

## 2.10 Inwendig koppel

### Koppel-toerentalkarakteristiek

$$P_1 = 3 \cdot \frac{R_2}{s} \cdot I_2^2 \quad \text{en} \quad \omega_s \quad \text{en} \quad I_2$$

$$M_i \cong \frac{1}{\omega_s} \cdot 3 \cdot \frac{U_1^2}{k^2} \cdot \frac{s \cdot R_2}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

  $M_i$  i.f.v. de **slip** ..... i.f.v. toerental

$$M_i = f(s)$$

## 2.10 Inwendig koppel

### Koppel-toerentalkarakteristiek

$$M_i \cong \frac{1}{\omega_s} \cdot 3 \cdot \frac{U_1^2}{k^2} \cdot \frac{s \cdot R_2}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$



$M_i$  i.f.v. de **slip** ..... i.f.v. toerental

$$M_i = f(s)$$



L. Butaye

## 2.10 Inwendig koppel

### Koppel-toerentalkarakteristiek

$$M_i \cong \frac{1}{\omega_s} \cdot 3 \cdot \frac{U_1^2}{k^2} \cdot \frac{s \cdot R_2}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

→ Afhankelijk van  $\omega_s \rightarrow f_s$   
Afhankelijk van  $U_1^2$   
Afhankelijk van  $R_2$   
Afhankelijk van  $X_{2,ST}$   
Afhankelijk van  $s \rightarrow$  functie van  $s$

parameters

## 2.10 Inwendig koppel

### Koppel-toerentalkarakteristiek

$$M_i \cong \frac{1}{\omega_s} \cdot 3 \cdot \frac{U_1^2}{k^2} \cdot \frac{s \cdot R_2}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$



$$M_i \cong C^{te} \cdot \frac{s}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

## 2.10 Inwendig koppel

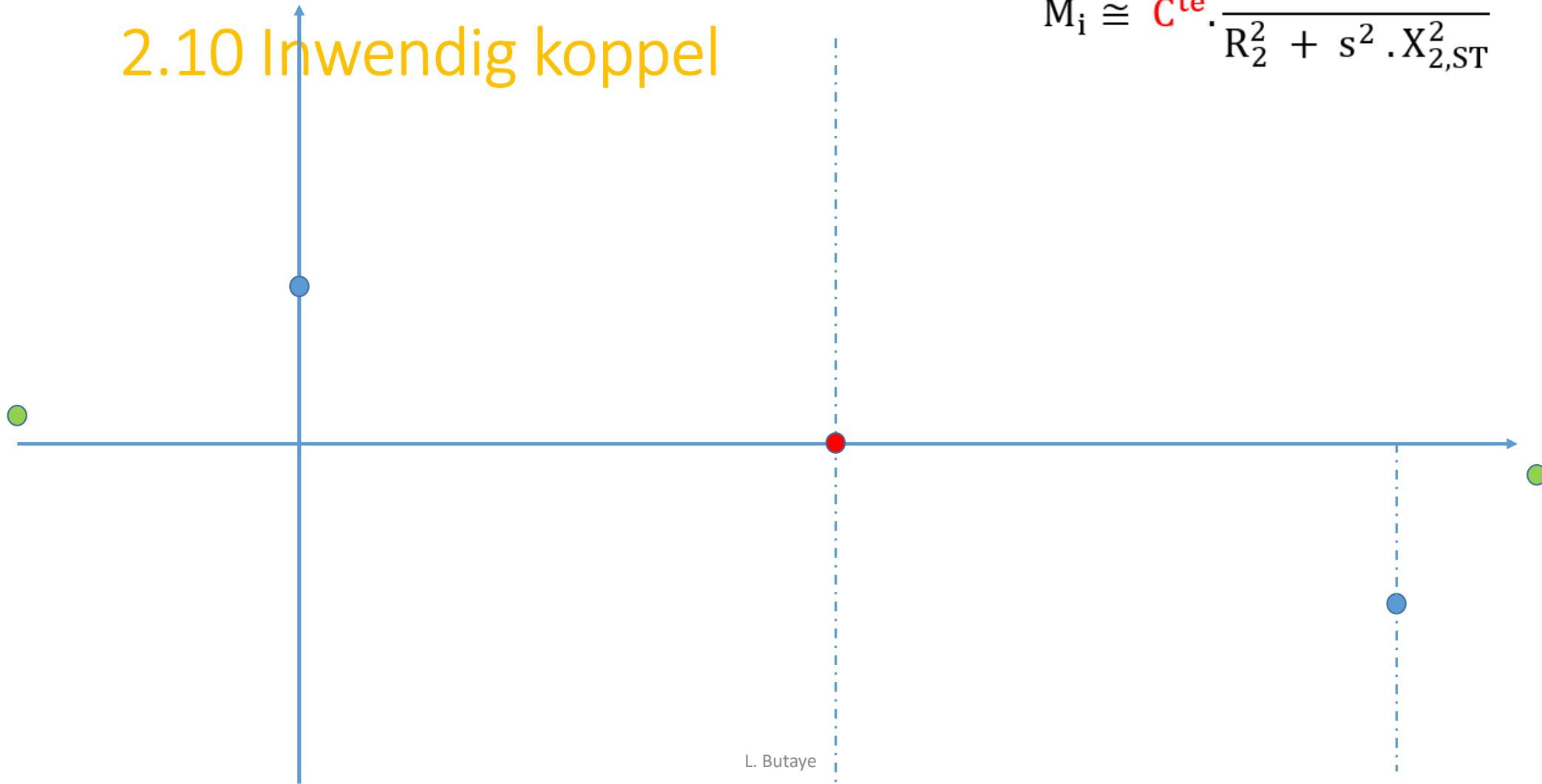
### Koppel-toerentalkarakteristiek

$$M_i \cong C^{te} \cdot \frac{s}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

