



# Bestuurder van de werktrein

## Technische geschiktheid

**INFRABEL**





Beste kandidaat Bestuurder van de werktrein,

Als Bestuurder van de werktrein vervul je een essentiële rol bij Infrabel. Op elk moment garandeer je de veiligheid van onze klanten. Je zorgt er eveneens voor dat onze machines tijdig op hun bestemming aankomen en dat de werken perfect worden uitgevoerd. Bij onverwachte gebeurtenissen grijp je snel in en soms herstel je zelfs kleine defecten. Kortom, je bent geboeid door het besturen van spoorvoertuigen en volgt de nieuwste technologie van nabij.

Belangrijk: tijdens de ganse selectie peilen we naar je motivatie, je gedrag, je redeneer- en bevattingvermogen en je technische kennis (mechanica, elektriciteit, pneumatica) volgens het programma van de proef.

Met deze brochure willen we je een handje helpen om je technische kennis op te frissen of aan te scherpen.

**Wij wensen je veel succes en hopen je spoedig als onze nieuwe collega te mogen begroeten.**

*Deze brochure werd ons ter beschikking gesteld door B-TC.06*

## Inhoud

1. Wat is mechanica? .....	4
2. Statica .....	4
2.1. Kracht .....	4
2.2. Moment van een kracht .....	5
2.3. Koppel van krachten .....	6
2.4. Evenwichtsvoorwaarden .....	6
3. Kinematica .....	6
3.1. Kenmerken van een beweging .....	6
3.2. Eenparige rechtlijnige beweging .....	8
4. Dynamica .....	9
4.1. Verband tussen kracht, massa en beweging .....	9
4.2. Zwaartekracht .....	10
4.3. Massa en gewicht .....	10
4.4. Mechanische arbeid .....	11
4.5. Mechanisch vermogen .....	12
5. Wat is elektriciteit? .....	13
6. Elektrische grootheden .....	13
6.1. Spanning .....	13
6.2. Stroom .....	14
6.3. Weerstand .....	14
7. Gelijkstroom en wisselstroom .....	15
8. De wet van Ohm .....	16
9. Elektrische arbeid .....	16
10. Elektrisch vermogen .....	17
11. Het Joule-effect .....	18



12.	Kortsluiting .....	19
13.	Wat is pneumatica? .....	21
14.	Druk .....	21
15.	Toepassingen op het spoorwegmaterieel .....	22



# DEEL 1 Mechanica

## 1. Wat is mechanica?

Mechanica omvat de studie van het evenwicht en de beweging van voorwerpen.

## 2. Statica

### 2.1. Kracht

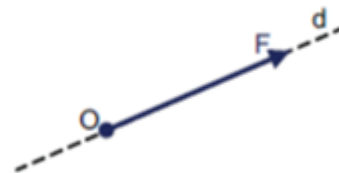
Een kracht kan verschillende oorzaken hebben: spierkracht, windkracht, waterkracht, elektriciteit, zwaartekracht,...

Een **kracht (F)** heeft 4 kenmerken:

- Een **aangrijpingspunt**. Dit is het punt waarop de kracht aangrijpt
- Een **richting**. De richting is de lijn die het aangrijpingspunt zal volgen als het beweegt. Deze lijn wordt de werklijn genoemd.
- Een **zin**. Volgens de richting kan het voorwerp zich naar links of rechts verplaatsen, naar boven of onder.
- Een **grootte**. De grootte van een kracht wordt uitgedrukt in **Newton (N)**.

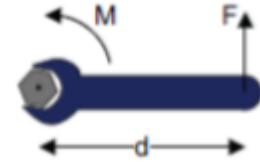
Een kracht **F** wordt voorgesteld door een vector:

- Het punt **O** is het aangrijpingspunt van de kracht
- De kracht werkt in de richting **d**
- De zin is bepaald door de pijl
- De lengte van de vector is een voorstelling van de grootte van de kracht (bijv. 1cm = 1N)



## 2.2. Moment van een kracht

Als een kracht wordt uitgeoefend op een lichaam, kan het beginnen draaien. Denk bijvoorbeeld aan het opendoen van een deur of het vastdraaien van een schroef. We oefenen eigenlijk een moment uit waardoor deze gaan draaien.



