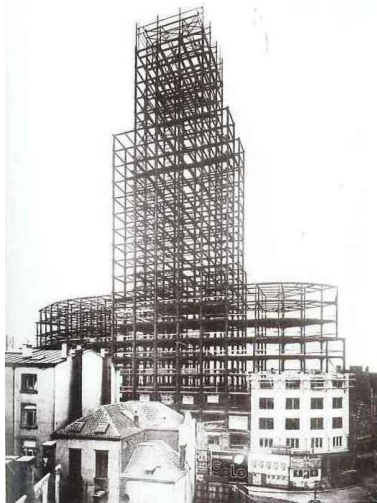


# Verschillende corrosiepreventie- methoden...

Dr. ir. Frans Vos  
Zaakvoerder Materials Consult bv  
Gastprofessor KU Leuven

# Corrosie is overal !!!

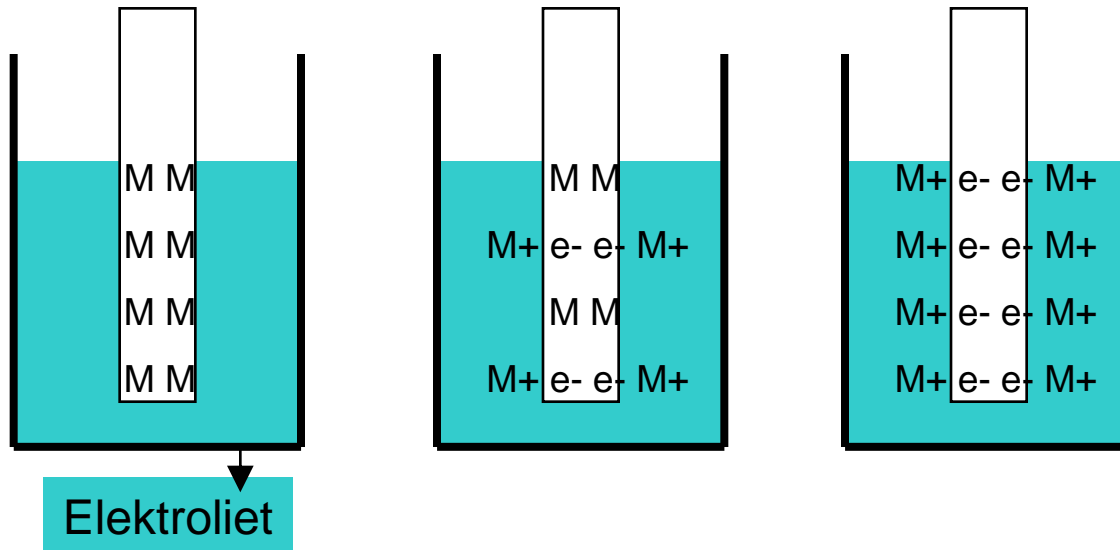


# Corrosie is een 'systeem'eigenschap

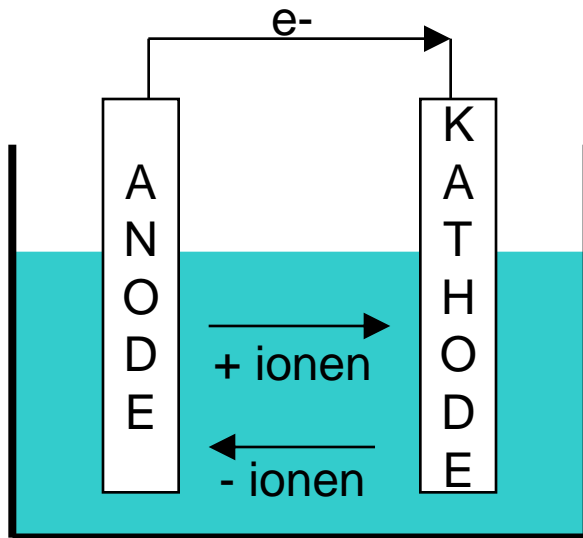
Een **materiaaleigenschap** is enkel en alleen afhankelijk van het materiaal op zich: samenstelling, sterkte, hardheid, ...

In een **systeem** is een materiaal slechts één van de componenten, die allemaal samen het **gedrag** van het materiaal zullen bepalen: **corrosie**, oxidatie, slijtage, vormgeheugengedrag, ...

## Basisprincipes corrosie



# De corrosiecel



## 4 basiskenmerken

1. anode reactie / oxidatie
2. transport van elektronen
3. kathodische reactie / reductie
4. ionische geleiding

**Als één van de vier wegvalt,  
stopt het corrosieproces !!!**

**EN/OF**

**Controleer en beheers !!!**

# CORROSION

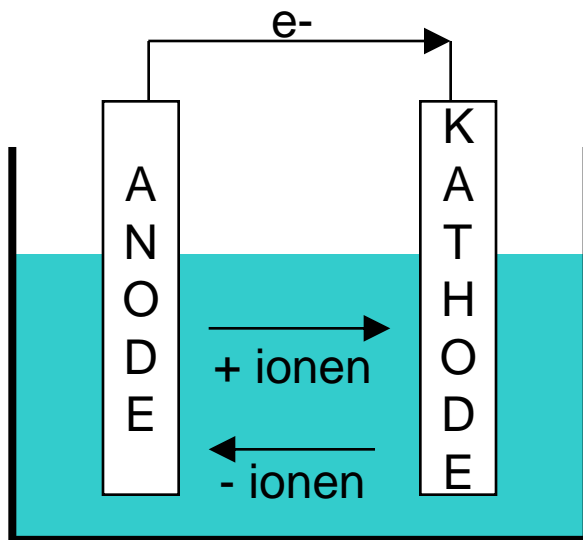
**ROEST  
= Corrosie ?**



**Roest is geen corrosie**

**Roest is een mogelijk  
gevolg van corrosie !!!**

# Corrosiepreventie



1. anode reactie / oxidatie
2. transport van elektronen
3. kathodische reactie / reductie
4. ionische geleiding

**Als één van de vier wegvalt,  
stopt het corrosieproces !!!**

**EN/OF**

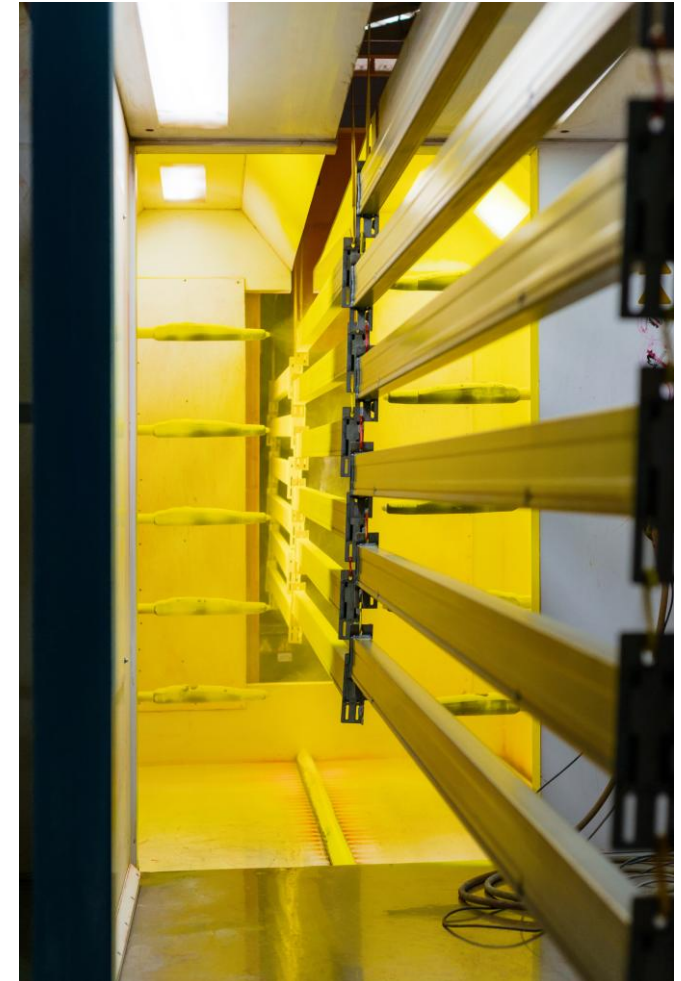
**Controleer en beheers !!!**

# Verven en tapes

Natlaksysteem, poederlak,  
bekleding, ...



**Primer: Zinkrijke verf**



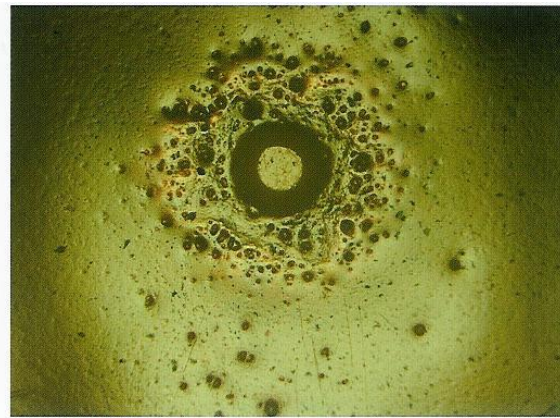
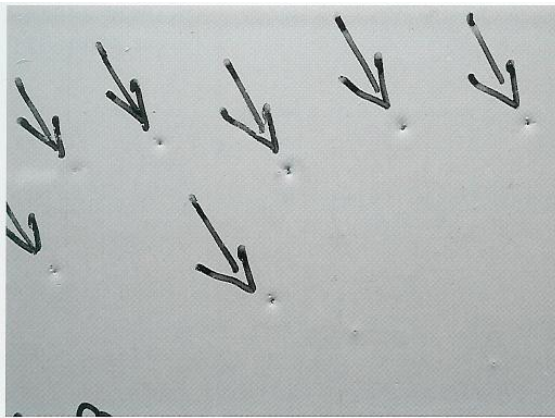
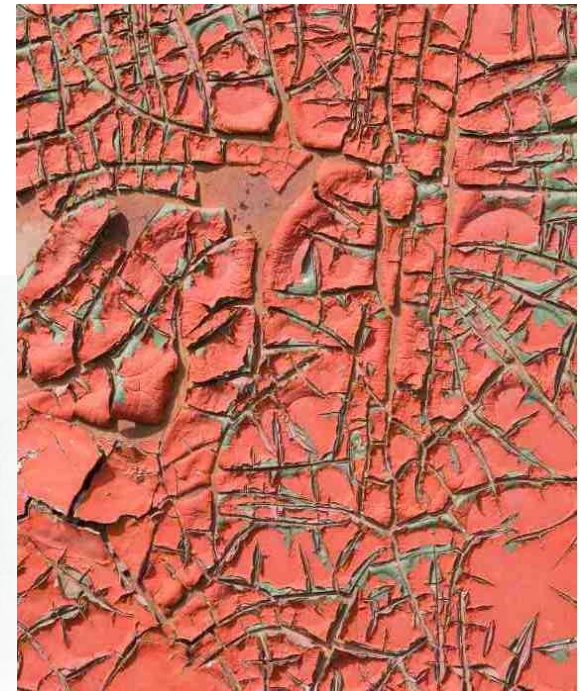


# Verven en tapes

Kwaliteit coating = f (...)