### Bijzondere punten

## 2.10 Inwendig koppel

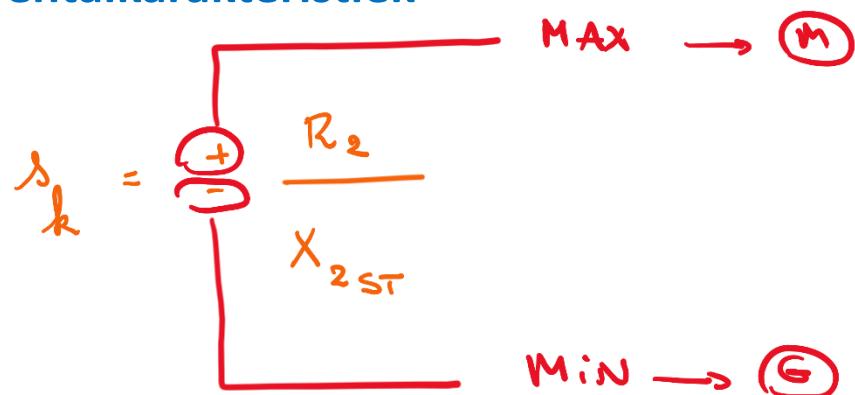
$$M_i \approx C^{te} \cdot \frac{s}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$



## 2.10 Inwendig koppel

$$M_i \cong C^{te} \cdot \frac{s}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

### Koppel-toerentalkarakteristiek



①

$$s_k \text{ afh. } \frac{R_2}{X_{2,ST}}$$

afh.  $R_2$

KOOI  
SM\*

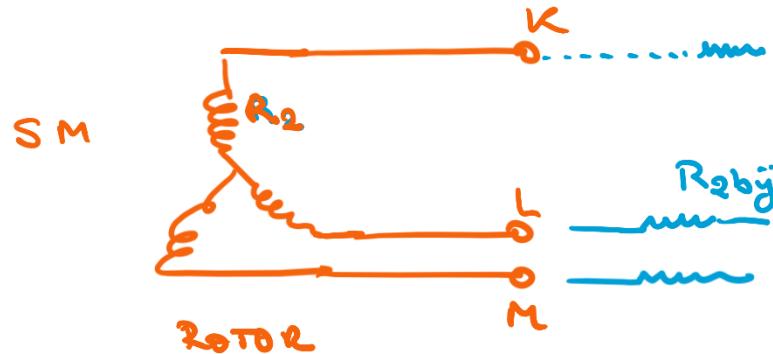


$R_2$  VAST  $\rightarrow s_k$   
VAST

## 2.10 Inwendig koppel

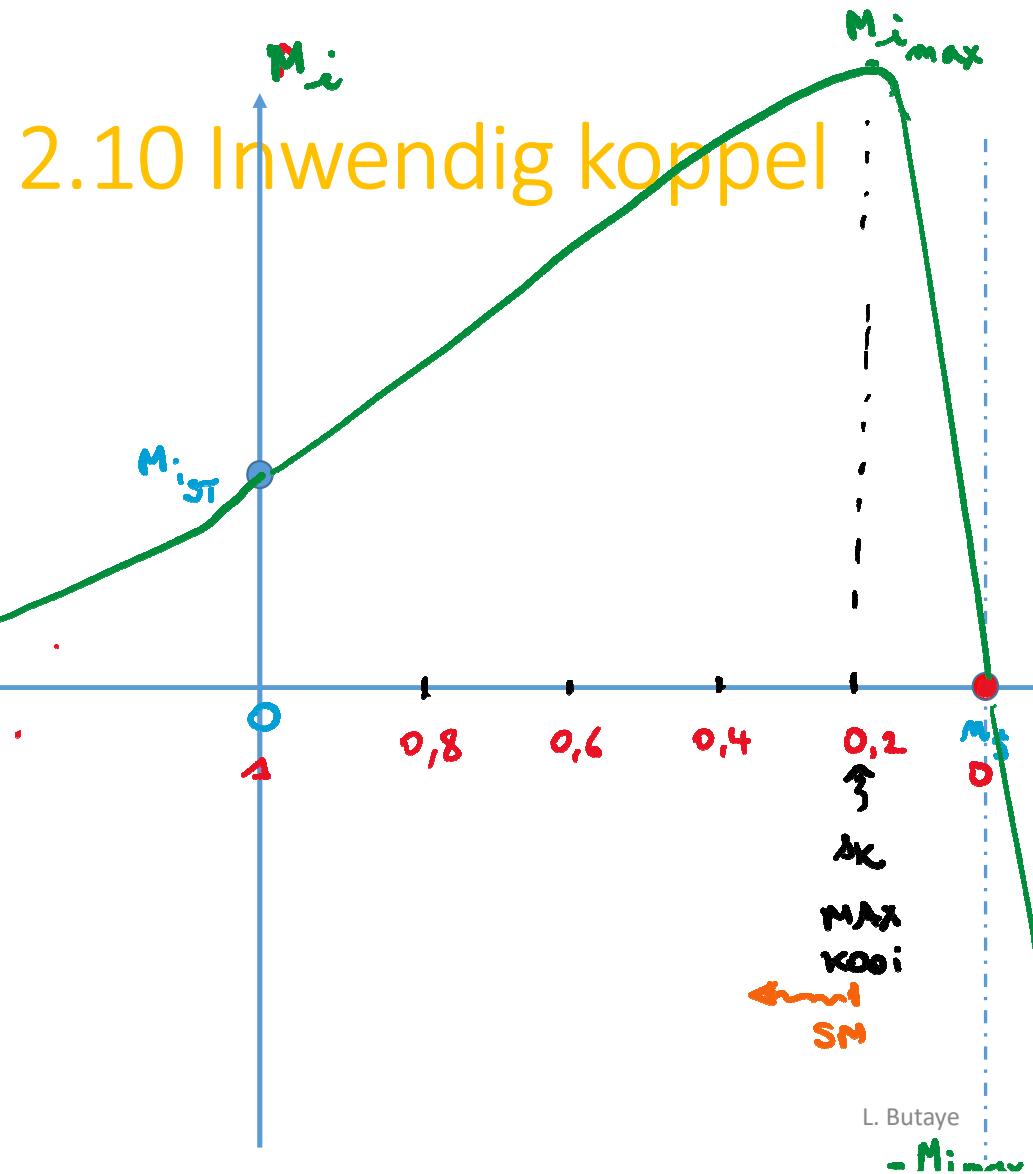
$$M_i \cong C^{te} \cdot \frac{s}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

