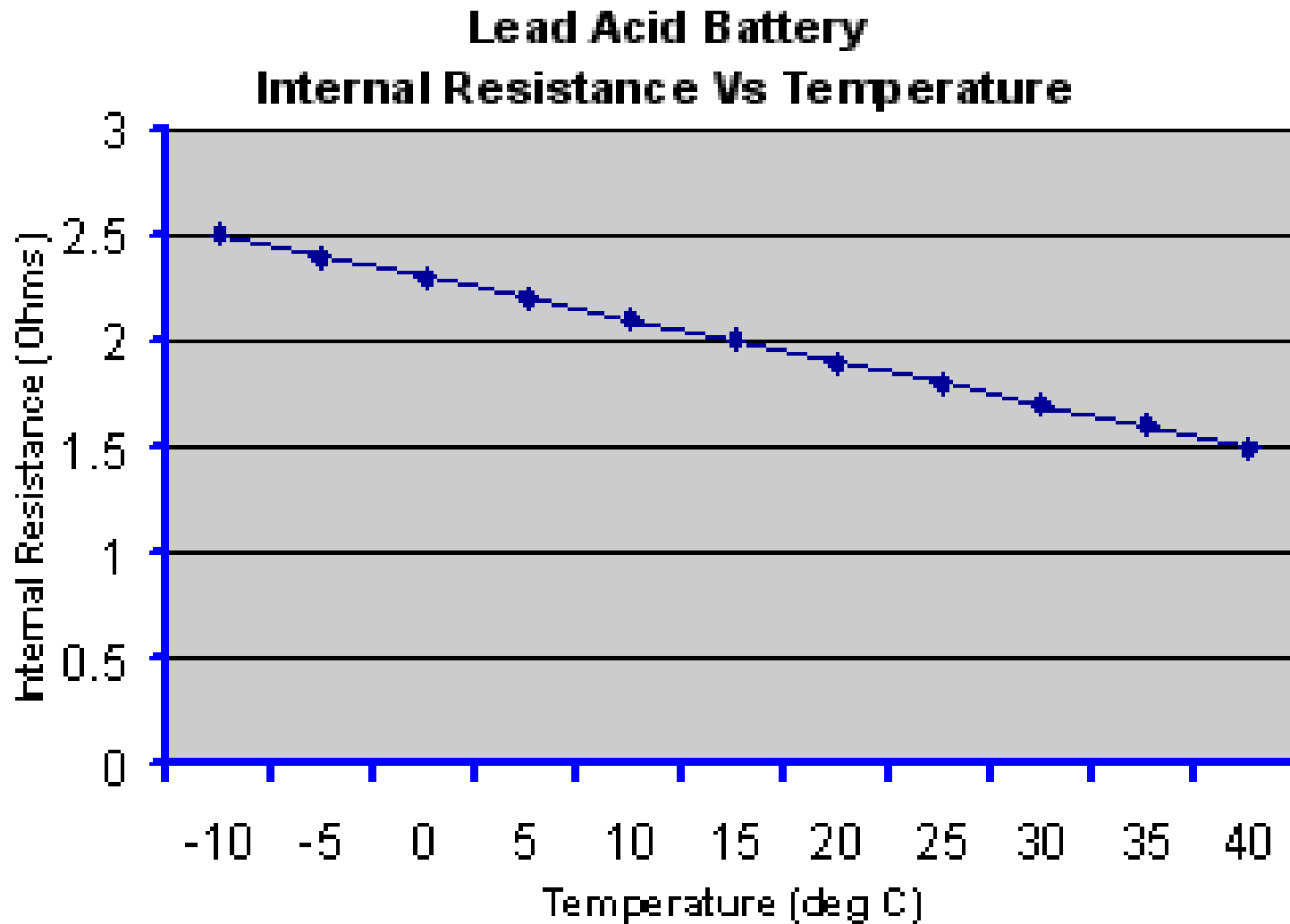


Source US Defence Logistics Agency

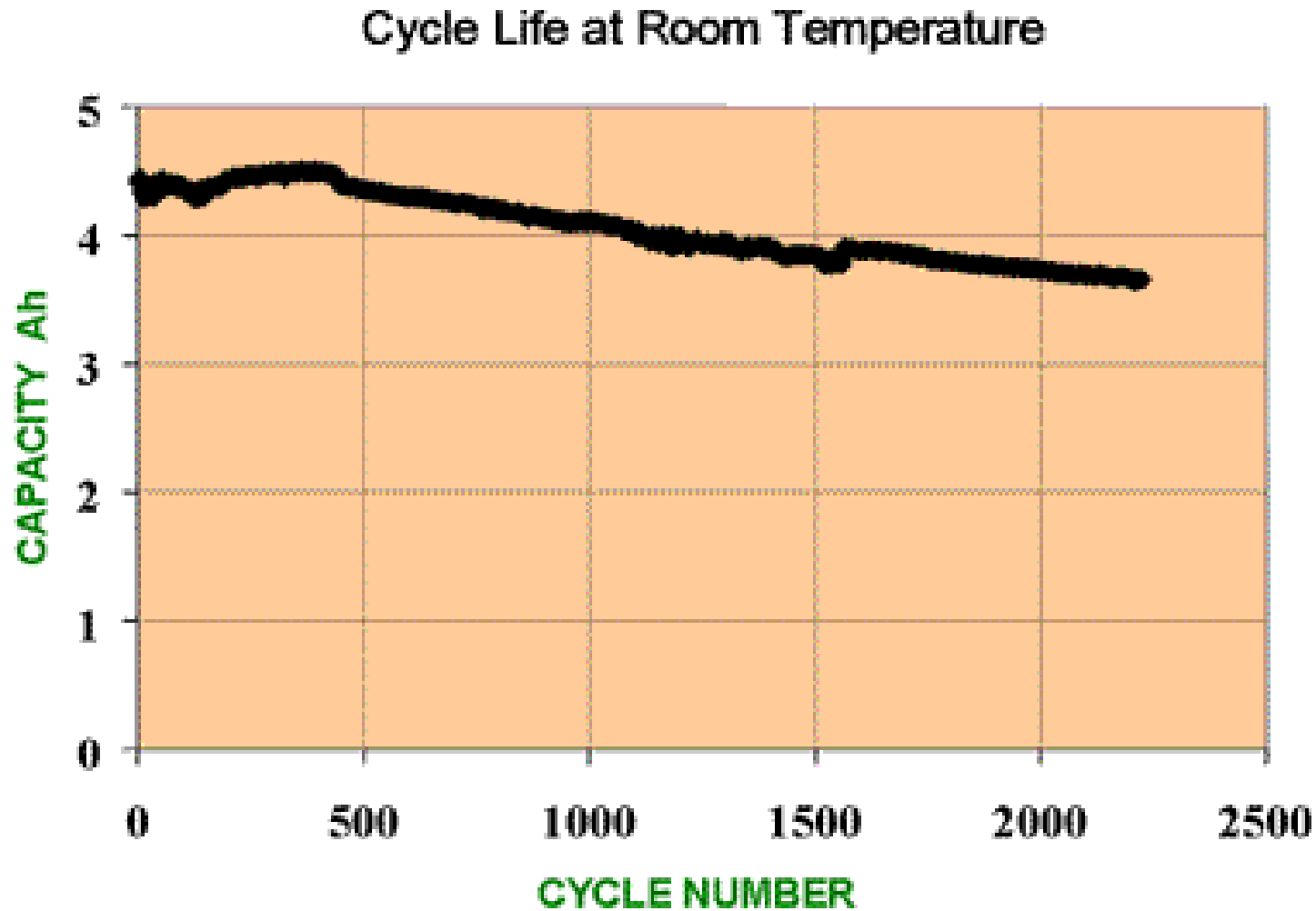
Kenmerken batterij: temperatuur



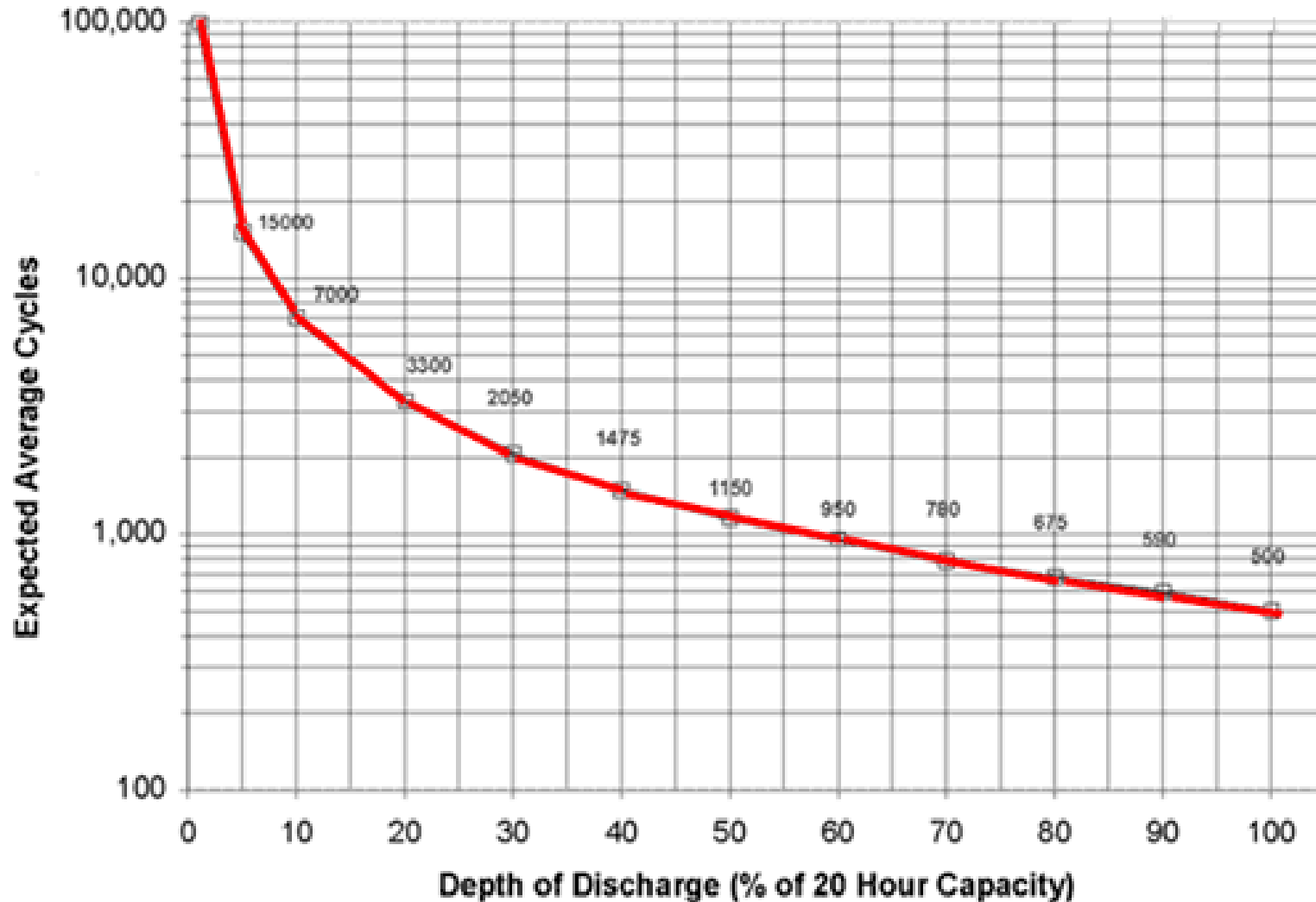