Het snel of traag draaien, hangt af van:

- De **grootte** van de kracht (**F**)
- Het **aangrijpingspunt** van de kracht. Hoe groter de afstand (**d**) tussen rotatiecentrum en aangrijpingspunt, hoe kleiner de benodigde kracht
- De **richting** van de kracht

Het **moment van een kracht t.o.v. een as (M)** is het resultaat van de vermenigvuldiging van de grootte van de kracht met de loodrechte afstand van de werklijn van de kracht tot de as, op voorwaarde dat de kracht in een vlak loodrecht op de as ligt:

$M = F \times d$	M: moment (Nm) F: kracht (N) d: loodrechte afstand (m)
------------------	--

Het **moment van een kracht t.o.v. een punt M** is het resultaat van de vermenigvuldiging van de grootte van de kracht met de loodrechte afstand van dat punt tot de werklijn van de kracht.

De eenheid van moment is **Newtonmeter (Nm)**.

### Voorbeeld:

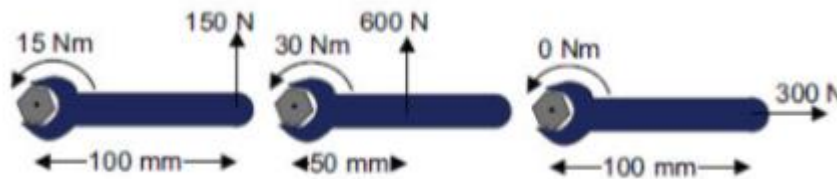
Onderstaande figuur toont het moment in 3 verschillende situaties:

- In de linkse figuur grijpt een kracht van 150 N aan op een afstand van 100 mm van de rotatieas. Voor het moment geldt dus dat:
 
$$M = 150\text{N} \times 0,1\text{m} = 15 \text{ Nm}$$
- In de middelste figuur grijpt een kracht van 600 N aan op een afstand van 50 mm van de rotatieas. Voor het moment geldt dus dat:

$$M = 600\text{N} \times 0,05\text{m} = 30 \text{ Nm}$$

- In de rechtse figuur is de loodrechte afstand tussen de werklijn van de kracht en het rotatiecentrum gelijk aan nul, zodat ook het moment van deze kracht nul is. De schroef draait niet:

$$M = 300\text{N} \times 0\text{m} = 0\text{Nm}$$

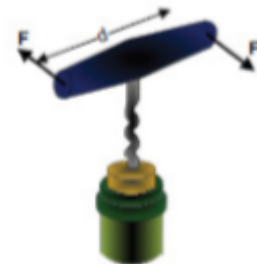


## 2.3. Koppel van krachten

Twee evenwijdige krachten van dezelfde grootte met verschillende werklijnen en met tegengestelde zin, vormen een **koppel (T)**. Een koppel veroorzaakt een rotatie. Denk bijvoorbeeld aan een kurkentrekker.

Het moment van een koppel is gelijk aan het resultaat van de vermenigvuldiging  $F \times d$  en onafhankelijk van het rotatiecentrum.

De eenheid van koppel is, net als van een moment, **Newtonmeter (Nm)**.



## 2.4. Evenwichtsvoorwaarden

Een lichaam is in evenwicht als:

- De som van alle krachten die op het lichaam inwerken, nul is.
- De som van alle momenten rond een punt die op het lichaam werken, nul is.

# 3. Kinematica

## 3.1. Kenmerken van een beweging

- A. Baan

De **baan** is de lijn die wordt beschreven door een bewegend voorwerp. De afstand die daarbij wordt afgelegd, is de afgelegde weg. De **afgelegde weg (s)** wordt uitgedrukt in meter.

B. Tijd

Een voorwerp beweegt of verplaatst zich gedurende een zekere **tijd (t)**. De eenheid van tijd is **seconde (s)**.

C. Snelheid

De **snelheid (v)** van een beweging is de afgelegde weg per tijdseenheid:

$v = \frac{s}{t}$	v: snelheid (m/s) s: afgelegde weg (m) t: tijd (s)
-------------------	--

De eenheid van snelheid is **m/s**.  $1\text{m/s} = 3,6\text{ km/h}$ . Er geldt immers dat:

$$3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 3,6 \times \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} = 1\text{m/s}$$

Voorbeeld:

Een trein die  $160\text{ km/h}$  rijdt, legt per seconde een weg van  $\frac{160}{3,6} = 44,4\text{m}$  af.