- Type coating (materiaalkeuze !!!)
- Voorbehandeling
- Aanbrengtechniek en –kwaliteit

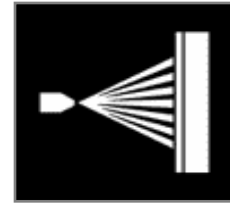
**Inspecteer !!!**



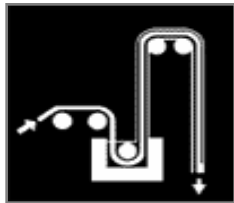
# Verzinken = Galvanisieren



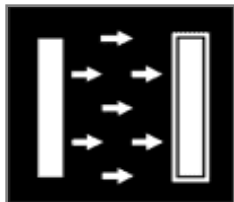
Discontinuu thermisch  
verzinken



Metallisatie



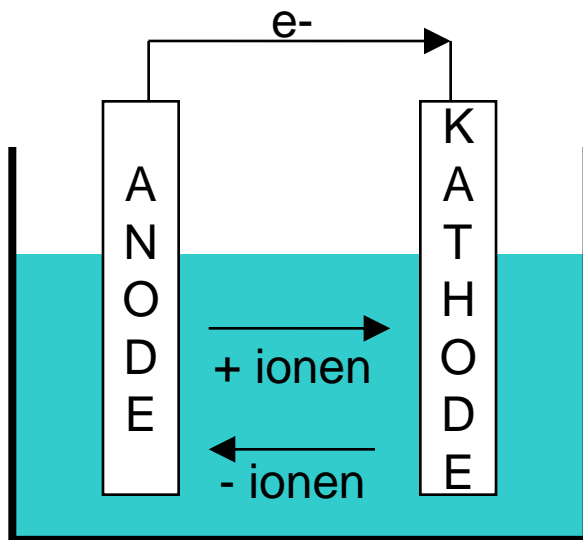
Continuu thermisch  
verzinken



Elektrolytisch  
verzinken



# Corrosiepreventie



1. anode reactie / oxidatie
2. transport van elektronen
- 3. kathodische reactie / reductie**
4. ionische geleiding

**Als één van de vier wegvalt,  
stopt het corrosieproces !!!**

**EN/OF**

**Controleer en beheers !!!**

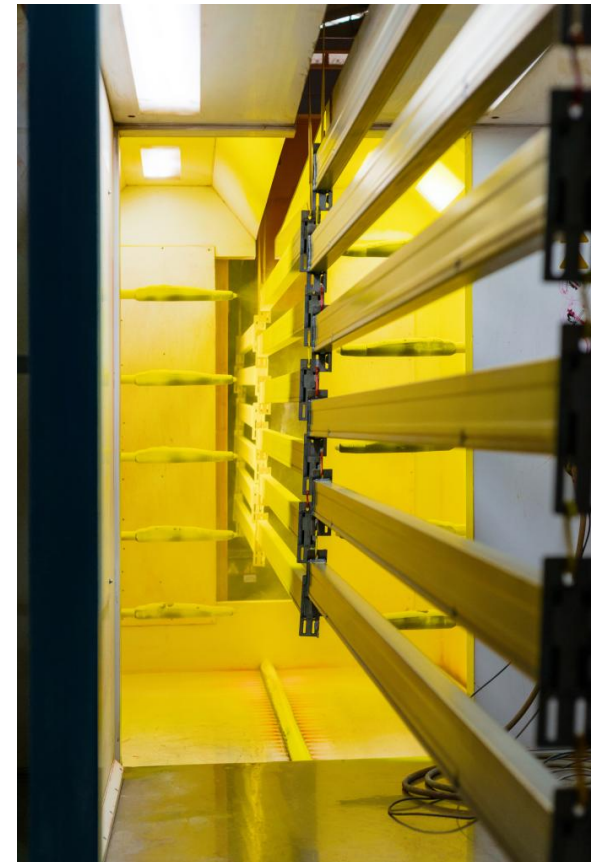
# Afschermen kathode nodig?

## Verven en tapes

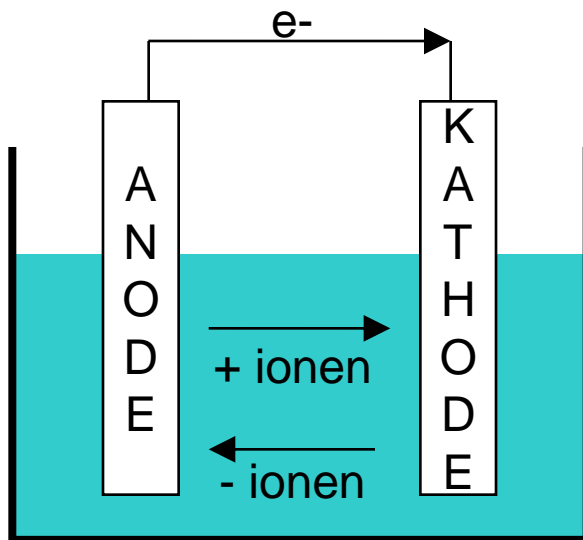
Natlaksysteem, poederlak,  
bekleding, ...



Primer: Zinkrijke verf



# Corrosiepreventie

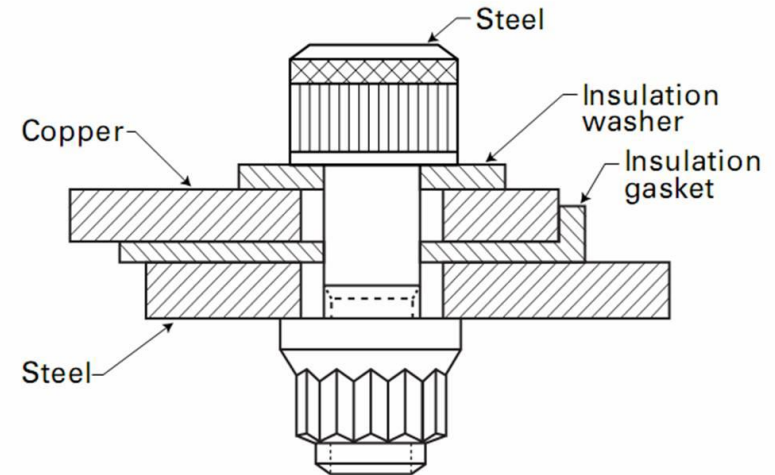
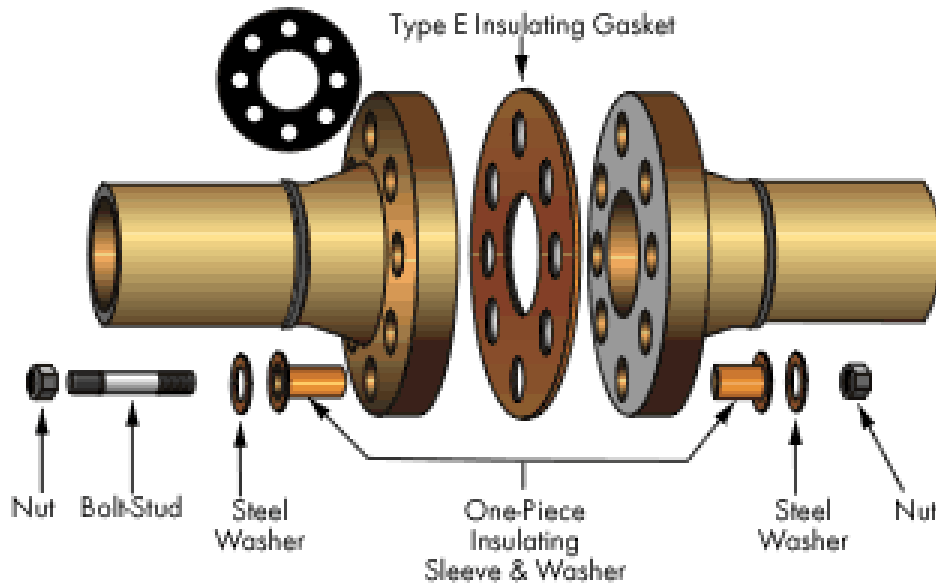


1. anode reactie / oxidatie
- 2. transport van elektronen**
3. kathodische reactie / reductie
4. ionische geleiding

**Als één van de vier wegvalt,  
stopt het corrosieproces !!!  
EN/OF  
Controleer en beheers !!!**

# Elektrisch isoleren

## DOUBLE INSULATION SET



En wat met aarding?

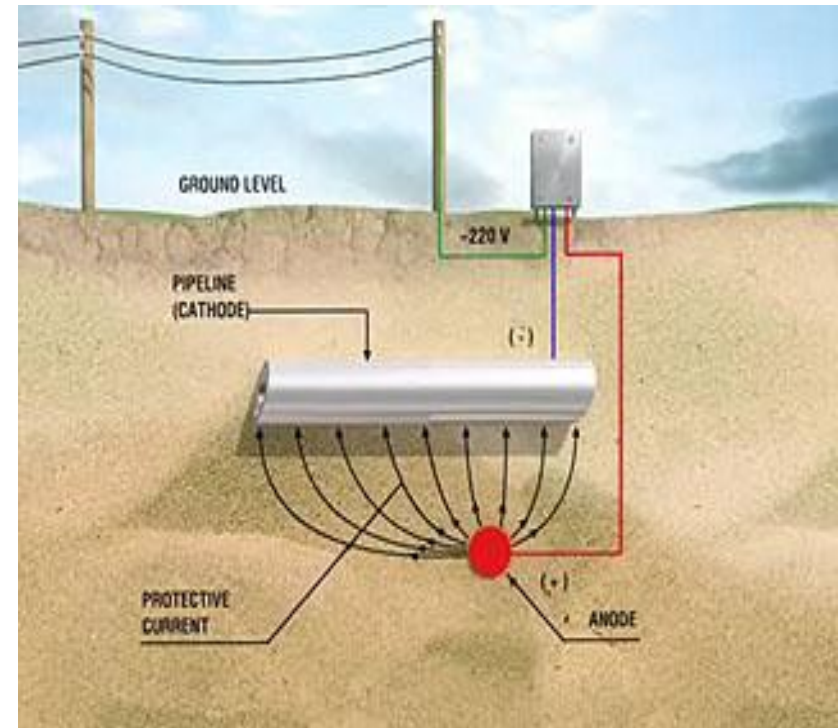
# Opgedrukte stroom

(Kathodische bescherming; zie verder ook lezing prof. Craeye)

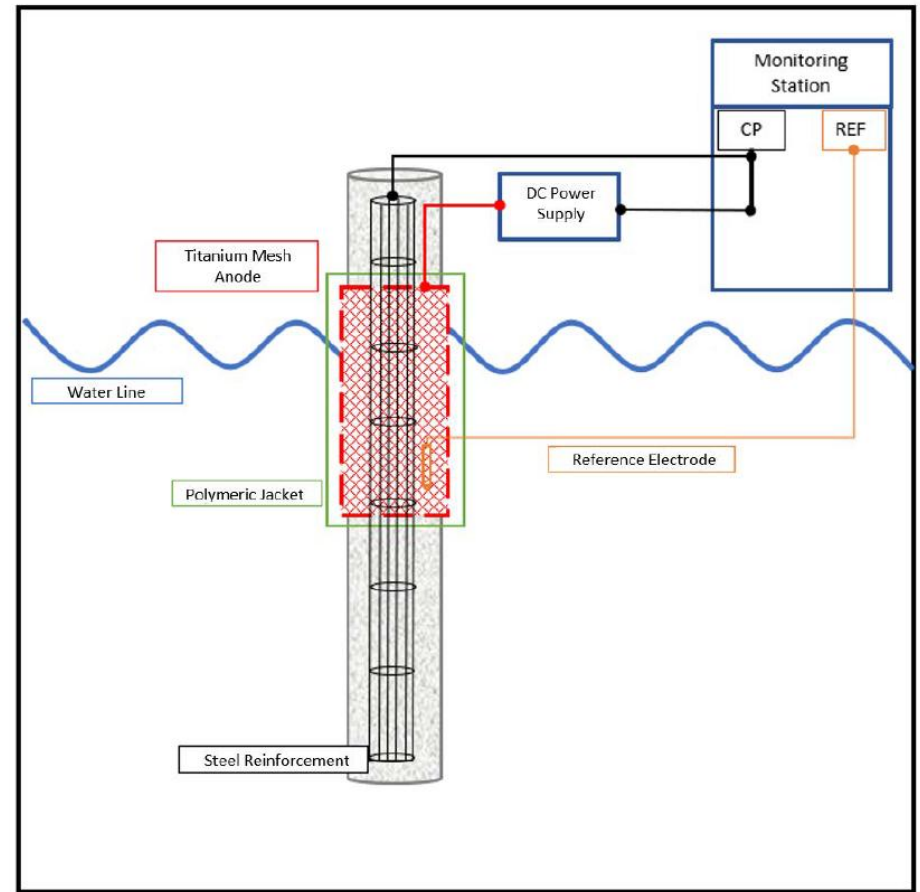
Via een externe stroombron en gelijkrichter wordt de richting van de elektrische stroom omgekeerd