### Koppel-toerentalkarakteristiek



$$\begin{aligned}
 R_2 + R_{2byj} &\rightarrow \text{VAR} \rightarrow \delta_k \xrightarrow{\text{VAR}} \delta_k'' = 0,17 \\
 &= G R_2 \longrightarrow \delta_k'' = 0,17 \\
 \text{br } X_{2,ST} &= S R_2 \longrightarrow \delta_k = 0,2 \\
 &= b R_2 \longrightarrow \delta_k' = 0,25
 \end{aligned}$$

$$\textcircled{2} \quad \delta_k = \frac{R_2}{X_{2,ST}}$$



$$M_i \approx C^{\text{te}} \cdot \frac{s}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,\text{ST}}^2}$$

$M_i$

$-M_i \text{ ST}$

-1

$M_i \text{ N}$   
 $-\Delta K$   
 $-0,2$

## 2.10 Inwendig koppel

Koppel-toerentalkarakteristiek

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max} \\ \text{Min} \end{array} \right. \omega_k = \pm \frac{R_2}{X_{2,ST}}$$

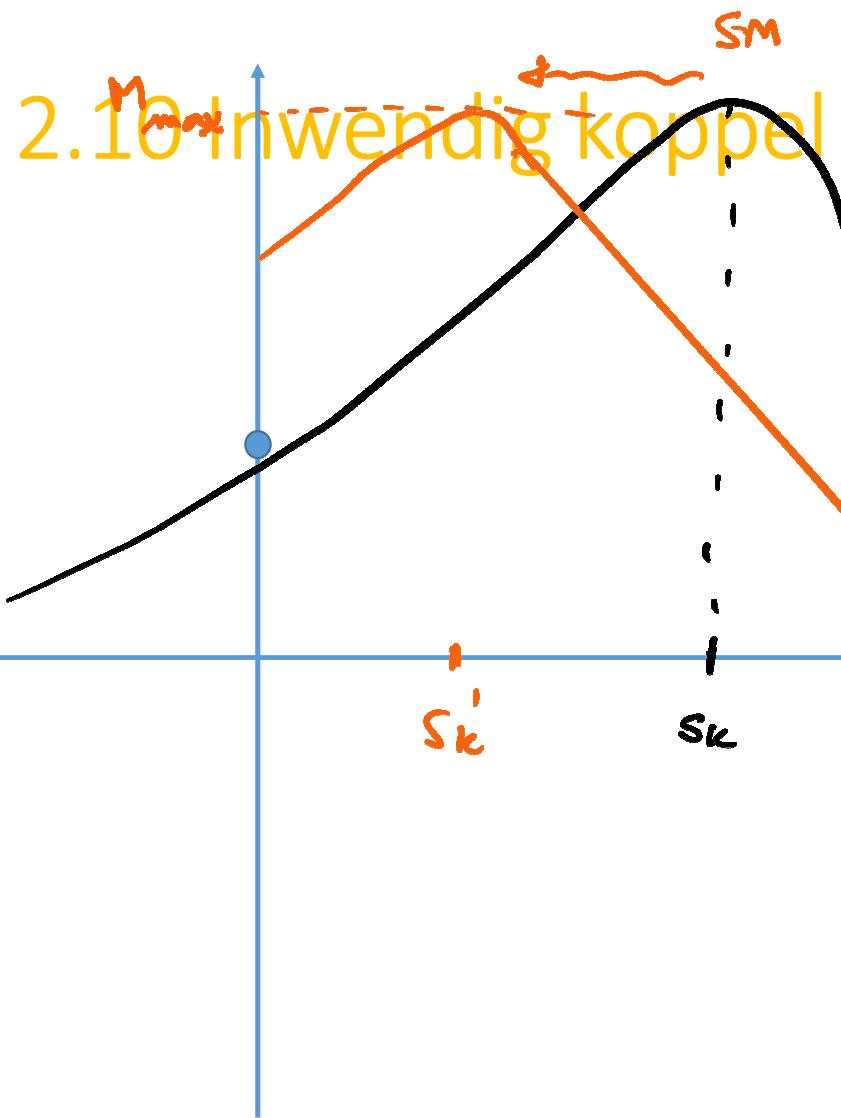
$$M_i \equiv c^k - \frac{\pm \frac{R_2}{X_{2,ST}}}{R_2^2 + \left( \pm \frac{R_2}{X_{2,ST}} \right)^2 \cdot X_{2,ST}^2} \equiv c^k - \frac{\pm R_2}{X_{2,ST} \cdot 2 R_2}$$

$$= \frac{1}{\omega_s} \cdot 3 \cdot \frac{U_1^2}{K^2} \cdot \frac{\pm 1}{2 X_{2,ST} R_2}$$

$$M_i \cong \frac{1}{\omega_s} \cdot 3 \cdot \frac{U_1^2}{K^2} \cdot \frac{s \cdot R_2}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

$$M_i \cong C^{te} \cdot \frac{s}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