D. Versnelling

De **versnelling (a)** van een beweging is de snelheidstoename per tijdseenheid:

$a = \frac{\Delta v}{t}$	a: versnelling ( $\text{m/s}^2$ ) $\Delta v$ : snelheidstoename (m/s) t: tijd (s)
--------------------------	---

De snelheidstoename is het verschil van de eindsnelheid en de beginsnelheid:

$\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}$	$\Delta v$ : snelheidstoename (m/s) $v_{\text{eind}}$ : eindsnelheid (m/s) $v_{\text{begin}}$ : beginsnelheid (m/s)
---	---



De versnelling kan zowel positief als negatief zijn:

- Als de snelheid toeneemt, is er een versnelling. De versnelling is positief.
- Als de snelheid daalt, is er een vertraging. De versnelling is negatief.

De eenheid van versnelling of vertraging is **m/s<sup>2</sup>**.

Voorbeeld:

Een trein rijdt 160 km/u en remt af tot stilstand met een constante vertraging  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$ .

Na hoeveel tijd komt de trein tot stilstand?

Oplossing:

De snelheid van 160 km/u stemt overeen met  $v = \frac{160 \text{ km/h}}{3,6 \text{ m/s}} = 44,4 \text{ m/s}$

$$t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{0 \text{ m/s} - 44,4 \text{ m/s}}{-0,5 \text{ m/s}^2} = \frac{-44,4 \text{ m/s}}{-0,5 \text{ m/s}^2} = 89 \text{ s}$$

## 3.2. Eenparige rechtlijnige beweging

Een **eenparige rechtlijnige beweging** is een rechtlijnige beweging met constante snelheid.

Bij deze beweging geldt:

$a = 0$

a: versnelling (m/s<sup>2</sup>)

$v = \text{constant}$

v: snelheid (m/s)

$s = v \times t$

s: afgelegde weg (m)

t: tijd (s)

Voorbeeld:

Een trein heeft een snelheid van 90km/u

- Wat is de tijd nodig om af te leggen
- Wat is de afgelegde weg na 750s?

Oplossing:

De trein heeft een snelheid van 90km/u of  $v = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m/s}$

De tijd nodig om 5750m af te leggen:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{5750\text{m}}{25\text{m/s}} = 230\text{s}$$

De afgelegde weg na 750s:

$$s = v \times t = 25\text{m/s} \times 750\text{s} = 18750\text{m}$$

## 4. Dynamica

### 4.1. Verband tussen kracht, massa en beweging

Een kracht is de oorzaak van versnelling. Deze versnelling is van dezelfde aard en evenredig met de kracht:

$$F = m \times a$$

F: kracht (N)

m: massa (kg)

a: versnelling ( $\text{m/s}^2$ )

Voorbeeld:

Bereken de kracht die nodig is om een voorwerp met een massa van 15 kg een versnelling te geven van  $4\text{m/s}^2$ ?

Oplossing:

$$F = m \times a = 15\text{kg} \times 4\text{m/s}^2 = 60\text{N}$$

Voorbeeld:

Een kracht van 50 kN geeft een voorwerp een versnelling van  $0,2 \text{ m/s}^2$ . Wat is de massa van dit voorwerp?

Oplossing:

$$m = \frac{F}{a} = \frac{50000\text{N}}{0,2\text{m/s}^2} = 250000\text{kg} = 250 \text{ ton}$$

## 4.2. Zwaartekracht

De **zwaartekracht** is de kracht waarmee de voorwerpen aangetrokken worden naar de aarde.

Als een voorwerp wordt losgelaten van een bepaalde hoogte, zal het eenparig versnellen onder invloed van de zwaartekracht. Deze versnelling wordt de **aardversnelling (g)** genoemd. De aardversnelling verschilt per regio. In onze streken bedraagt  $g$   $9,81 \text{ m/s}^2$ . De zwaartekracht is dus:

$$F = m \times 9,81$$

F: zwaartekracht (N)

m: massa (kg)

Voorbeeld:

Met welke kracht wordt een voorwerp van 5kg aangetrokken door de aarde?

Oplossing:

$$F = m \times 9,81 = 5\text{kg} \times 9,81\text{m/s}^2 = 49,05 \text{ N}$$

Voor de eenvoud wordt  $g$  dikwijls afgerond naar  $10\text{m/s}^2$

## 4.3. Massa en gewicht

De **massa** van een voorwerp is het verband tussen de versnelling ervan en de erop uitgeoefende kracht. De massa is een maat voor de hoeveelheid materie. De eenheid van massa is kilogram (kg)

$$m = \frac{F}{a}$$

m: massa (kg)

F: kracht (N)

a: versnelling ( $\text{m/s}^2$ )

Deze uitdrukking toont dat als wanneer de kracht constant is, de versnelling klein is als de massa van het voorwerp groot is.