⇒ Bescherming structuur

- Complementair met een coating
- Inerte anode
- Regelmatige controle  
 $E_{KB} = -850 \text{ mV t.o.v. Cu/CuSO}_4$ ,  $I_{KB} = 0.005 \text{ tot } 5 \text{ mA/m}^2$
- Risico lekstromen
- Risico vorming  $\text{OH}^- \Rightarrow$  witte neerslag en SCC
- Risico waterstofvorming  $\Rightarrow$  onthechting coating

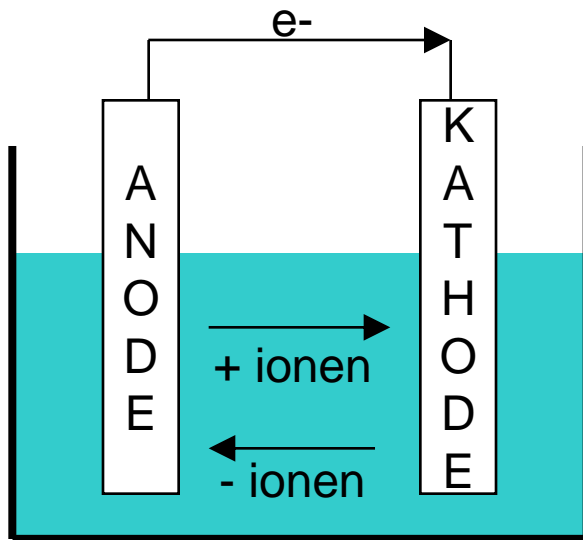


# Opgedrukte stroom





# Corrosiepreventie



1. anode reactie / oxidatie
2. transport van elektronen
3. kathodische reactie / reductie
4. ionische geleiding

Als één van de vier wegvalt,  
stopt het corrosieproces !!!

EN/OF

**Controleer en beheers !!!**

EDEL ONEDEL

Volts vs  
Std. Hydrogen  
Sat. Cu/CuSO<sub>4</sub>  
Sat. Calomel<sup>+</sup>

# Galvanische

Corrosie versus  
Preventie (opoffering)

Cu + C-staal ⇒ C-staal corrodeert

Cu + RVS ⇒ wat corrodeert?

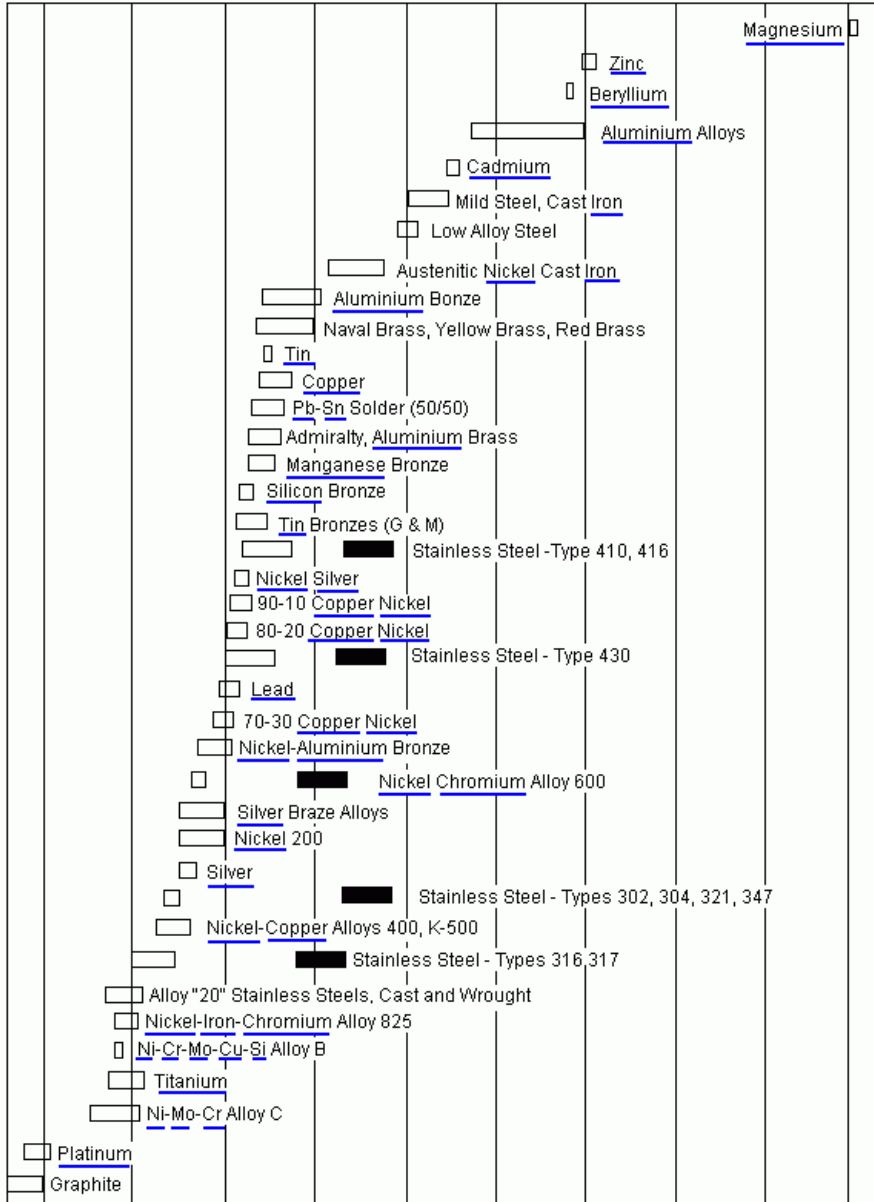
Zn + staal ⇒ Zn corrodeert



Wat met aluminium?

Figuur: in zeewater, 10-30°C

- wit: 2-4 m/s en geagiteerd
- zwart: stilstaand en niet geagiteerd

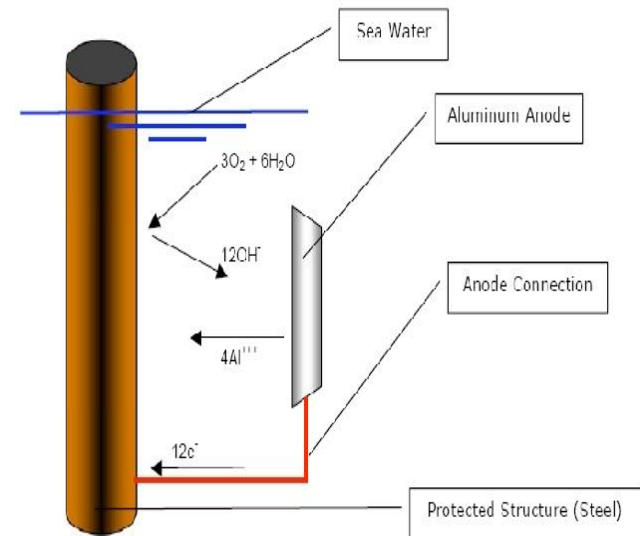
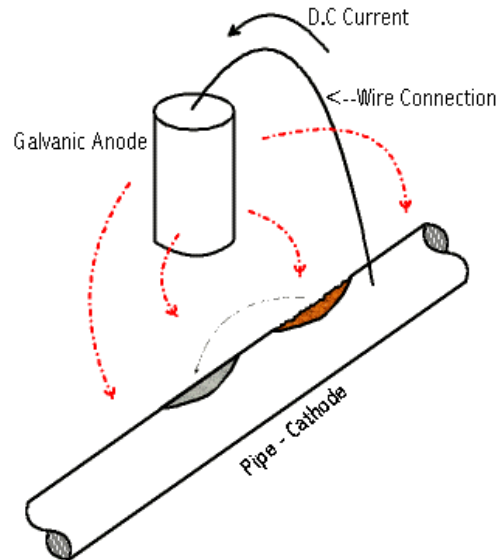


# Galvanische opoffering

- Mg, Zn, Al(?) beschermen staal



Ground Surface



# Galvanisch:

ontwerp, uitvoering, onderhoud

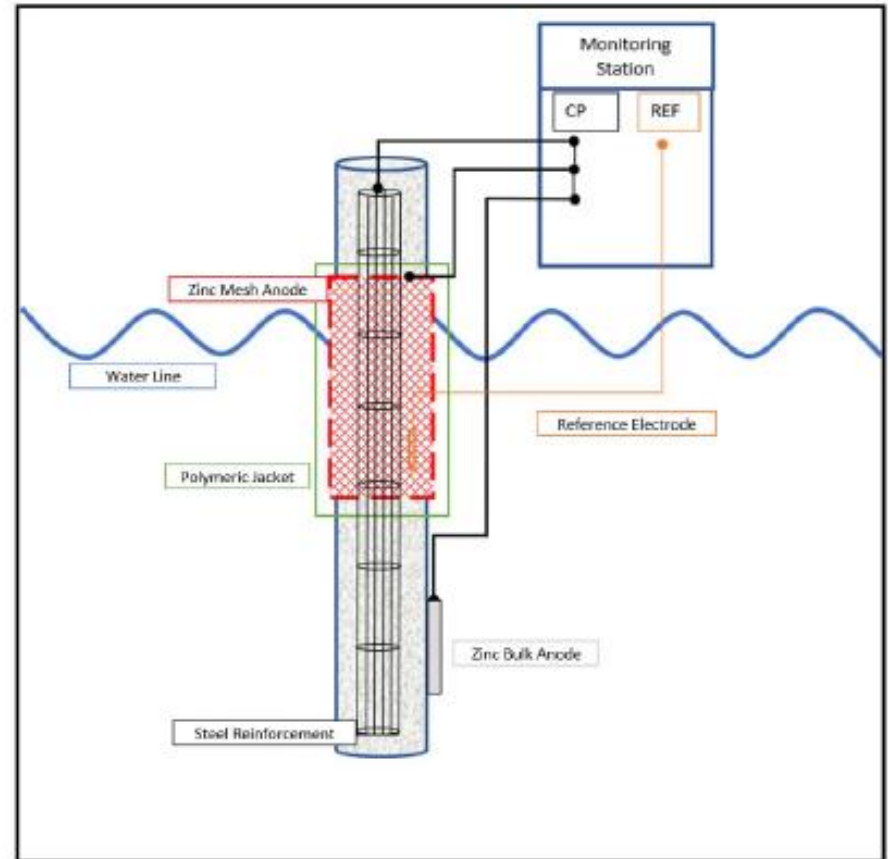
## Vershil in oppervlakte

kleine koperen bout in immense  
staalplaat of omgekeerd (?)