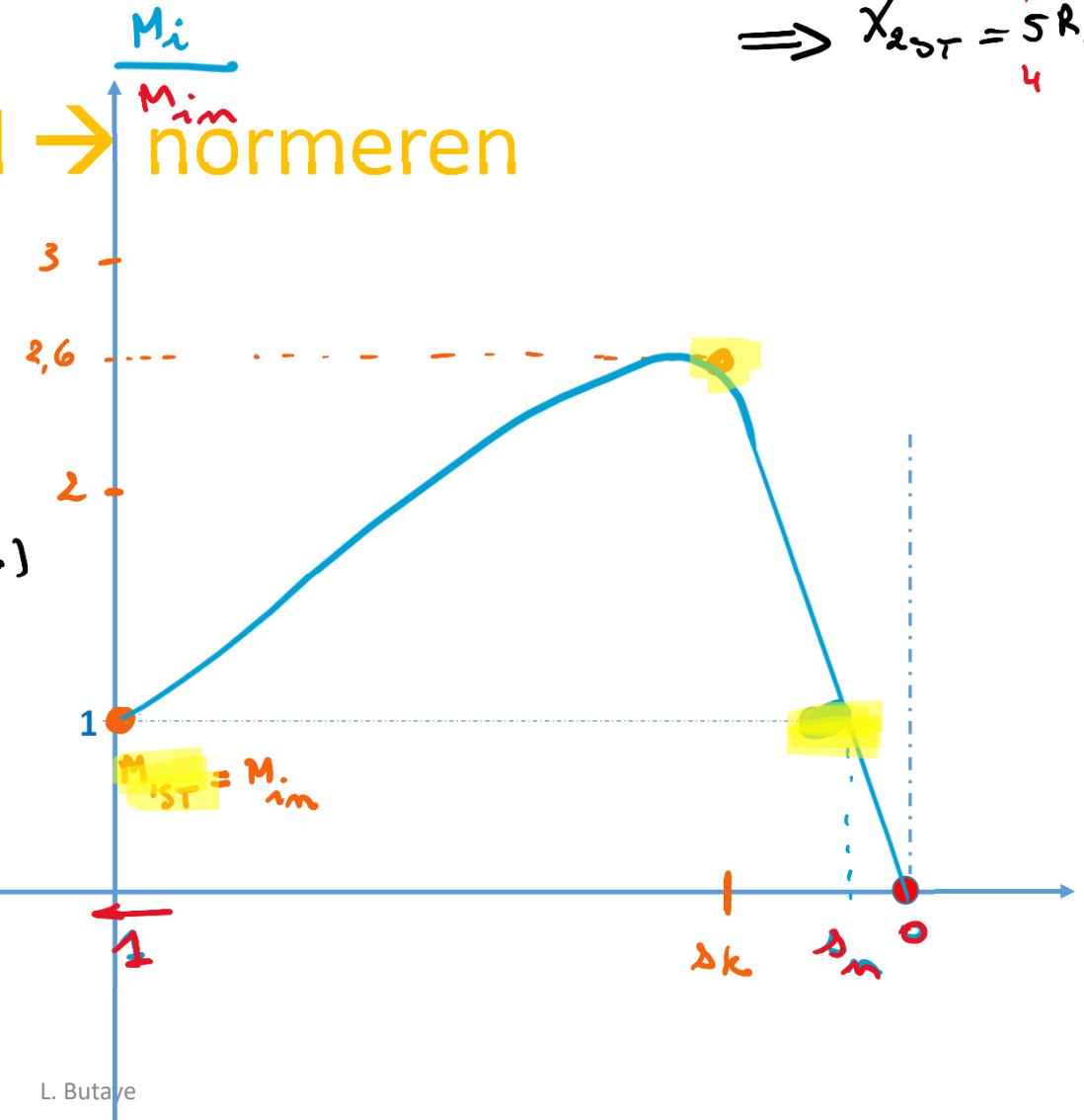
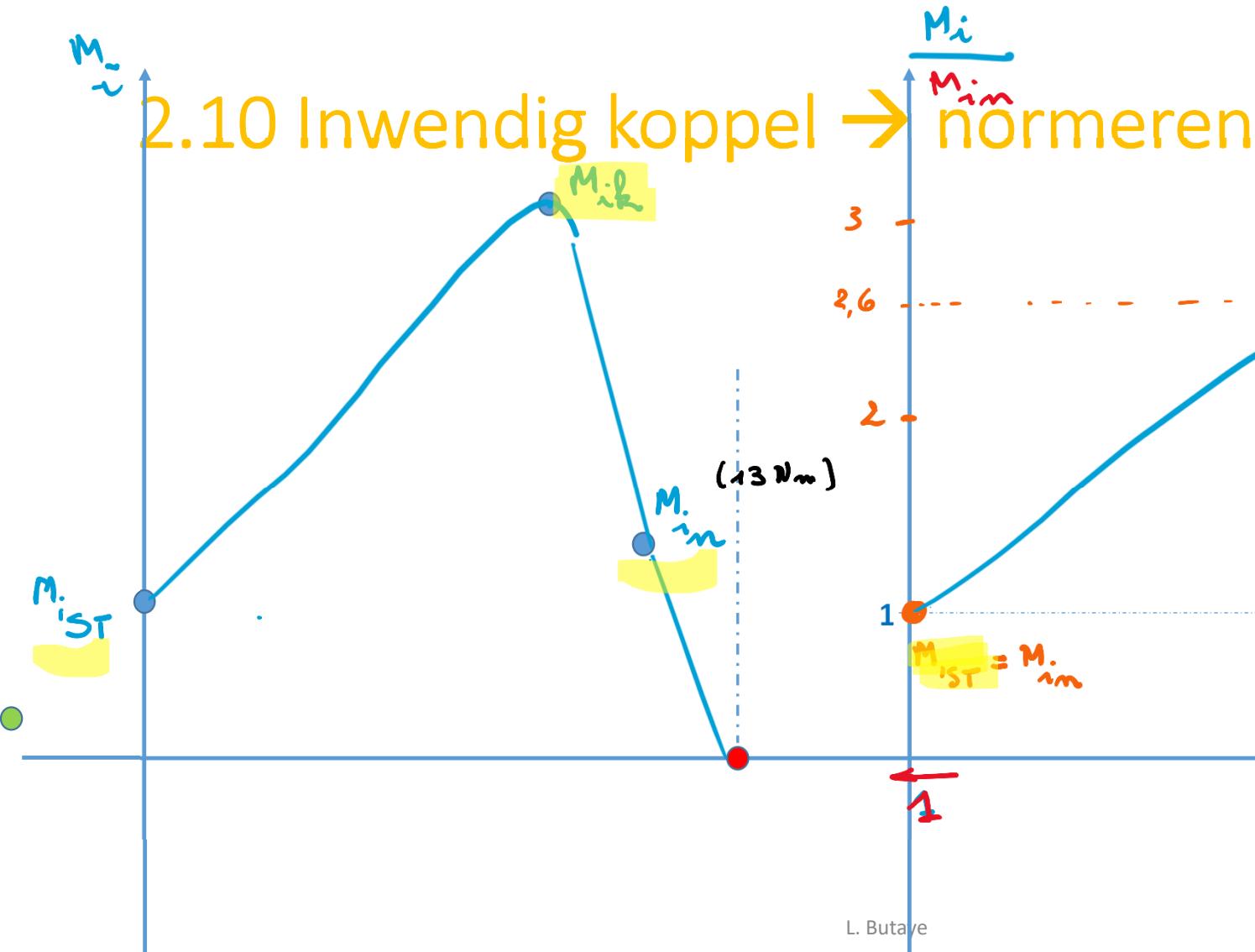
ONAFK R<sub>2</sub>!  
 AFTL f<sub>fs</sub><sup>(2)</sup>  
 U<sub>1</sub><sup>2</sup>  
 X<sub>2,ST</sub>