Het **gewicht** is de zwaartekracht die een voorwerp ondervindt. De eenheid van gewicht is Newton.

Voorbeeld:

- Een locomotief heeft een massa van circa 85 ton, of een gewicht van 850000 N.
- Een persoon heeft een massa van 80kg, of een gewicht van 800 N.

## 4.4. Mechanische arbeid

De mechanische arbeid is het product van de aangelegde kracht en de verplaatsing veroorzaakt door deze kracht.

$W = F \times s$	W: arbeid (J) F: kracht (N) s: verplaatsing (m)
------------------	---

De eenheid van arbeid is **Joule (J)**.  $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times \text{m}$

Om arbeid te leveren is er energie nodig. **Energie** is de mogelijkheid om arbeid te leveren.

Voorbeeld:

Een locomotief trekt een reeks voertuigen vooruit met een kracht van 150 kN over een afstand van 20 km. Wat is de arbeid die de locomotief levert?

Oplossing:

$$W = F \times s = 150000 \text{ N} \times 20000 \text{ m} = 3000000000 \text{ J} = 3000 \text{ MJ}$$

Voorbeeld:

Hoeveel arbeid moet je leveren om een boekentas van 10 kg op een tafel te plaatsen van 1m hoogte?

Oplossing:

$$W = F \times s = 100 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 100 \text{ J}$$

## 4.5. Mechanisch vermogen

Het vermogen is de arbeid per tijdseenheid:

$P = \frac{W}{t}$	P: vermogen (W) W: arbeid (J) t: tijd (s)
-------------------	---

De eenheid van vermogen is **Watt (W)**.  $1W = 1 J/s$

### Voorbeeld:

Twee arbeiders tillen elk een pak stenen op met een massa van 30kg tot op een hoogte van 5m. De eerste arbeider doet dit in één minuut, de andere arbeider in 2 minuten:

- Wat is de arbeid die elke arbeider heeft verricht?
- Wat is het vermogen dat elke arbeider heeft verricht?

Oplossing:

Beide arbeiders hebben evenveel arbeid verricht:

$$W = F \times s = 300N \times 5m = 1500 J$$

De arbeider die de stenen optilt in één minuut, levert het grootste vermogen:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1500 J}{60 s} = 25 \frac{J}{s} = 25 W$$

De arbeider die de stenen optilt in twee minuten, levert het kleinste vermogen:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1500 J}{120 s} = 12,5 \frac{J}{s} = 12,5 W$$

### Voorbeeld:

- Een moderne elektrische locomotief levert een maximum vermogen van circa 5 MW.
- De kerncentrale in Doel levert een maximum vermogen van 2,8 GW.

## DEEL 2 Elektriciteit

### 5. Wat is elektriciteit?

Alle voorwerpen om ons heen zijn opgebouwd uit kleine deeltjes: atomen. Elk atoom bestaat uit nog kleinere deeltjes. Sommige van deze deeltjes hebben een elektrische lading.

Elektriciteit is de studie van de beweging van elektrische ladingen.

De eenheid van elektrische lading is **Coulomb (C)**.

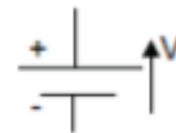
### 6. Elektrische grootheden

#### 6.1. Spanning

De elektrische toestand van een lichaam wordt gekarakteriseerd door een elektrische potentiaal.

Deze potentiaal is een maat voor de energie die een elektrische lading heeft.

Tussen 2 polen bestaat er een potentiaalverschil. Men omschrijft de 2 polen als een positieve (+) en een negatieve pool (-). In elektrische schema's wordt een gelijkspanningsbron aangeduid zoals in de figuur hiernaast.



De **spanning (U)** is het potentiaalverschil tussen 2 punten.

De eenheid van de spanning is **Volt (V)**.

#### Voorbeeld:

De potentiaal van het aardoppervlak is bij overeenkomst gelijk aan 0V. Een voorwerp 'aarden' betekent dat het voorwerp elektrisch verbonden wordt met het aardoppervlak. Daardoor heeft het voorwerp een potentiaal gelijk aan 0 V.

