

Troels Mathiesen

Specialist, civ.ing., ph.d.

Afdelingen for Korrosion og Metallurgi

trm@force.dk

Kundeopgaver:

50% Skadesopklaring

50% Rådgivning, korrosionstest, R&D

Specialer:

rustfrit stål (CRA), elektrokemi,
katodisk beskyttelse



Korrosion koster kassen!

Omkostninger: ca. 7% af BNP

i Danmark:

ca. 126.000.000.000 kr. pr år. ¹

1/3 ikke økonomisk at forbygge

1/3 kan undgås ved videnformidling

1/3 kan undgås ved udvikling



1) 2010, Kilde: Ingeniøren

Ulykker forårsaget af korrosion. Rustfrit stål



Kollaps af tank i rustfrit stål til varmt vand

Årsag:

Våd og kloridholdig isolering



Nedstyrtet loft i svømmehal

Årsag:

Spændingskorrosion af ophæng i rustfrit stål

BOP. Mexicansk Golf?

Spændingskorrosion

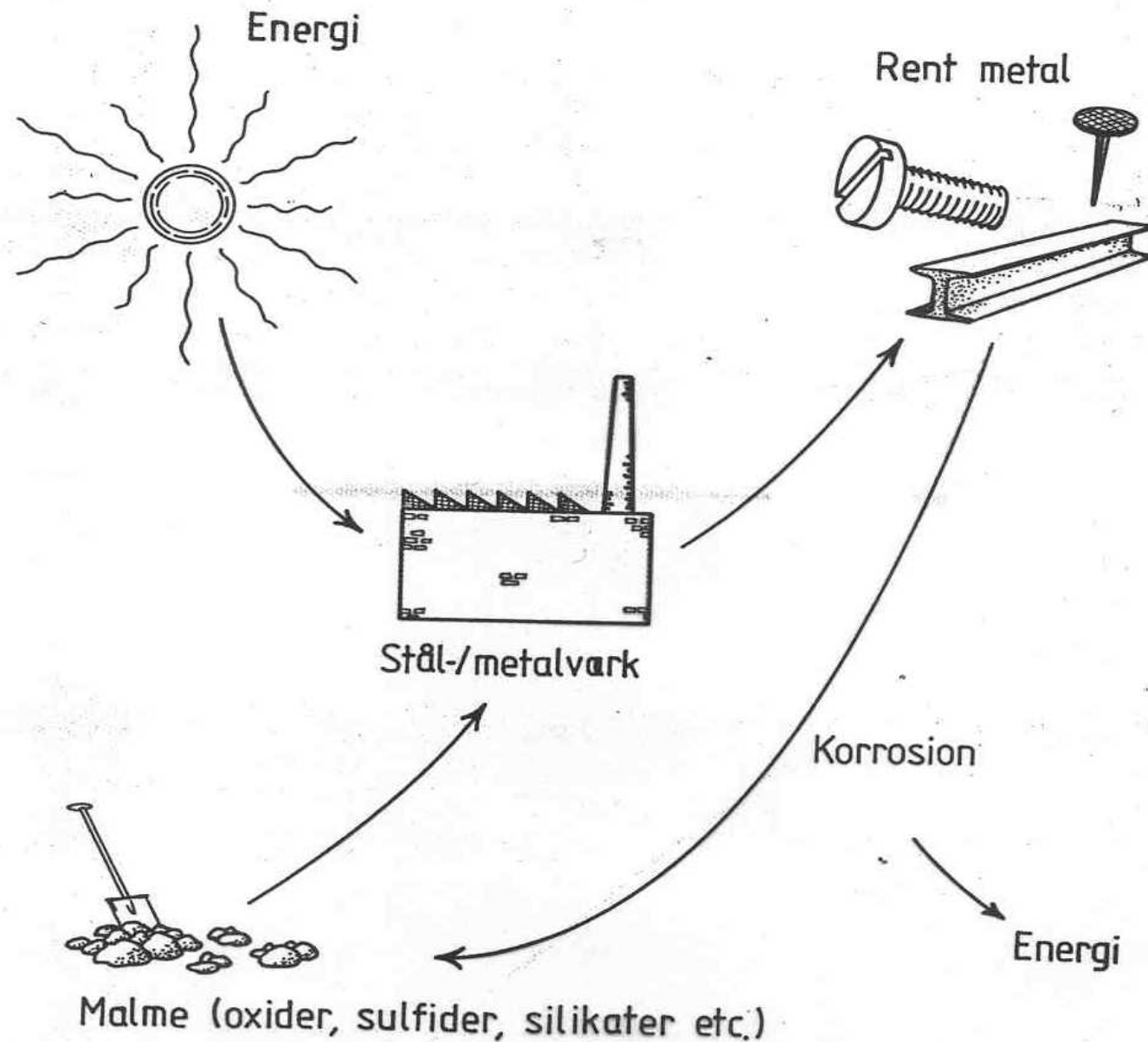


Inderside: varmt vand

Yderside: kloridholdig atmosfære

AISI 304 tank med omfattende spændingskorrosion.