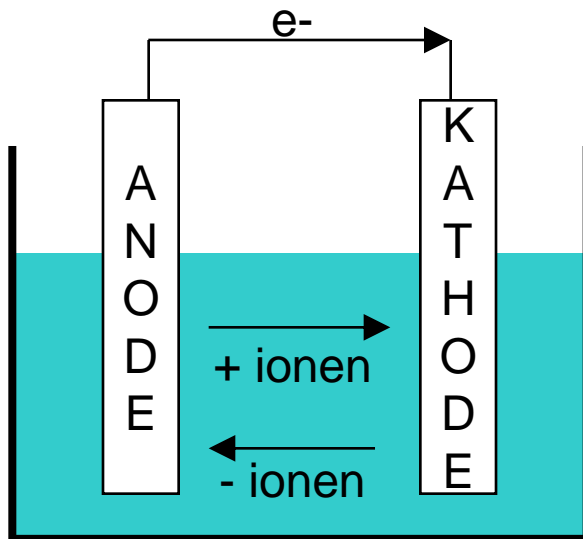


## Speciale gevallen

- Selectieve uitloging (gietijzer, messing, ...)
- Metallurgisch (precipitaten, ...)



# Corrosiepreventie



1. anode reactie / oxidatie
2. transport van elektronen
3. kathodische reactie / reductie
- 4. ionische geleiding**

**Als één van de vier wegvalt,  
stopt het corrosieproces !!!**

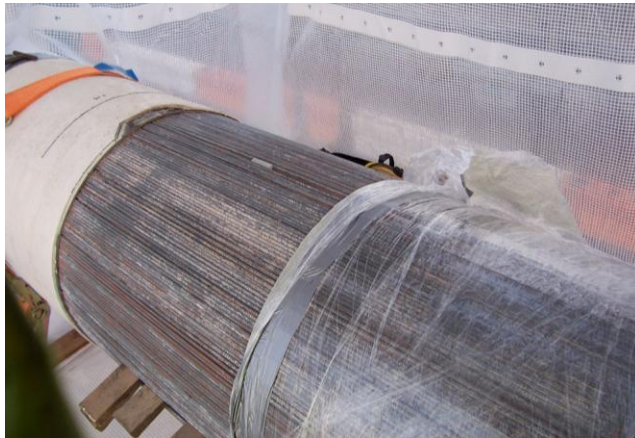
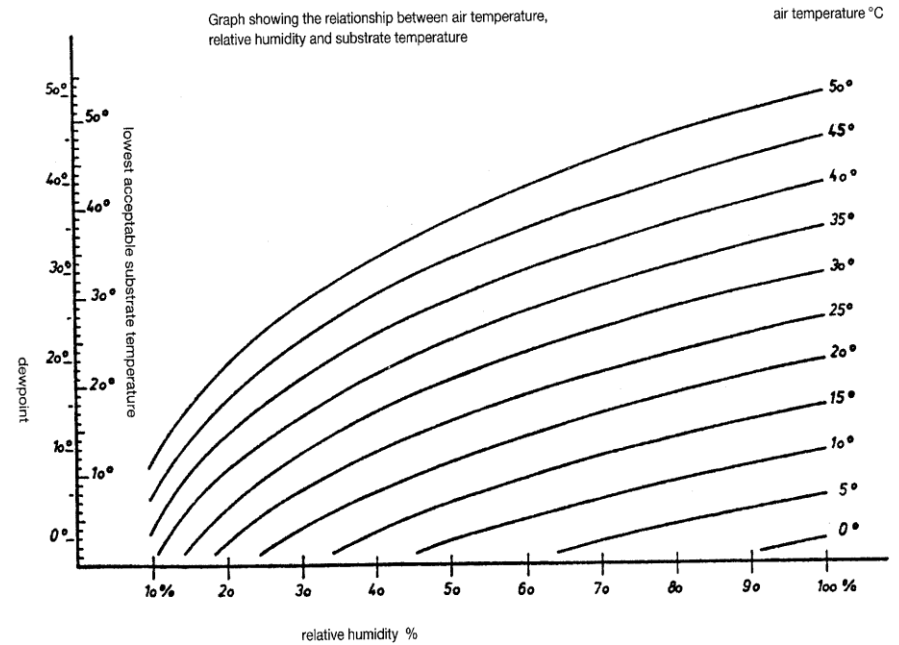
**EN/OF**

**Controleer en beheers !!!**

# Houd het droog

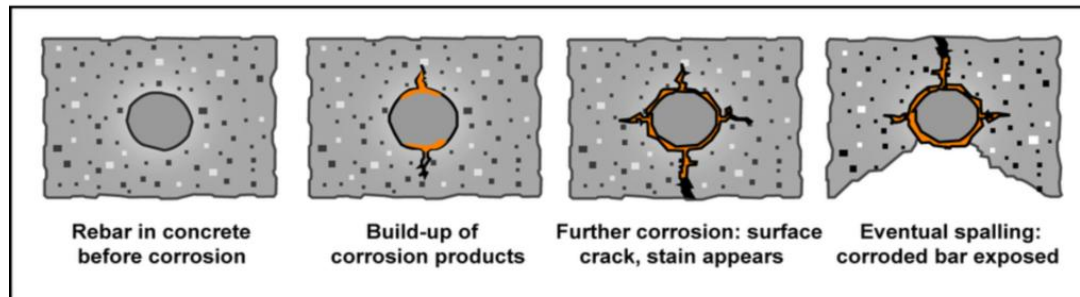


Graph showing the relationship between air temperature, relative humidity and substrate temperature



# Inhibitie

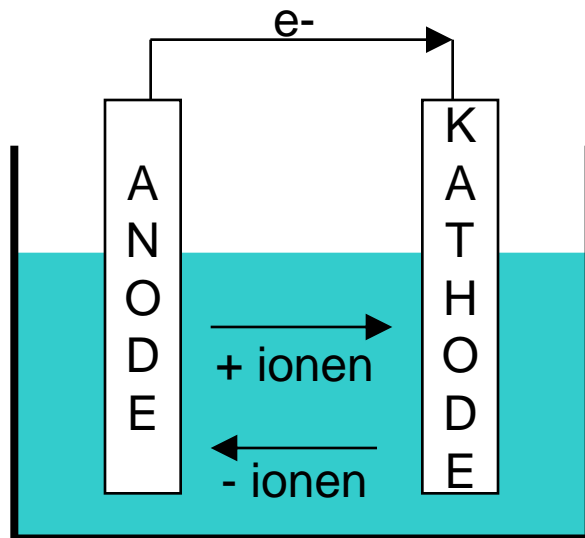
neutralisatie schadelijke producten, opbouw bescherm laag,  
ondersteuning passivatie, ...



Zie meer detail in lezing dhr. Legros

# Corrosiepreventie

## Het gehele **SYSTEEM** aanpakken



1. anode reactie / oxidatie
2. transport van elektronen
3. kathodische reactie / reductie
4. ionische geleiding

Als één van de vier wegvalt,  
stopt het corrosieproces !!!

EN/OF

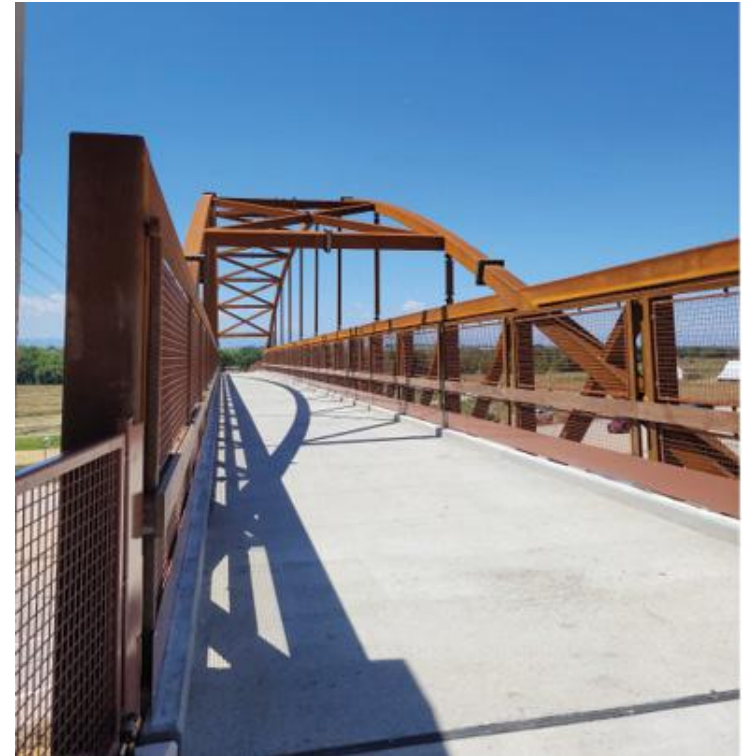
**Controleer en beheers !!!**



# Uniforme corrosie

Gelijkmatige aantasting

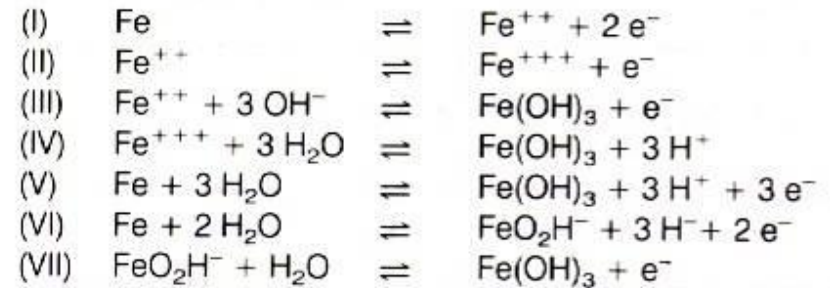
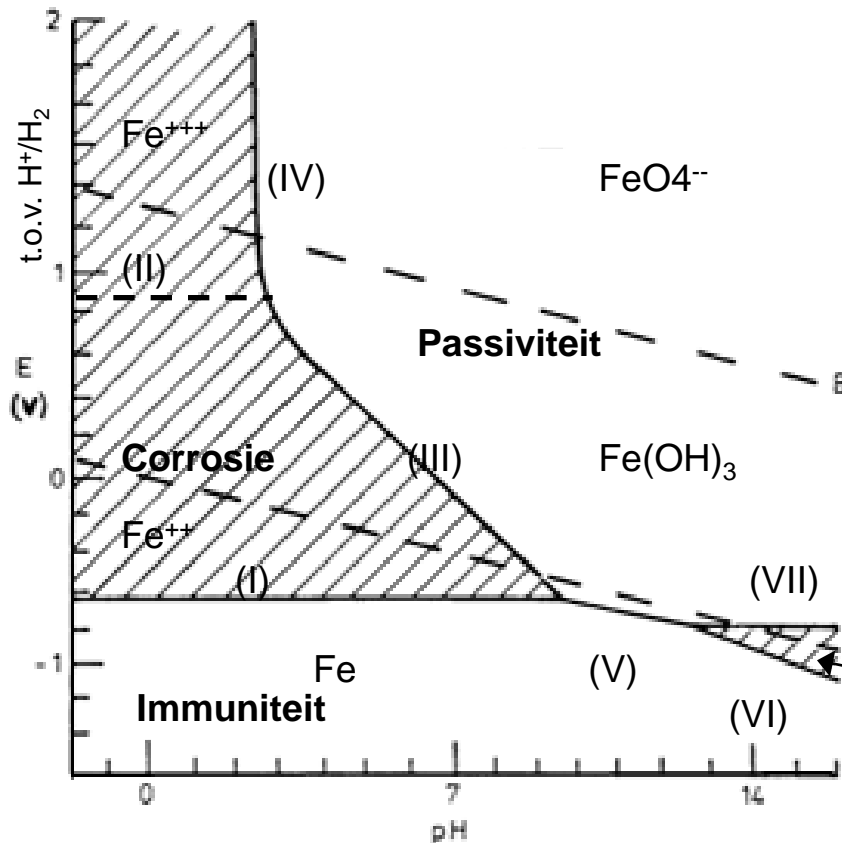
- ▶ Gelijkmatig over volledig oppervlak
- ▶ Quasi uniforme corrosiesnelheid