#### Voorbeeld:

- De batterij in een zaklamp levert een gelijkspanning van 1,5V
- Een batterij in een personenwagen levert meestal een gelijkspanning van 12V
- De verlichting in een spoorwegvoertuig wordt gevoed door een batterij op een spanning van 24V, 72V of 110V gelijkspanning

- Aan het stopcontact bij je thuis is er 230V wisselspanning ter beschikking
- De meeste bovenleidingen van de NMBS worden gevoed op 3000V gelijkspanning

## 6.2. Stroom

De **stroom** is de hoeveelheid elektrische lading die per tijdseenheid vloeit door een punt.

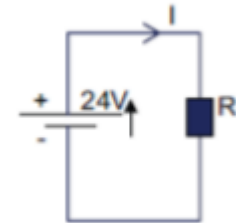
$I = \frac{Q}{t}$	I: stroom (A) Q: elektrische lading (C) t: tijd (s)
-------------------	---

De eenheid van stroom is **ampère (A)**.  $1A = 1C/s$ . Een stroom van 1A in een geleider betekent dat er per seconde 1C lading voorbij stroomt.

Er vloeit een stroom van zodra 2 punten waartussen een

spanningsverschil bestaat, verbonden worden door een geleider.

De stroom vloeit bij overeenkomst van de positieve naar de negatieve pool.



### Voorbeeld:

- De stroom door een gloeilamp van 75 W bij een netspanning van 230 V, bedraagt circa 0,3 A.
- De stroom door een tractiemotor van een elektrisch spoorwegvoertuig bedraagt maximum 400 a 800 A.
- Een stroom van 0,025 A kan reeds dodelijk zijn voor de mens.

## 6.3. Weerstand

De **weerstand (R)** is een maat voor de moeilijkheid waarmee de stroomdoorgang plaatsvindt.

In elektrische schema's wordt een weerstand aangeduid zoals in de figuur hiernaast.

De eenheid van weerstand is **Ohm ( $\Omega$ )**.

Elk materiaal heeft een eigen specifieke weerstand. Een **geleider** van elektrische stroom heeft een lage weerstand, een **isolator** heeft een hoge weerstand. De meeste metalen zijn goede geleiders.

Kunststoffen zijn zeer slechte geleiders en worden daarom gebruikt als isolatiestof rond geleiders.



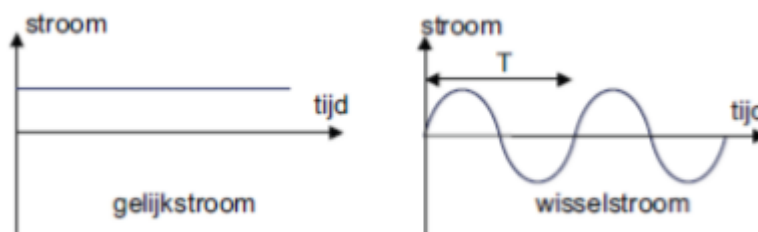
Voorbeeld:

De weerstand van een koperdraad met  $1\text{mm}^2$  doorsnede en 1m lengte bedraagt  $0,017\Omega$ . De weerstand van ijzer is circa zesmaal hoger.

## 7. Gelijkstroom en wisselstroom

Bij **gelijkstroom** vloeit de stroom steeds in dezelfde zin.

Bij **wisselstroom** verandert de stroomperiodiek van zin. Bij industriële toepassingen, heeft de wisselstroom meestal een verloop zoals weergegeven in onderstaande figuur



De **periode (T)** is de tijdsduur, in seconden, tussen 2 ogenblikken waarop de stroom dezelfde waarde in dezelfde zin herneemt.

De **frequentie (f)** is het aantal perioden per seconde of:

$f = \frac{1}{T}$ <p>f: frequentie (Hz) T: periode (s)</p>
--

De eenheid van de frequentie is **Hertz (Hz)**.

Voorbeeld:

De standaardfrequentie van het elektriciteitsnet in Europa bedraagt 50 Hz. De periode is 0,02s.



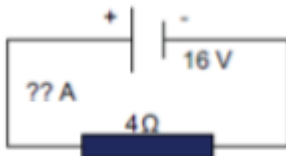
## 8. De wet van Ohm

De stroom door een geleider is recht evenredig met de spanning tussen de uiteinden van deze geleider. Deze constante verhouding wordt weerstand genoemd.