Kenmerken batterij: temperatuur



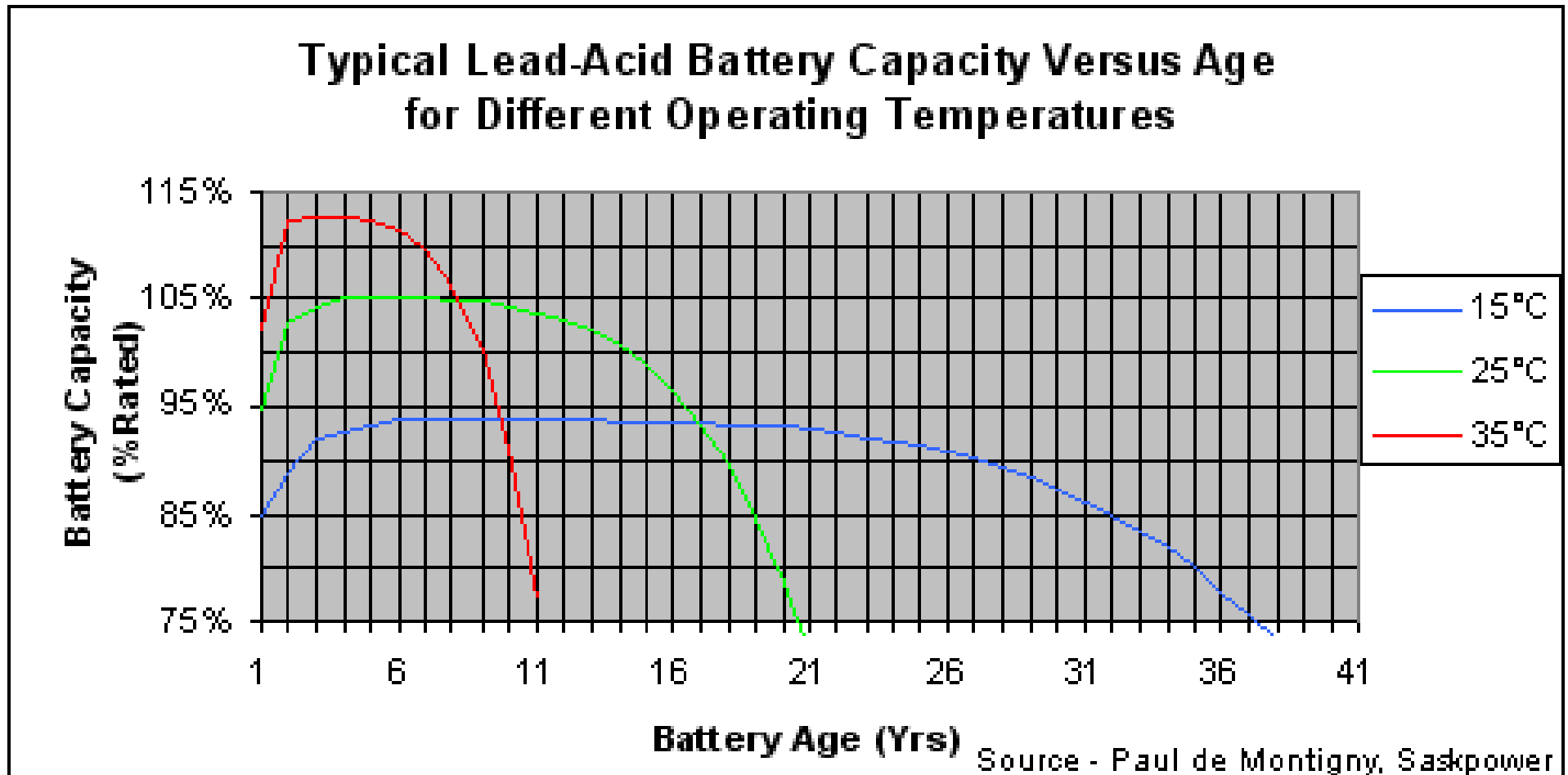
Kenmerken batterij: Levensduur



Kenmerken batterij: Levensduur - ontladingdiepte