**Corrosietoeslag bij ontwerp**  
**VOORSPELBAAR FALEN**

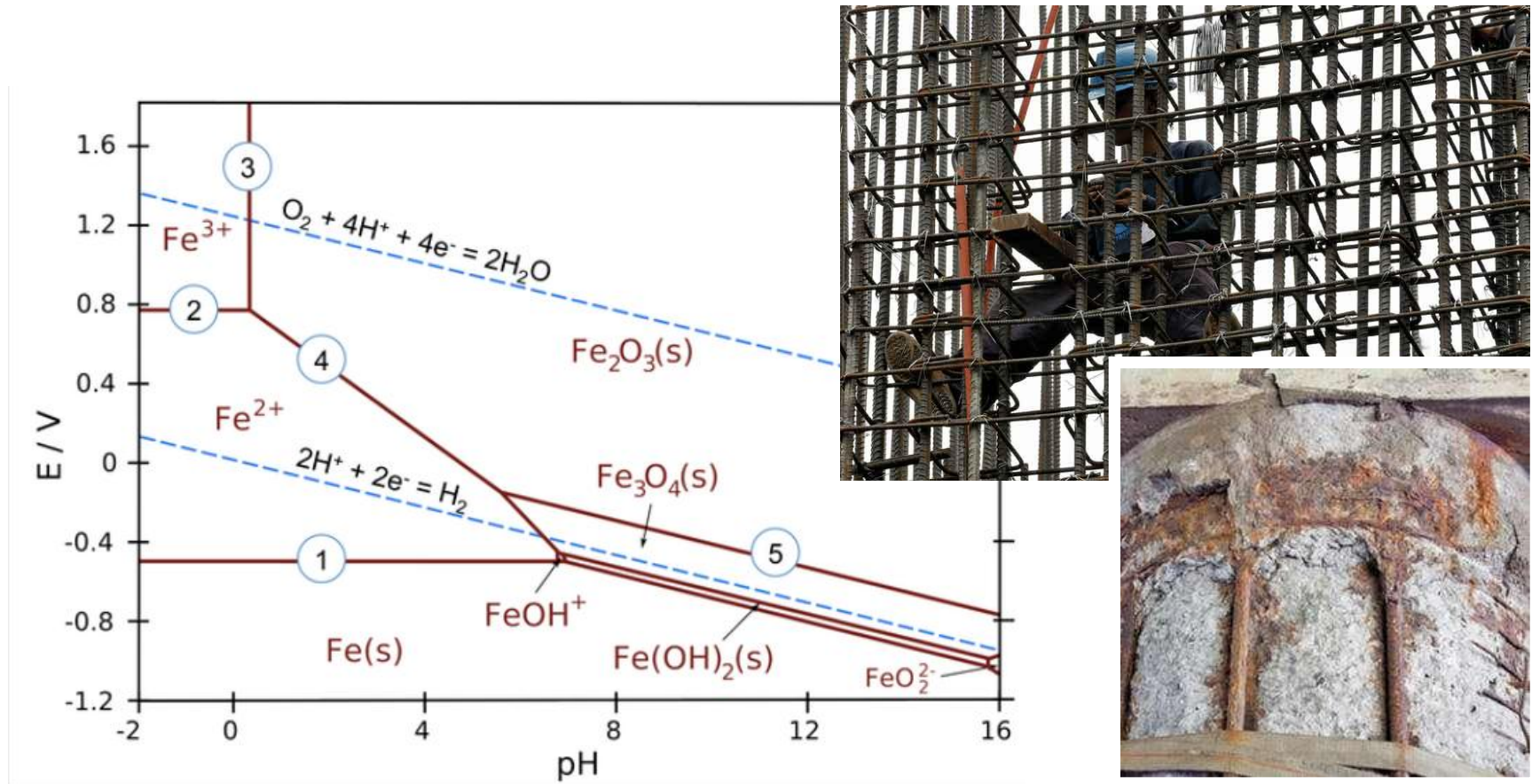
# PASSIVATIELAGEN

# E-pH diagramma (Pourbaix)



HFeO<sub>2</sub><sup>-</sup>  
**Corrosie**

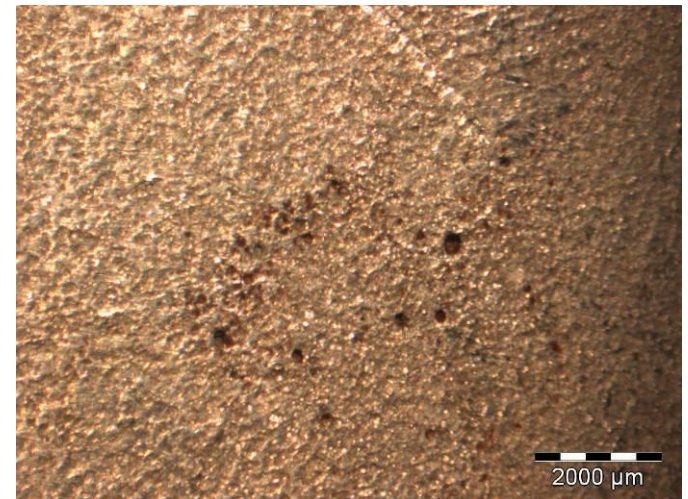
# E-pH diagramma (Pourbaix)



# Passivatiedegradatie

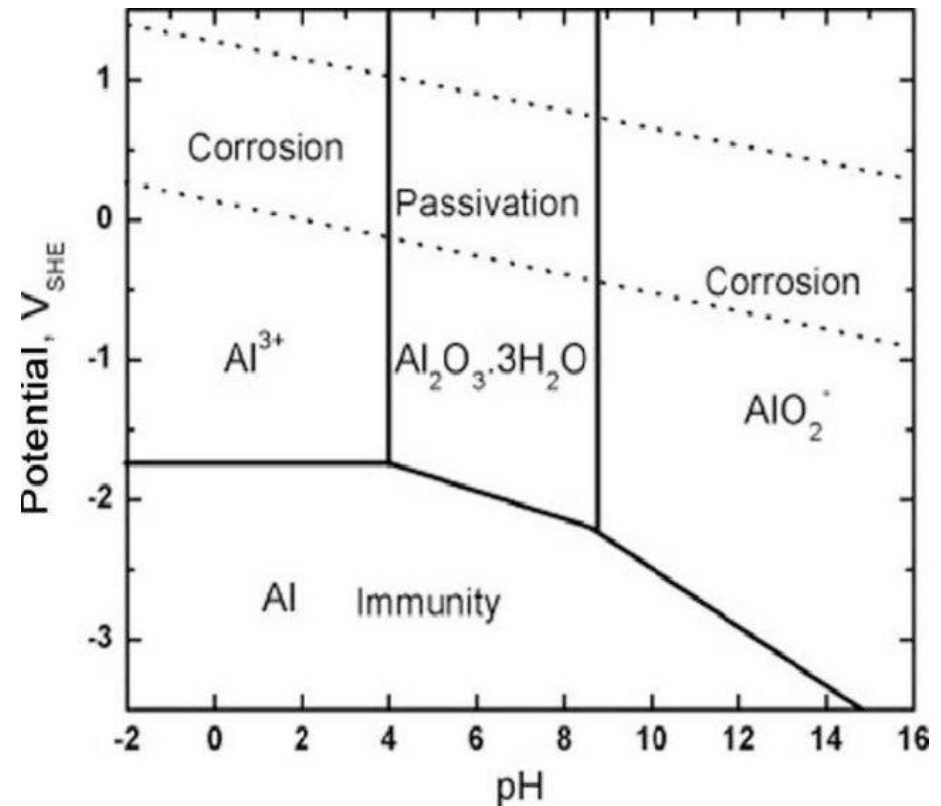
## Voorbeeld: putcorrosie

- Verankering gevelpanelen
- RVS 304L
- Reiniging gevelpanelen
- Verneveling product
- Niet-gesloten kader
- Product bevatte Chlorides
- Via opconcentratie Cl<sup>-</sup> naar putcorrosie



# Passivatiedegradatie

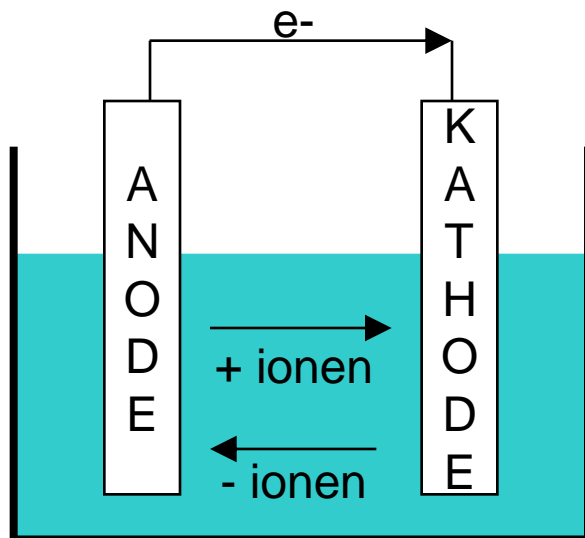
Voorbeeld: wijziging milieu



# POLARISATIE

# Corrosiesnelheid

Uitgangspunt: elektrische stroom



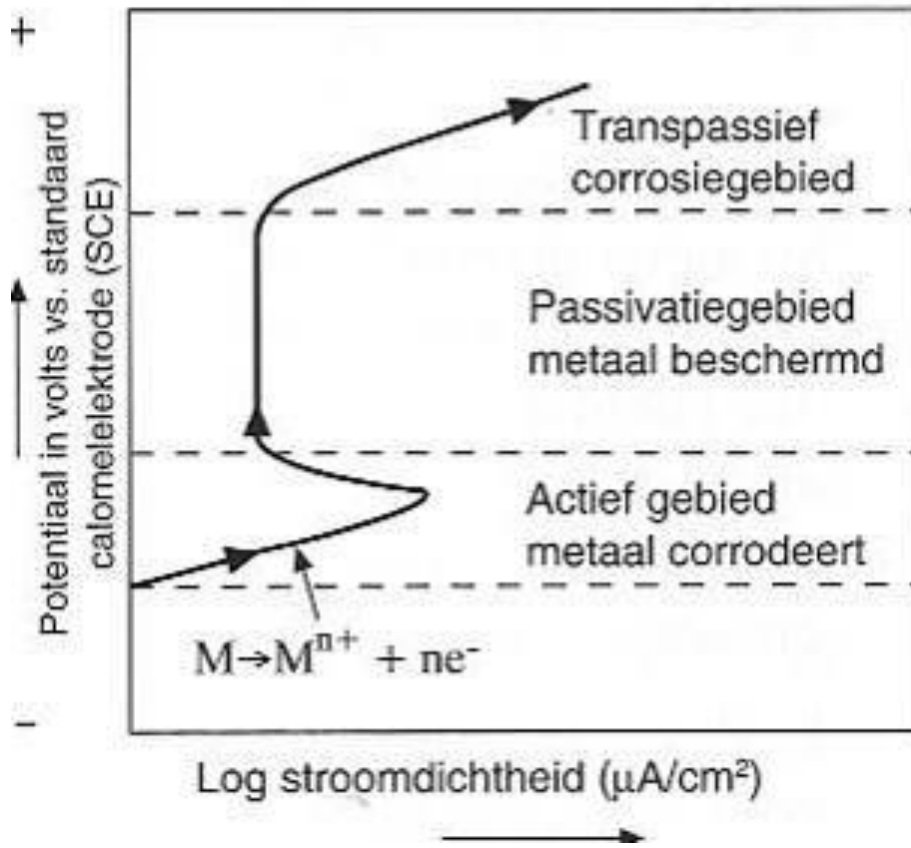
Vgl. Ohm:  $V = R \cdot I$

- ▶  $V$  = spanning = potentiaal
- ▶  $I$  = stroom = massaoverdracht
- ▶  $R$  = weerstand =  $f(\dots)$ 
  - Anode- en kathodemateriaal
  - Elektrolyt
  - Oppervlakteweerstanden