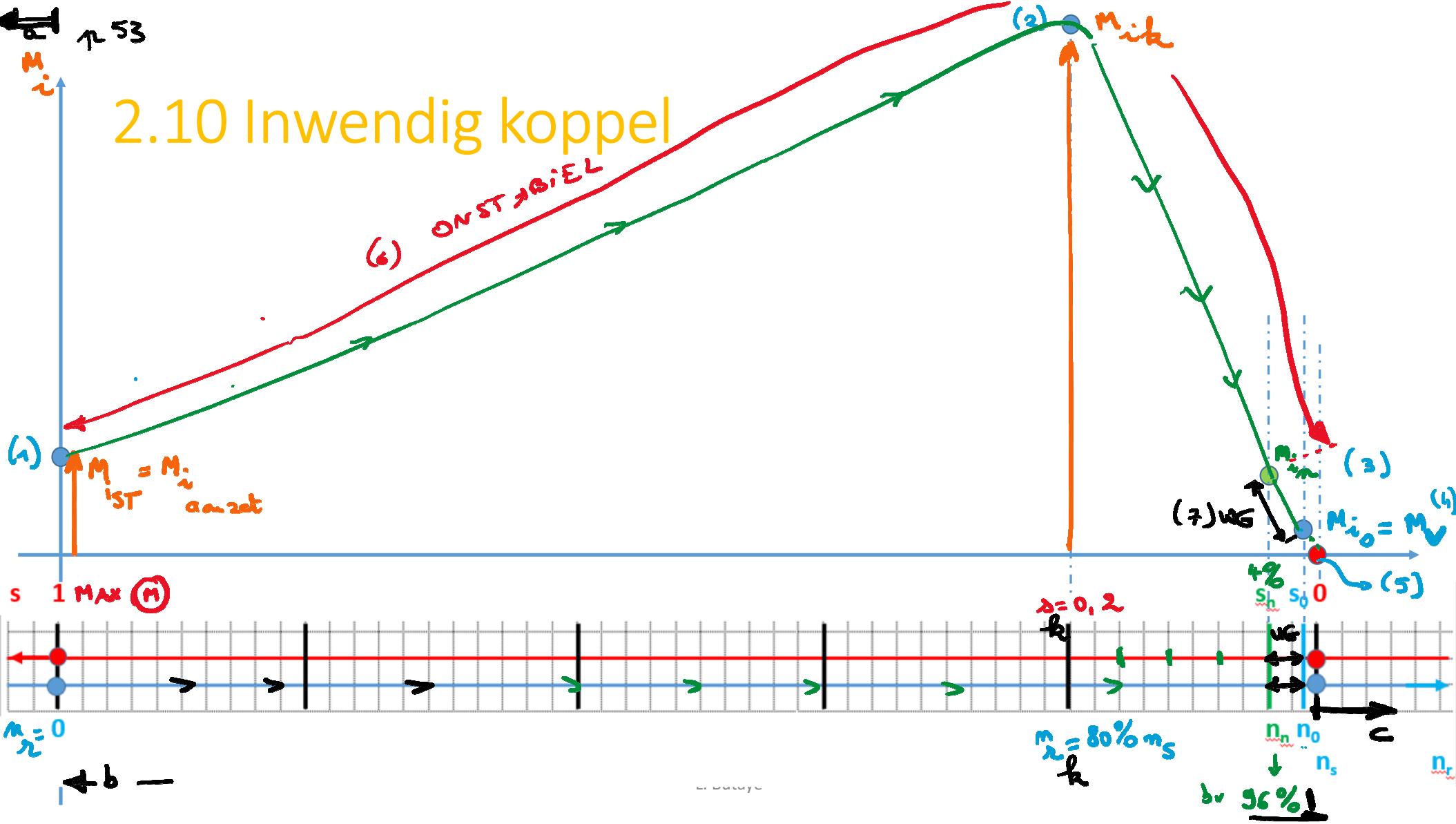


$$M_i \approx C^{te} \cdot \frac{s}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$