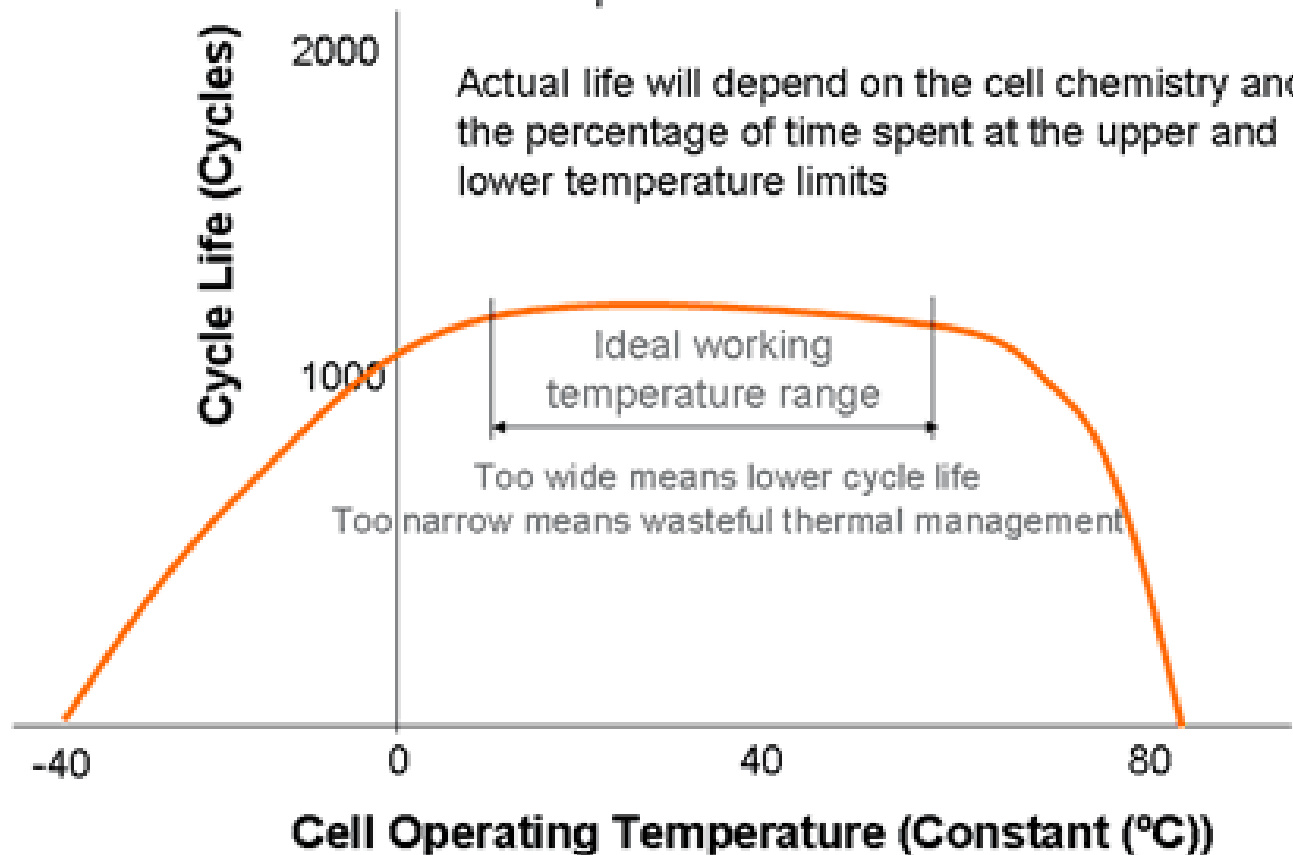
Kenmerken batterij: Levensduur - temperatuur



Kenmerken batterij: Levensduur - temperatuur

Cycle Life and Temperature

Slow drop off below +10 °C due to anode plating
Fast drop off above 60 °C due to chemical breakdown



Conclusie batterij

- Vermogen voldoende
- Capaciteit beperkt
- Levensduur beperkt
- Management (laden, ontladen, temperatuur) van batterij is zeer belangrijk

Alternatieven batterij

- Mechanisch: vliegwiel
- Pneumatisch
- Hydro-pneumatisch

Kenmerken:

- Hoog vermogen
- Lage capaciteit
- Minder slijtage

Hybride systemen

1. Techniek

1. Elektromotoren
2. Verbrandingsmotoren
3. Hybride
4. Batterij

2. Economie

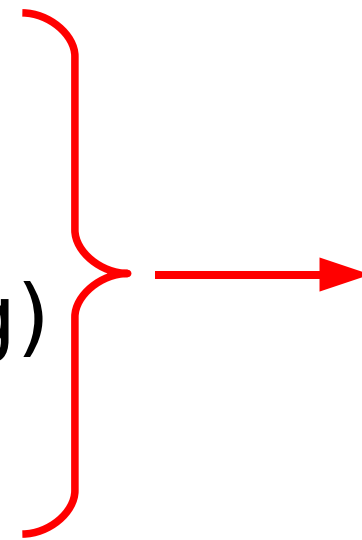
Kosten brandstof

Optimaal verbruik: 200g / kWh

1 liter = 1,50 euro (benzine)

= 0,54 euro (zonder belasting)

1 liter = 0,73 kg



0,41 euro / kWh

0,15 euro / kWh (zonder belasting)

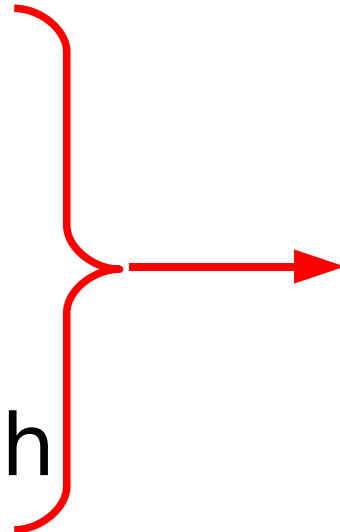
Kosten electriciteit

Levering: 0,07 euro / kWh

Belasting: 0,145 euro / kWh

Transport: 10 euro / mnd

stel 500 kWh / mnd = 0,02 euro /kWh



0,235 euro / kWh

0,09 euro / kWh (zonder belasting)

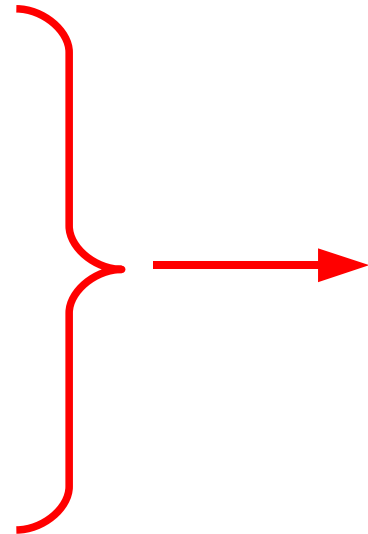
Kosten batterij

Levensduur:

stel 2000 - 4000 volledige cycli

NiMH = 400 euro / kWh capaciteit ?

Lion = 600 euro / kWh capaciteit ?



0,20 - 0,10 euro / kWh (NiMH)

0,30 - 0,15 euro / kWh (Lion)

Kosten brandstof ↔ elektriciteit

	Volledig op brandstof	Volledig op elektriciteit
Incl. belasting	0,41 euro / kWh	0,335 – 0,535 euro / kWh
Excl. belasting	0,15 euro / kWh	0,19 – 0,39 euro / kWh

- Geen rekening gehouden met efficiency
- Kosten batterijen kunnen misschien fors afnemen in de toekomst

Kosten / besparing hybride

	Brandstof	Batterij bij 70% eff.
Incl. belasting	0,41 euro / kWh	0,14 – 0,43 euro / kWh
Excl. belasting	0,15 euro / kWh	0,14 – 0,43 euro / kWh

- Dus besparing mogelijk als kosten van de batterij worden terugverdiend door betere efficiëntie van verbrandingsmotor van meer dan 25 - 100%

Conclusie hybride

- Brandstof besparing mogelijk
- Kosten mogelijk, maar niet noodzakelijk gunstiger
- Batterij is kritische factor

Vershil met 1900?