▶ **Monitoring:**

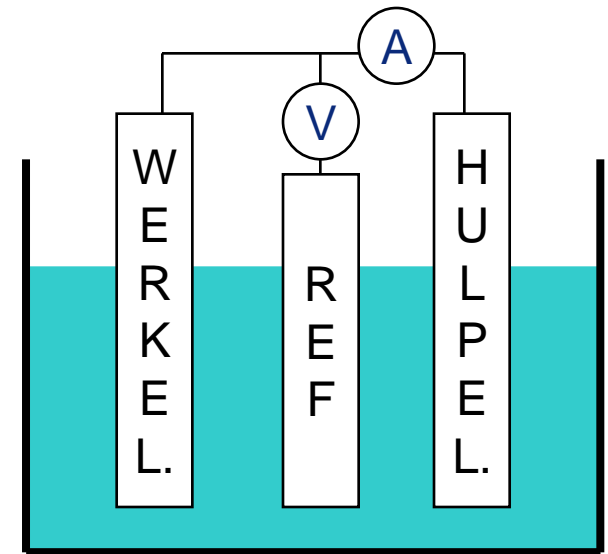
elektrische weerstand anode



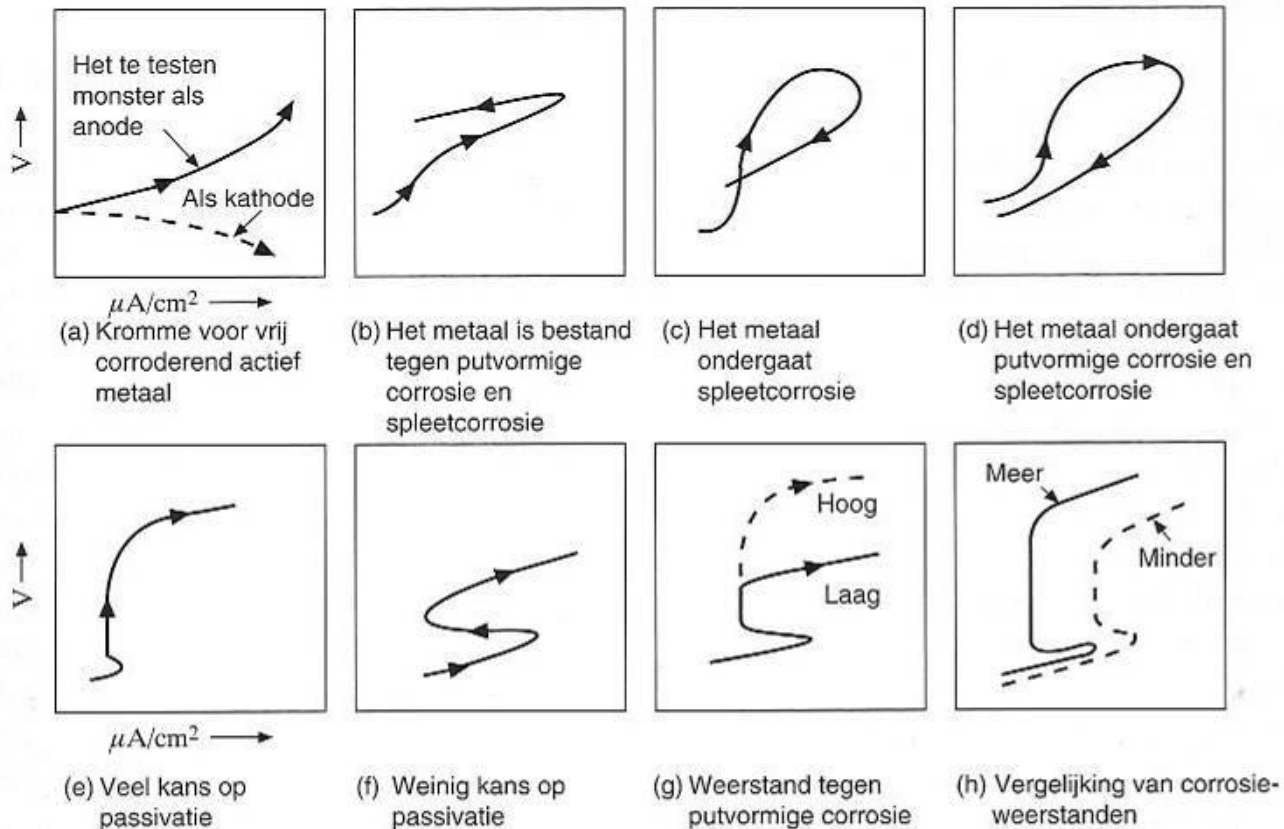


# Corrosiesnelheid

## Polarisatiemeting

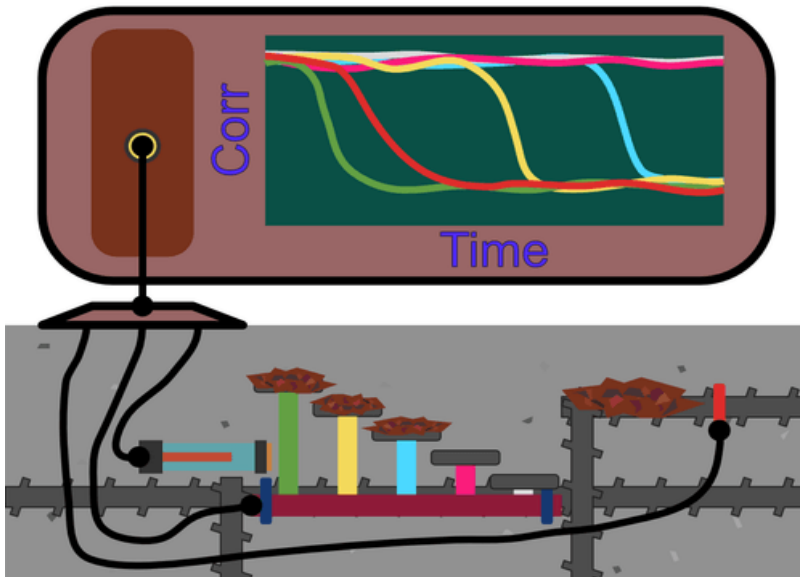


# Corrosiesnelheid: Polarisatiemeting



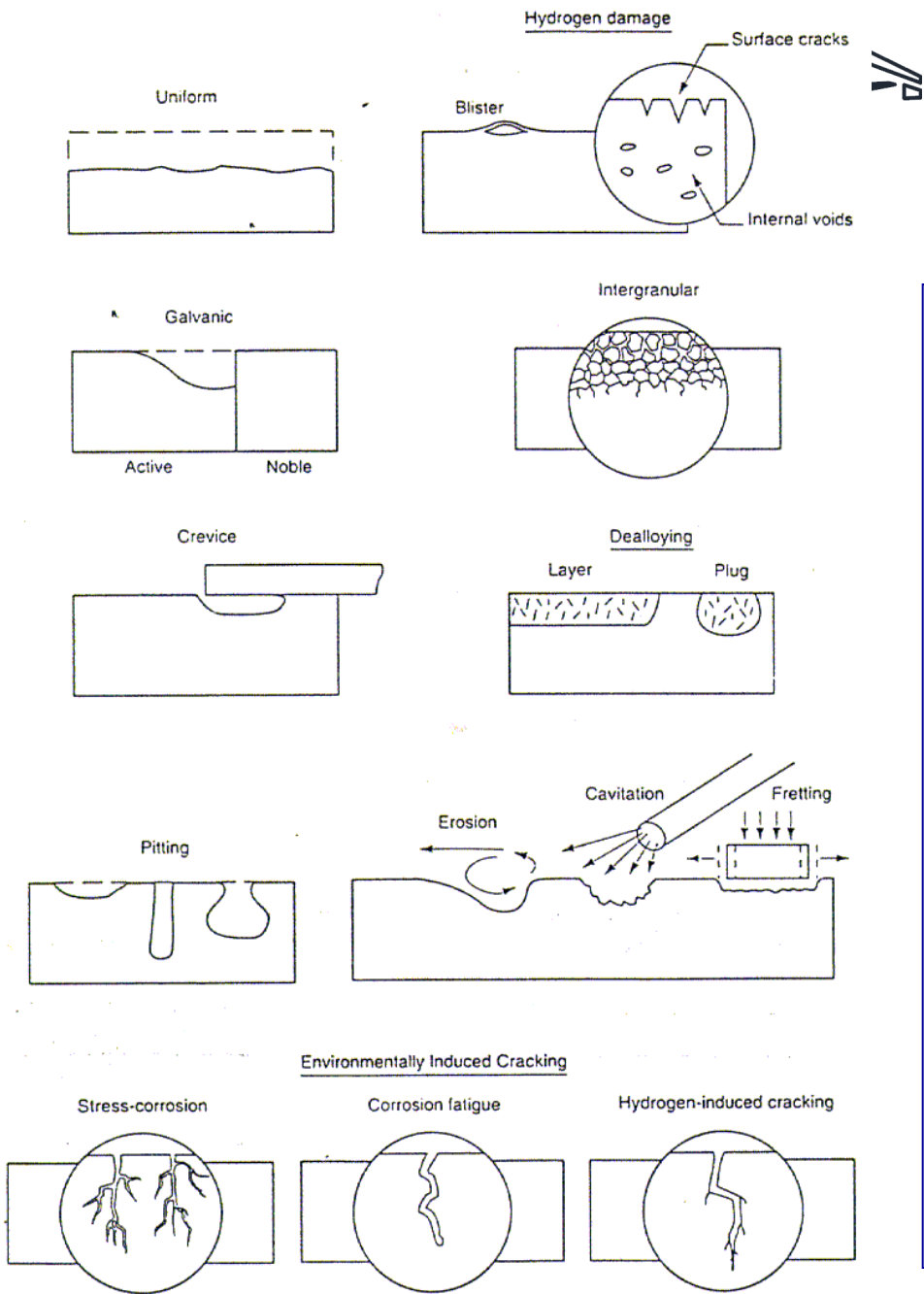
# Corrosiesnelheid / monitoring via drie- elektrodenprincipe of weerstandsprobes

Half Cell Potential vs time  
Corrosion Current vs time



# **LOKALE CORROSIIE**

vermijden vereist kennis van  
de corrosietypes en hun oorzaken



# Lokale corrosie

Penetratiepositie?  
Penetratiesnelheid?

**ONVOORSPELBAAR!!!**  
falen

**Monitoring?**

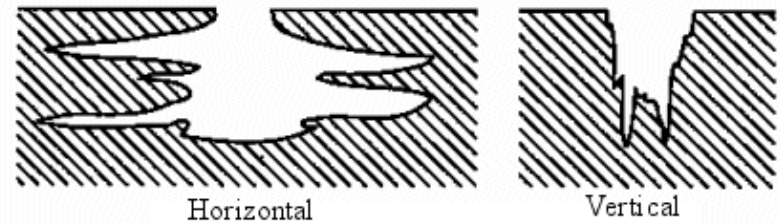
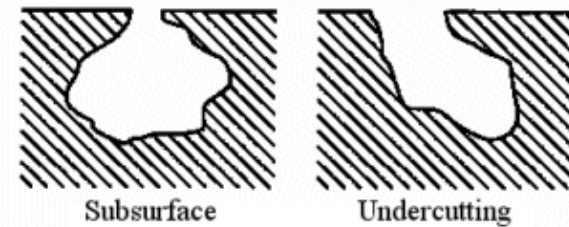
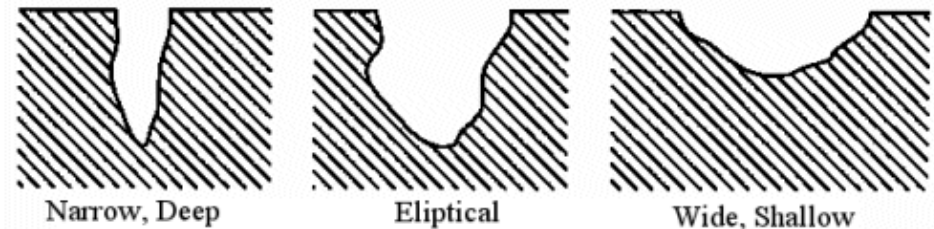
# Lokale corrosie

## Putcorrosie

Hoe uitgebreid?