L. Butaye

$$\Rightarrow x_{2ST} = \frac{5R_2}{4}$$



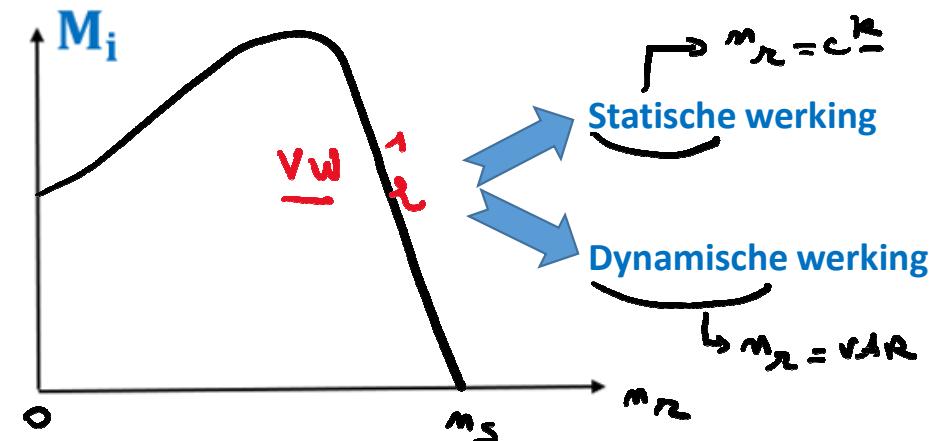


- (1) De motor wordt gestart, de rotor vertrekt vanuit rusttoestand (rotortoerental gelijk aan nul). De slip is maximaal, het aanzetkoppel is klein.
- (2) Als ongeveer 80 % van het synchroon toerental bereikt is, ontwikkelt de motor zijn maximum koppel, het kipkoppel  $M_k$  bij  $s_k$  of toerental  $n_k$ .
- (3) De motor bereikt nadien zijn nominaal toerental  $n_{r,n}$  bij ongeveer 96 % van het synchroon toerental. Bij het nominaal toerental of bij de nominale slip  $s_n$  ontwikkelt de motor zijn nominaal koppel  $M_{i,n}$ .
- (4) Bij nullast is het rotortoerental  $n_{r,0}$  iets groter dan bij nominale belasting en bijna gelijk aan het synchroon toerental  $n_s$ . Het nullastpunt is dit punt waarbij de machine juist voldoende koppel  $M_{i,0}$  levert om zijn eigen mechanische verliezen ( $M_v$ ) te compenseren. Het nuttig koppel, of het koppel geleverd op de as is hier nog nul.
- (5) Bij het synchroon toerental wordt er geen koppel geleverd door de motor.
- (6) Het onstabiele gebied : een kleine verandering in belasting heeft een relatief grote snelheidverandering tot gevolg.
- (7) Het werkingsgebied van de motor : Dit gebied ligt tussen het nominale koppel en het nullastkoppel van de motor. Hier zal een belastingsverandering een kleine snelheidsverandering tot gevolg hebben.

## 2.10 Inwendig koppel

Koppel-toerentalkarakteristiek

$$M_i \cong \frac{1}{\omega_s} \cdot 3 \cdot \frac{U_1^2}{k^2} \cdot \frac{s \cdot R_2}{R_2^2 + s^2 \cdot X_{2,ST}^2}$$



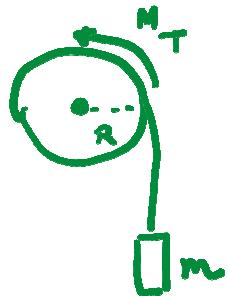
$$M_k \cong \pm \frac{1}{\omega_s} \cdot 3 \cdot \frac{U_1^2}{k^2} \cdot \frac{\pm 1}{2X_{2,ST}}$$

$$s_k = \pm \frac{R_2}{X_{2,ST}}$$

## 2.11 Statische werking

### Inleiding

$$M_T = c^k \underline{m}$$

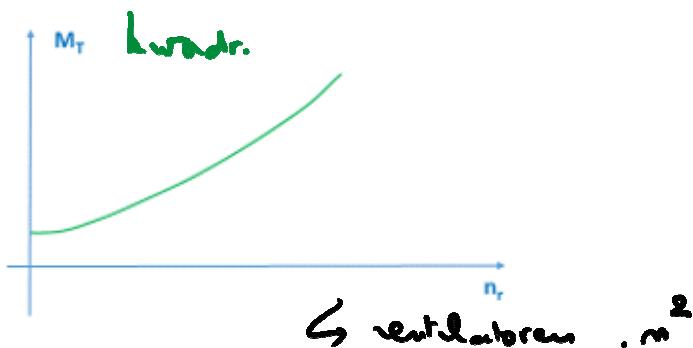
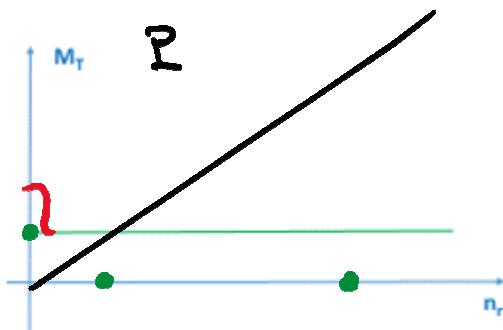


$$F = m \cdot g$$

$$M = \underbrace{m \cdot g \cdot R}_{c^k}$$

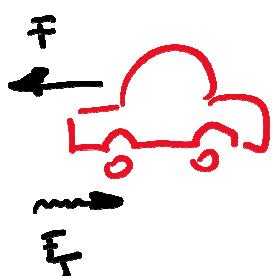
$$\text{vermogen } P = M \cdot \omega$$

$$m_r = c^k \underline{\omega} \quad \underline{w_1}$$



## 2.11 Statische werking

Lineaire beweging  $\rightarrow \sigma = c^k$



$$F = F_T$$

$$F - F_T = 0$$

$$= m \cdot a$$

x  
o  
massa

$$a = 0$$

$$\sigma = c^k$$

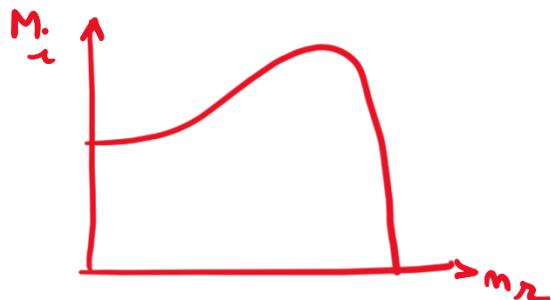
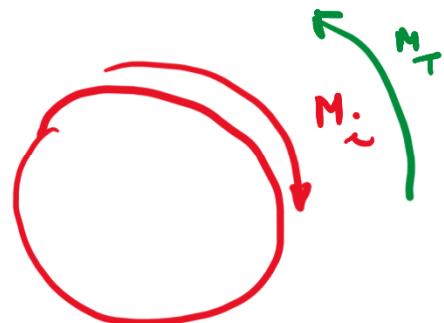
A hand-drawn symbol for velocity, consisting of a circle with a 'v' inside.