$R = \frac{U}{I}$	U: spanning (V) I: stroom (A) R: weerstand ( $\Omega$ )
-------------------	---

Voorbeeld:

Wat is de stroom die in deze elektrische kring vloeit?



Oplossing:

$I = \frac{U}{R} = \frac{16V}{4\Omega} = 4A$
--

Voorbeeld:

Door een weerstand van  $5\Omega$  vloeit er een stroom van 3A. Welke spanning staat over deze weerstand?

Oplossing:

$U = R \times I = 5\Omega \times 3A = 15V$
--

## 9. Elektrische arbeid

De elektrische arbeid (W) geleverd door een elektrische gelijkstroom, is gelijk aan het product van de spanning en de stroom die gedurende een zekere tijd vloeit:

$W = U \times I \times t$	W: arbeid (J) U: spanning (V) I: stroom (A) T: tijd (s)
---------------------------	--

De eenheid van arbeid is **Joule (J)**.  $1 \text{ J} = 1 \text{ V} \times \text{A} (=1 \text{ N} \times \text{m})$ .

Om arbeid te leveren is er energie nodig. **Energie** is de mogelijkheid om arbeid te leveren.

## 10. Elektrisch vermogen

Het **vermogen** is de arbeid per tijdseenheid:

$P = \frac{W}{t}$	P: vermogen (W) W: arbeid (J) s: tijd (s)
-------------------	---

De eenheid van vermogen is **Watt (W)**.  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

Omdat  $W = U \times I \times t$ , is  $P = \frac{U \times I \times t}{t}$  en geldt dus eveneens:

$P = U \times I$	P: vermogen (W) U: spanning (V) I: stroom (A)
------------------	---

Het elektriciteitsverbruik wordt gemeten in **kiloWattuur (kWh)**. 1 kWh stemt overeen met een verbruik van 1000 W energie, gedurende 1 uur. Vermist er 3600 s zijn in 1 uur, is 1 kiloWattuur gelijk aan 3600000 J of 3,6 MJ.

Voorbeeld:

Wat is het vermogen van een locomotief die 200 A stroom verbruikt? De bovenleidingspanning is 3000V.

Oplossing:

$P = U \times I = 3000 \text{ V} \times 200 \text{ A} = 6000000 \text{ W} = 600 \text{ kW}$
---

Voorbeeld:

Een goederentrein van 1300 ton die van Antwerpen naar Athus rijdt, verbruikt circa 8300 kWh. Dit is meer dan het gemiddeld elektrisch verbruik van een gezin in twee jaar.

Voorbeeld:

Hoeveel arbeid is er nodig om een gloeilamp van 60 W gedurende 1 uur te laten branden? Welke stroom vloeit er door de gloeilamp bij een voeding op 230 V?

Oplossing:

$$W = U \times I \times t = P \times t = 60\text{W} \times 3600\text{s} = 216000\text{J} = 216 \text{ kJ}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60\text{W}}{230\text{V}} = 0,26\text{A}$$

## 11. Het Joule-effect

De voortbrengst van warmte is een algemeen effect in elektrische toestellen.

Een geleider waardoor een stroom vloeit, wordt warm. Dit verschijnsel wordt het **Joule-effect** genoemd.

Het vermogen dat in warmte wordt omgezet, kan niet meer gebruikt worden om mechanische arbeid te leveren. Dit vermogen is gelijk aan:

$$P = R \times I^2$$

P: vermogen (W)

R: weerstand ( $\Omega$ )

I: stroom (A)

De warmtevoortbrengst kan ook nuttig en gewenst zijn. Toepassingen hiervan zijn verwarminstoestellen, kooktoestellen en droogtoestellen.

Voorbeeld:

Hoeveel vermogen wordt er in een tractiemotor in warmte omgezet als de verbruikte stroom bij het aanzetten 150 A bedraagt? De totale weerstand bedraagt  $20\Omega$ .

Oplossing:

$$P = R \times I^2 = 20\Omega \times (150\text{A})^2 = 450000\text{W} = 450 \text{ kW}$$

Voorbeeld:

Wat is het voordeel van de bovenleiding op 3000 V te voeden, in plaats van bijvoorbeeld op 1500 V?

Wat is het nadeel hiervan?