**Initiatie:** doorbreken passieve film

**Propagatie:** autokatalytisch proces

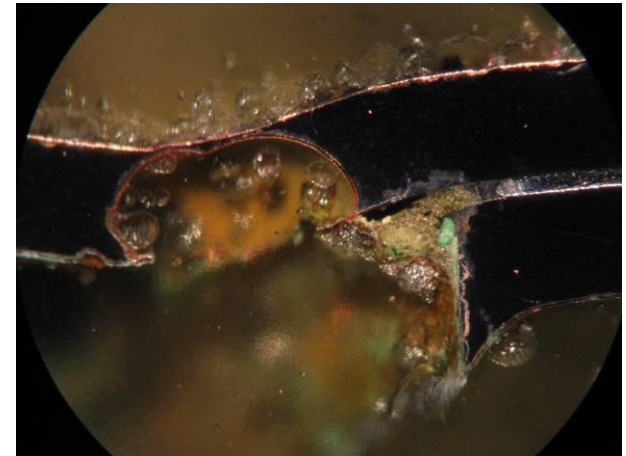
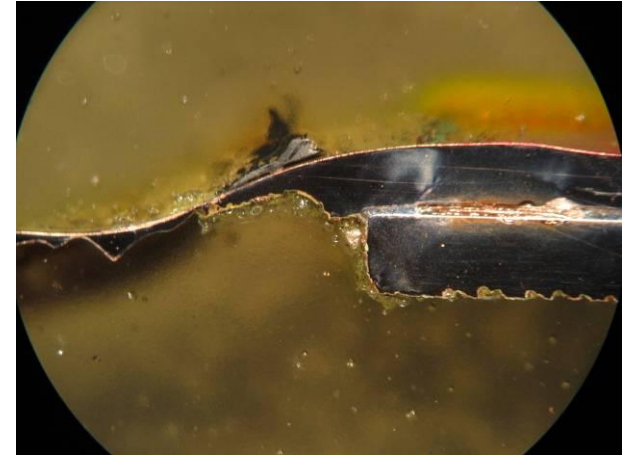


# Lokale corrosie

## Spleetcorrosie

Voorbeeld: Leidingnetwerk in koperleg.

- Sanitair warm water
- Gebrekkige afschuining/ontbraming
- Gebrekkige soldering
- Opstapelplaatsen voor kalk etc.
- Leidt tot cavitatie en spleetcorrosie



# Lokale corrosie

## Spleetcorrosie

Voorbeeld:  
White stain corrosion

- Verzinkt staal
- Vocht
- Bij verlaagd zuurstofgehalte

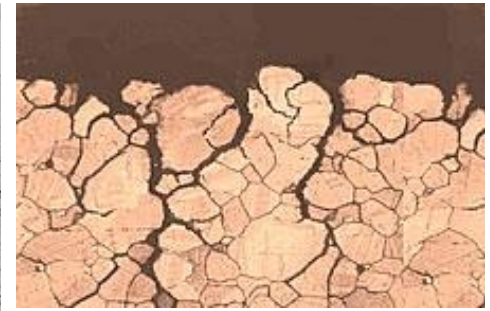
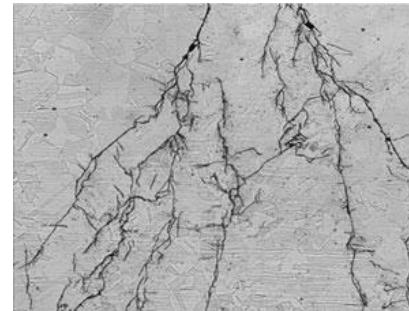




# Lokale corrosie

## Spanningscorrosie

- Spanning
  - ▶ Extern
  - ▶ Intern (lassen, vervormingen, ...)
- Combi metaal-milieu
  - ▶ RVS/Al/Ti met Chlorides
  - ▶ C-staal met carbonaten
  - ▶ Koper met ammoniak
- Kritische temperatuurzone

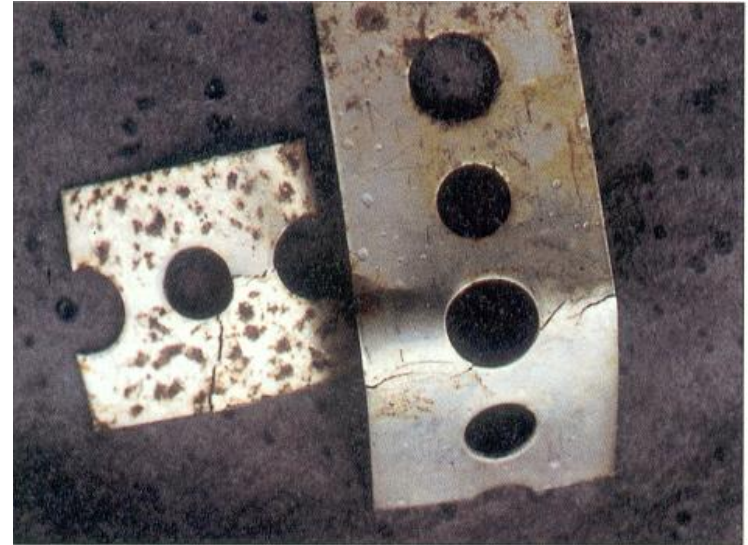


# Lokale corrosie

## Spanningscorrosie

### Vals plafond zwembad

- RVS ophangbeugels
- Condensatie Cl-rijk vocht aan verankeringspunten
- Spanning ex- en intern

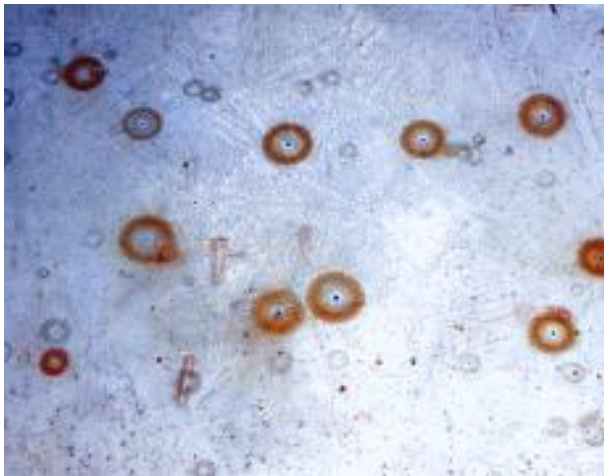


# Lokale corrosie

## Microbiologisch beïnvloede corrosie

**Condities:** stilstaand water / milde PH / 10 à 50°C

**Herkenning:** afzetting, slijm met onderaan magnetiet, pokken / FeS, H<sub>2</sub>S, vliegroeist na verwijdering afzetting / **niet post-mortem**



# Corrosiepreventie

## Basismechanismen

- Materiaalkeuze en design
- Uitvoering
- Vervoer en bescherming

### Galvanische bescherming

- Zinkhoudende primer (verf)
- Verzinken = Galvaniseren
- Opofferingsanodes = Anodische protectie

### Elektrische stroom

- Elektrisch isoleren
- Stroom opdrukken = kathodische protectie

- Controle van de eigenschappen van het elektrolyt
  - Waterbehandeling
  - Controle elektrolytvorming
- Contact met een elektrolyt tegengaan
  - Vermijden aanwezigheid elektrolyten
  - Verven en tapes

Operationele parameters  
Herstellingen en onderhoud  
Inspectie en monitoring  
Externe bronnen  
Schade-analyses

## Voorbeeld materiaalselectie

# ROESTVAST STALEN wapening?

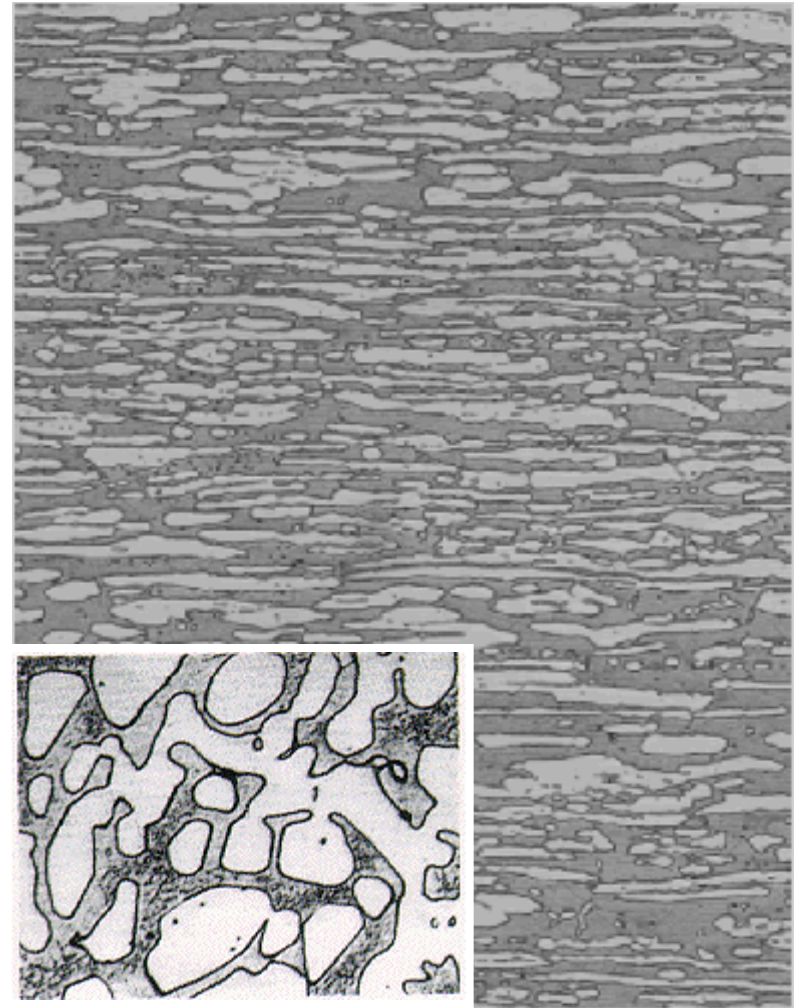
## Austenitisch RVS

- Gevoelig aan SCC
- Basis: AISI 304 (18-8)
- Risico put- en spleetcorrosie
  - ▶ +Mo : 316
  - ▶ Bijvoorbeeld dooizouten
- Risico lasgevoeligheid (IGC): remedie 1
  - ▶ L-soorten = < 0,03% C : 304L, 316L, ...
- Risico lasgevoeligheid (IGC): remedie 2
  - ▶ Gestabiliseerde soorten = met carbide-vormers  
Ti, Nb, ... : 321, 347, 316Nb



# Duplex RVS

- Austeniet + Ferriet (50/50)
- Corrosievastheid F +  
Verwerkbaarheid A
- Relatief hoge sterkte
- Lasbaarheid !!!!!
- $T < 280^{\circ}\text{C}$  !!!!!
- Betere bestendigheid tegen
  - ▶ SCC in halidemilieus
  - ▶ Put- en spleetcorrosie
- **Risico** selectieve uitloging



# Ontwerp, design

Vb. White stain  
Drainagemogelijkheden?  
Atmosferische corrosie / CUI



# Uitvoering

Vb. van het gesoldeerd leidingwerk  
Vb. van kwaliteit organische coatings

# Vervoer en bescherming

Vb. met wat mag je op metaal schrijven?