VERS NELL IN G

SNELHEID

## 2.11 Statische werking

Roterende beweging



$$\rightarrow n_x = c^k$$

$$M_i = M_T$$

$$M_i - M_T = 0$$

$$= J \cdot \alpha = M_j$$

$$\alpha = 0$$

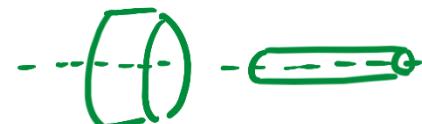
$$\frac{d\omega}{dt} = 0$$

koppel overschat

$\alpha = \text{HOEK VERSNELLING}$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

$J = \text{TRAAGHEIDS MOMENT}$



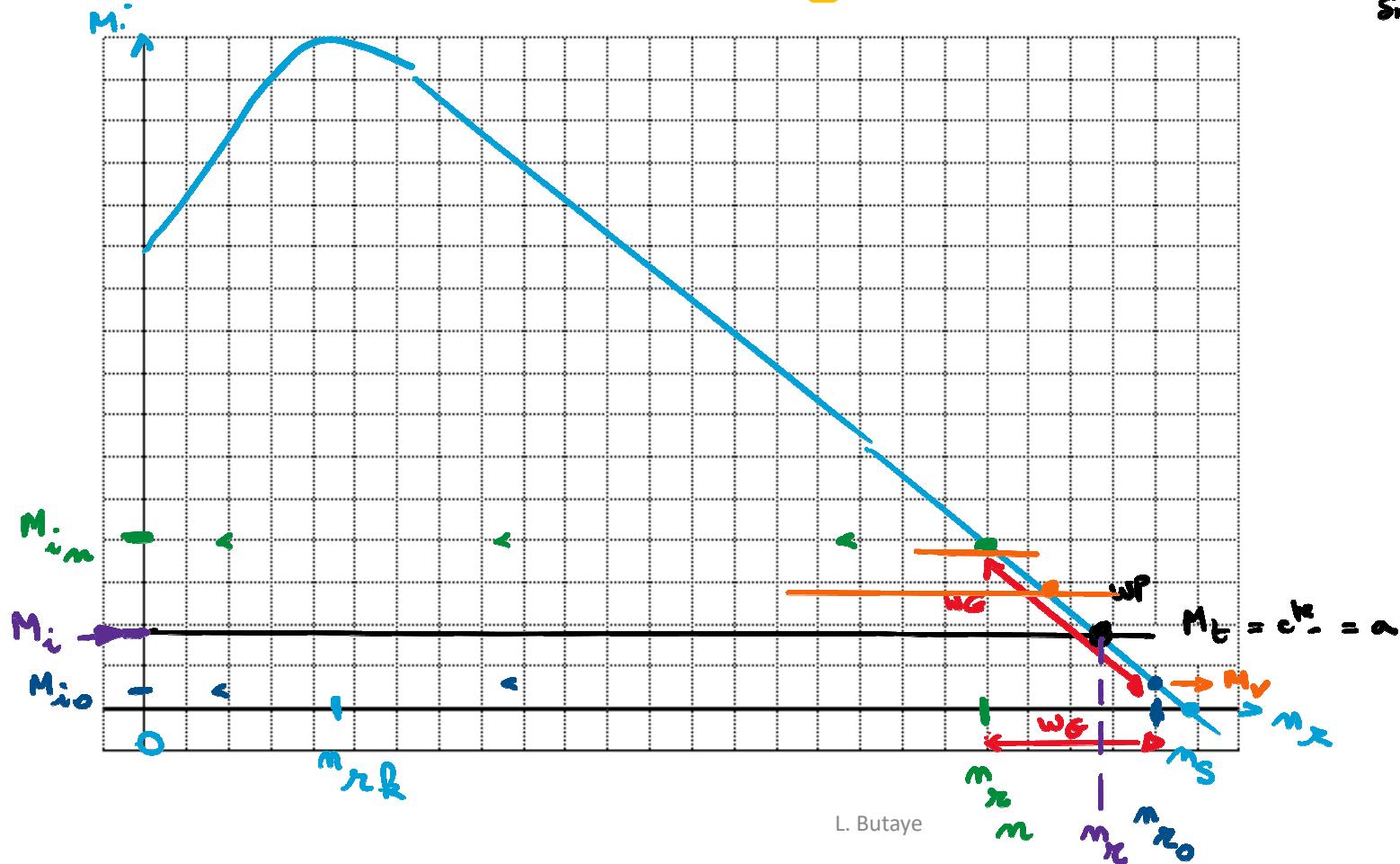
VW<sub>1</sub>:  $WPT \in WG$

VW<sub>2</sub>:  $WPT \in [m_{x_m}, m_{x_0}]$

$$\left[ \begin{array}{l} \omega_x = c^k \\ n_x = c^k \end{array} \right]$$

L. Butaye

## 2.11 Statische werking



$$M_{i,u} = M_T$$

snypunkt

nominale punt ✓

nullastpunt ✓

statisch werkingspunt ?

werkingsgebied ? ✓

belastingslijn werktuig ✓

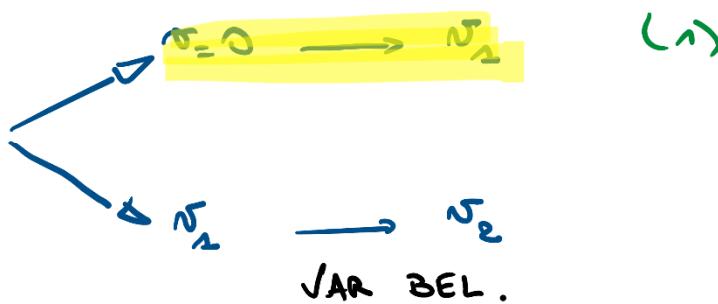
VW<sub>A</sub> ?