Oplossing:

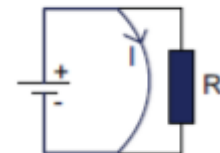
Het elektrische vermogen dat een locomotief verbruikt, is gelijk aan  $U \times I$ . Om een zeker vermogen ( $P$ ) over te brengen:

- Vloeit er een stroom  $I = \frac{P}{3000V}$  in geval van een bovenleiding op 3000 V
- Vloeit er een stroom  $I = \frac{P}{1500V}$  in geval van een bovenleiding op 1500V. Door het Joule-effect ( $P = R \times I^2$ ) zal er 4 keer meer warmte worden ontwikkeld. Dit vermogen kan niet meer omgezet worden in mechanische arbeid.

Het voordeel van 3000V is dus de hogere efficiëntie waarmee de energie wordt getransporteerd (minder warmteverlies). De veel strengere eisen die aan de isolatie worden gesteld, vormen een nadeel.

## 12. Kortsluiting

Een kortsluiting is een verbinding met zéér lage weerstand, tussen 2 punten waartussen een elektrische spanning bestaat. Alle stroom kiest de weg met de laagste weerstand en zal door deze verbinding vloeien. Er vloeit een zeer hoge stroom en er is bijgevolg een grote warmtevoortbrengst door het Joule-effect. De geleiders en het isolatiemateriaal zullen smelten.



Voorbeeld:

De weerstand van een diepvriestoestel bedraagt  $415\Omega$ , de weerstand van de geleiders slechts  $0,25\Omega$ :

- Welke stroom vloeit er in normaal werkingsregime?
- Welke stroom zal vloeien bij kortsluiting?

Oplossing:

De stroom in normaal regime:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230V}{415\Omega} = 0,55 \text{ A}$$

De stroom bij kortsluiting:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230V}{0,25\Omega} = 920 \text{ A}$$



Elke elektrische kring wordt daarom uitgerust met een veiligheidstoestel om beschadiging en brand te voorkomen. Een **smeltzekering** is een vaak gebruikt veiligheidstoestel. Het bestaat uit een dunne gekalibreerde draad met een zekere weerstand. Als de stroom te hoog oploopt, bijvoorbeeld door een kortsluiting, zal de dunne draad verhitten en smelten. Hierdoor wordt de elektrische kring onderbroken.



## Deel 3 Pneumatica

### 13. Wat is pneumatica?

Pneumatica is de studie van de samengedrukte gassen (meestal lucht) en de technische toepassingen ervan.

### 14. Druk

De **druk (p)** is gelijk aan de kracht per oppervlakte-eenheid:

$p = \frac{F}{A}$	P: druk (Pa)
	F: kracht (F)
	A: oppervlakte (m <sup>2</sup> )

De eenheid van druk is **Pascal (Pa)**. 1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>.

De gemiddelde luchtdruk op zeeniveau is gelijk aan 101325 Pa (= 1013,25 hPa). Met andere woorden, de massa van de lucht in onze atmosfeer oefent een kracht uit van 101325 N op een oppervlakte van 1m<sup>2</sup>.

In technische toepassingen wordt de druk vaak uitgedrukt in **bar**. 1 bar is 100000 Pa. 1 bar is bijgevolg ongeveer gelijk aan de gemiddelde luchtdruk op zeeniveau.

#### Voorbeeld:

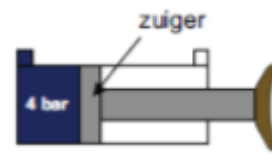
Een massa van 10 kg ligt op een tafel. Wat is de druk van de massa op de tafel als het contactoppervlak 10 cm<sup>2</sup> is?

Oplossing:

$$p = 1 + \frac{F}{A} + \frac{100\text{N}}{0,001\text{m}^2} = 100000 \text{ Pa}$$

Voorbeeld:

De maximum luchtdruk in een remcilinder van een locomotief bedraagt 4 bar. Het zuigoppervlak is 0,1256 m<sup>2</sup>. Wat is de maximumkracht op de zuiger?



Oplossing:

4 bar stemt overeen met  $4 \times 100000 \text{ Pa} = 400000 \text{ Pa}$

Deze druk levert een kracht:  $F = p \times A = 400000 \text{ Pa} \times 0,1256 \text{ m}^2 = 50240 \text{ N}$

## 15. Toepassingen op het spoorwegmaterieel

Op een spoorwegvoertuig worden veel toestellen bediend door perslucht:

- Remmen
- Stroomafnemers
- Deuren
- Schakelaars
- ...