Vb. invloed verpakking en opslag

Black-box aankopen

# Markeren van metalen

## Met wat?

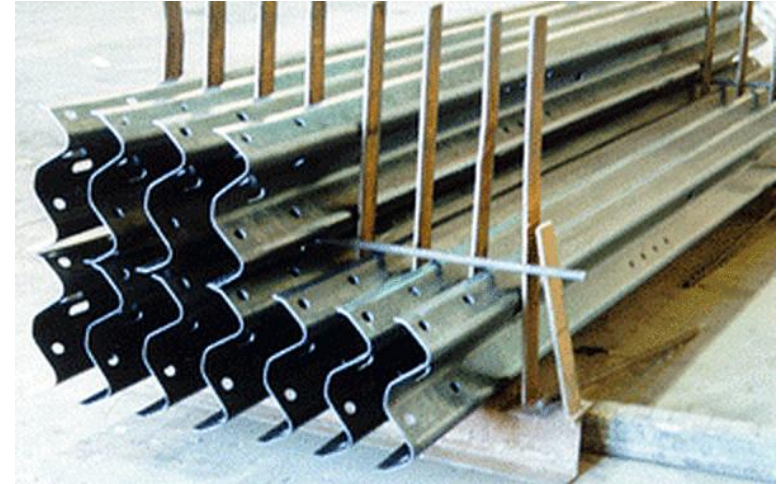
- Lijm?
- Markeerstiften?
- Potlood?
- Luchtdrukpen?
- ...

## Waar?

- Lijm?
- Luchtdrukpen?
- ...

## Verpakking en opslag

- Risico condensvorming?
- Opstapelning water?
- White stain Zn?
- Beschermfolies
- Oliën
- CUI
- Blackbox
- ...

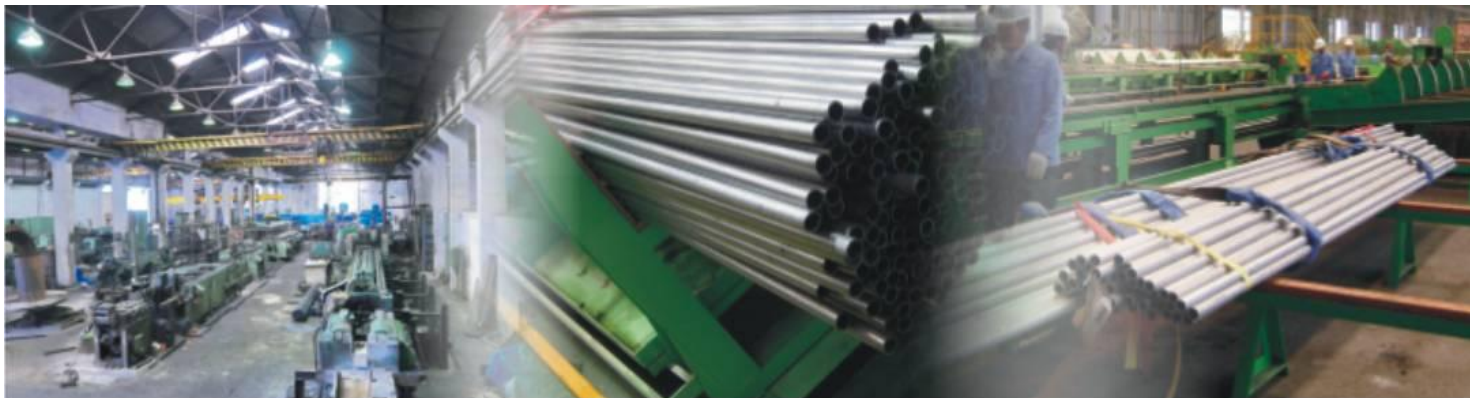


# EXTERNE bronnen

# Corrosietypes

## Besmettingscorrosie

- aanwezigheid roestdeeltjes op het oppervlak
- Roestdeeltjes verlagen lokaal  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  gehalte van de passivatielaag  
⇒ doorbreken passivatielaag ⇒ pitting
- roestdeeltjes kathodisch vs. RVS anodisch



# Externe bronnen

## Vreemde substanties

- Milieuvervuiling
- Zand / druppels
- Gassen
- Chlorides etc.
- Corrosie elders (veelal upstream)

## Procesaanpassingen

- Verhoogde snelheden
- Temperatuurwijziging
- Wijziging samenstelling
- Fluïdum beladen met deeltjes
- Fluïdum beladen met druppels (bv. druppelslagerosie)

## Verpakking

- Condensatie
- Beschermfilmen (bv. siliconen op nog te coaten onderdelen)

## Stockage

- Besmettingscorrosie
- Condensatie
- Stapeling

## Inspectie en onderhoud

- Aarding
- Reiniging
- (Herstel)lassen
- Black box leveringen

# Bedrijfsvoering

Normale operatie

Transiënten

Zuiverheid medium

Onderhoud / wijzigingen installatie

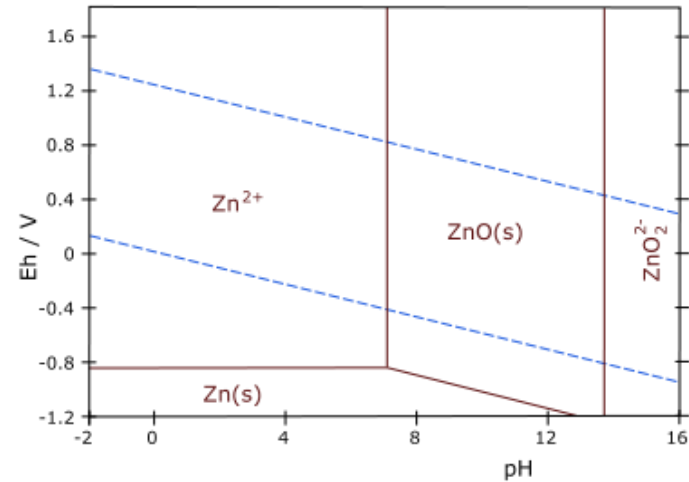
Herstellingen



# Transiënten

## Passivatie behouden

- Potentiaal / Zuurtegraad
- Polarisatie
- Injectie (water)conditionering
- Stoppen roerder/pompen



## Te warm / te koud

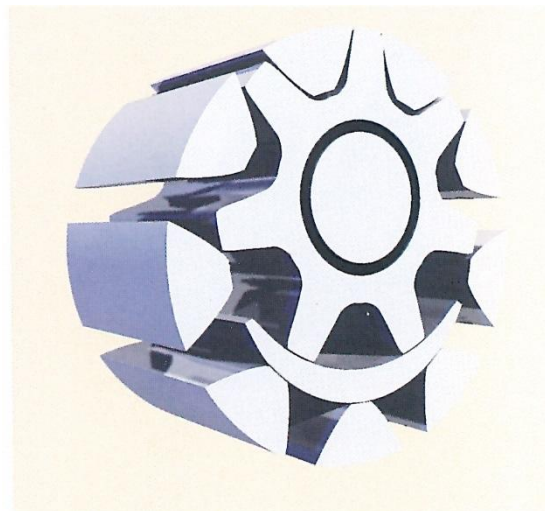
- Sensitatie lassen
- Viscositeit

## Te hoge/lage snelheid

- Erosie(corrosie)
- Afzettingen

## Onverwachte reacties

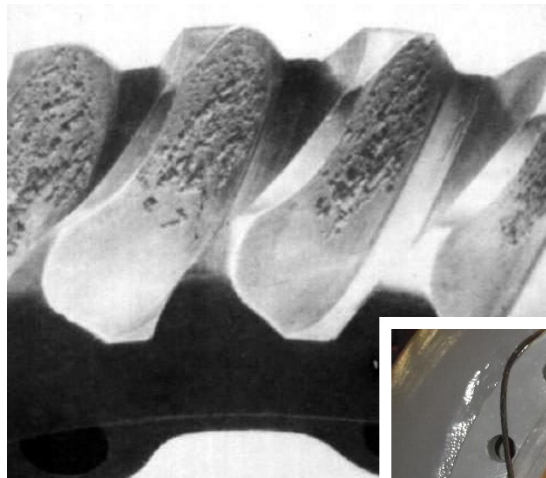
enz.



# Operationale parameters

## Zuiverheid

- Oliën
  - zwavel, chlorides, ...
  - Afzettingen
- Afvalstromen
  - vb. Bezinkingstank in RVS?
  - Milieuverontreiniging
  - Samenstelling en temperatuur (verbrandings)gassen?
- Enz.



# Onderhoud / wijzigingen

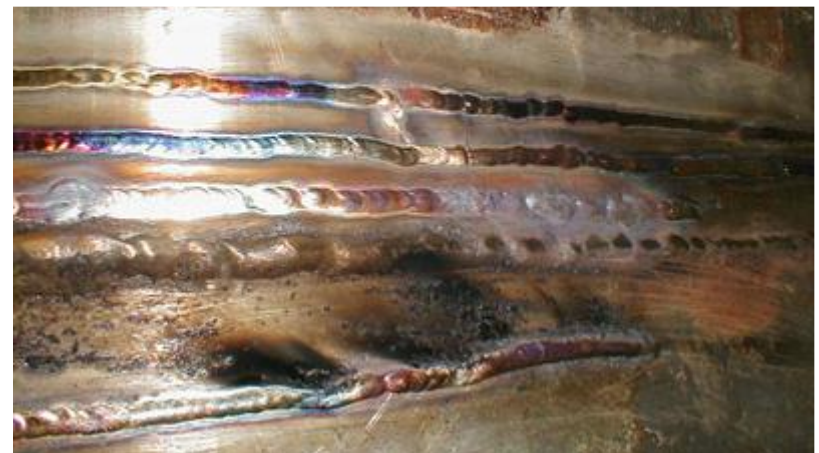
- vb. sluiten mangaten
- vb. onderhoud filters
- vb. corrosiviteit reinigingsproducten?
- vb. ankerhaken muurpanelen  
(indirecte schade via reiniging muurpanelen)
- vb. connectie stookolietank:  
corrosie retour na heraanleg oprit



# Herstellingen

## Vb. oplassen / solderen

- Voorbereiding
- Procedure?
- Invloed WBZ
  - ▶ Lassen: WBZ op WBZ !!!
  - ▶ = telkens extra sensitisatie
- Afwerking
- Risico's
  - ▶ Afzettingen (spleetcorrosie, ...)
  - ▶ Scheurvorming
  - ▶ Vervormingen
  - ▶ Oververhitting
  - ▶ Overmatige sensitisatie



# Conclusie

# Corrosiepreventie

## Basismechanismen

- Materiaalkeuze en design
- Uitvoering
- Vervoer en bescherming
- Galvanische bescherming
  - Zinkhoudende primer (verf)
  - Verzinken = Galvaniseren
  - Opofferingsanodes = Anodische protectie
- Elektrische stroom
  - Elektrisch isoleren
  - Stroom opdrukken = kathodische protectie

- Controle van de eigenschappen van het elektrolyt
  - Waterbehandeling
  - Controle elektrolytvorming
- Contact met een elektrolyt tegenaan
  - Vermijden aanwezigheid elektrolyten
  - Verven en tapes

Operationele parameters  
Herstellingen en onderhoud  
Inspectie en monitoring  
Externe bronnen  
Schade-analyses

# Met dank aan ...



# U allen voor uw interesse