WP ∈ WG

## VARIABEL $m_r$

# 2.12 Dynamische werking

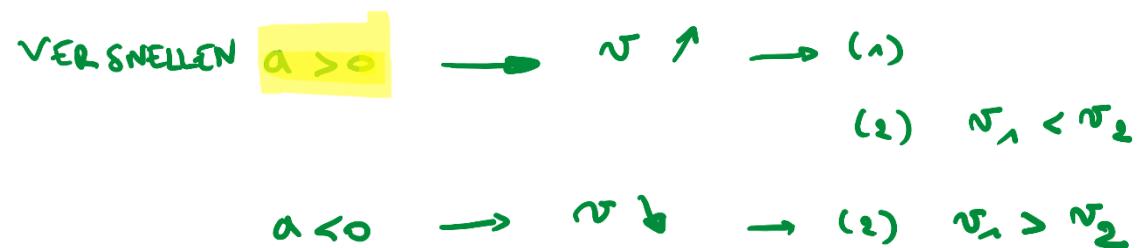
Lineaire beweging



$$F - F_E = m \cdot a$$

N

0



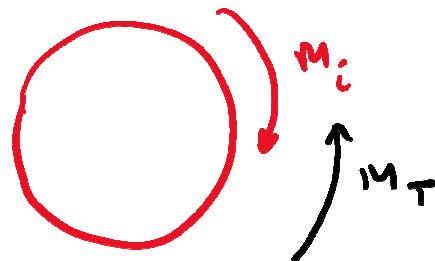
$vW_2 \rightarrow (1) \rightarrow a > 0$       POS. VERSNELLING

$m \cdot a > 0$

L. Butaye

## 2.12 Dynamische werking

Roterende beweging



$$\textcircled{1} \quad m_r = 0 \xrightarrow{\alpha > 0} m_r \quad (\text{start. wP})$$

START  
STILST

$$\textcircled{2} \quad m_{r1} \longrightarrow m_{r2} \xleftarrow{< M_{r1}} \xrightarrow{>}$$

$m_r$  VAR

inwendig  
koppel

$$M_i - M_T = J \cdot \alpha$$

$\downarrow$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_r \\ M_B \end{array} \right. = M_J$$

$\frac{0}{\pi}$

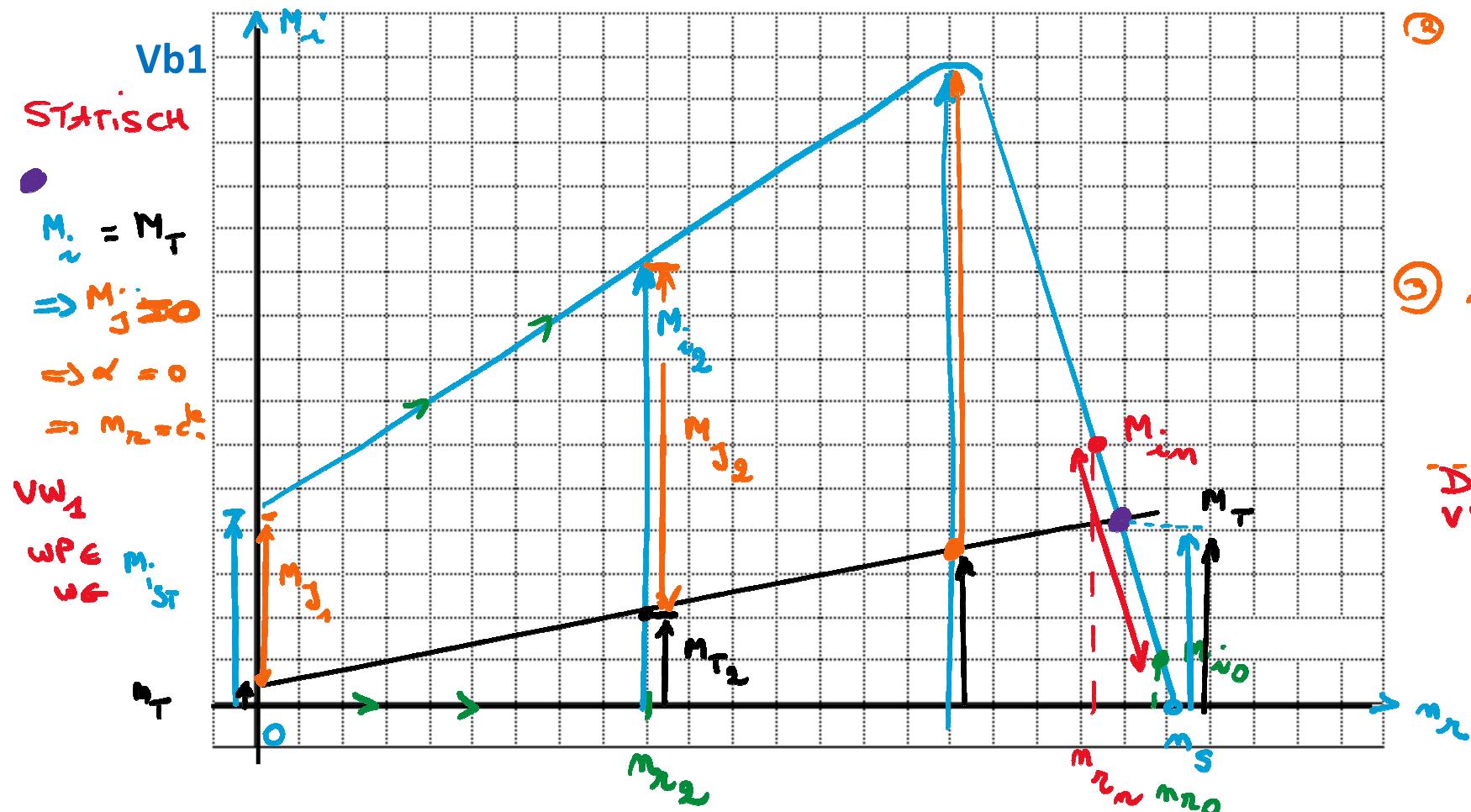
boppel overschat  
versnelling steeg

$\alpha > 0 \rightarrow \text{VERSNELLEN} \rightarrow M_J > 0$

$\alpha < 0 \rightarrow \text{VERTRAGING} \rightarrow M_J < 0$

$$\alpha = c^k \quad !!!$$

## 2.12 Dynamische werking



①  $m_n = 0 \rightarrow M_{J1} > 0$   
 $\alpha_1 > 0$

②  $m_n = 0 \rightarrow M_{J2} > 0$

$M_J > 0$

$\alpha_2 > 0$

$\alpha_1 < \alpha_2$

③  $\delta_K$ :  $m_n > 1$

$M_J > 0$

$\alpha > 0$

Dyn. w

- ① STIL.
- $n_T > M_i \cdot ST$
- $M_j < 0$
- $m_L = 0 !!$
- START NIET OK.
- VWE NIET OK.

## 2.12 Dynamische werking