Grundlag for korrosion = energi

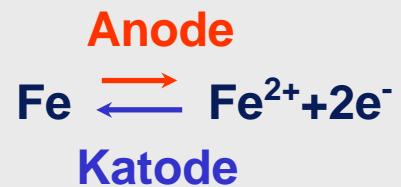


Korrosion af jern (stål)

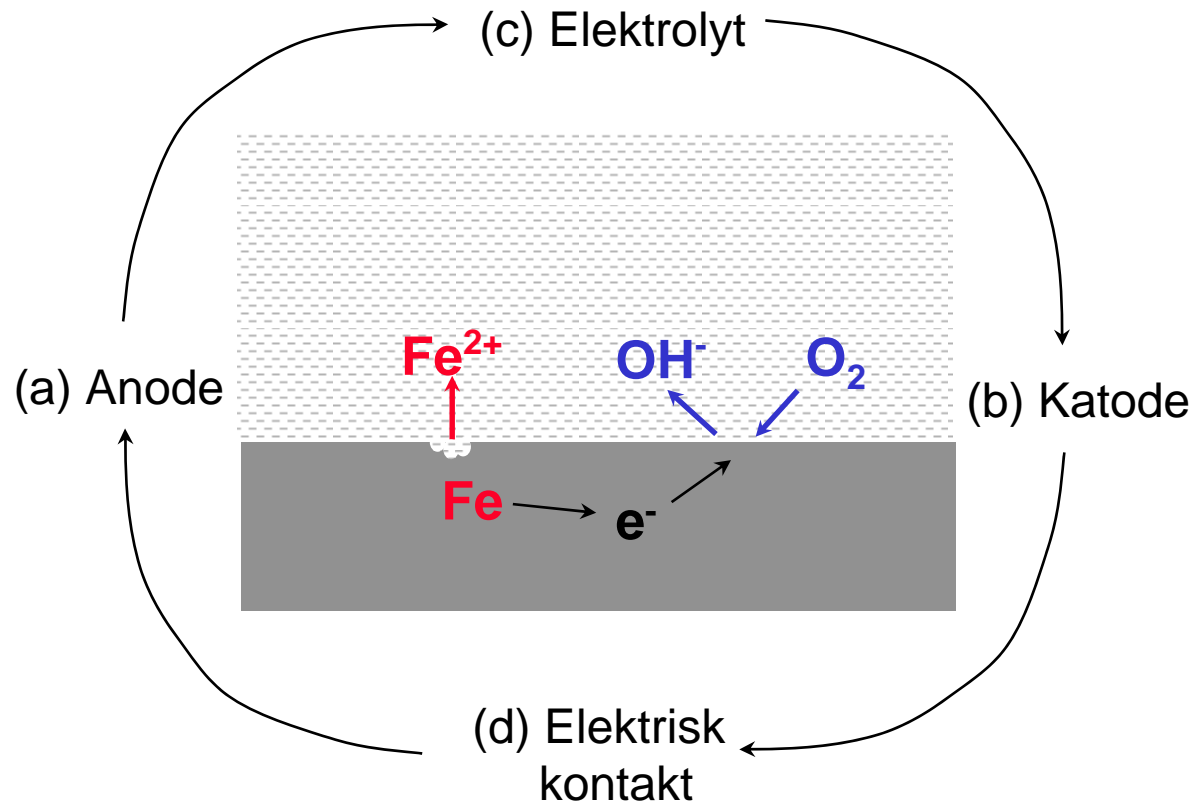
Jern + vand + luft \longrightarrow rust



Reaktionsligevægt



De fire grundelementer i våd korrosion



Anodereaktion



Iltbetinget korrosion

Katodereaktion



Syrebetinget korrosion

Katodereaktion



O_2

H^{+}

Andre oxidationsmidler

Hypoklorit, ozon

desinfektion

CO_2 (kulsyre)

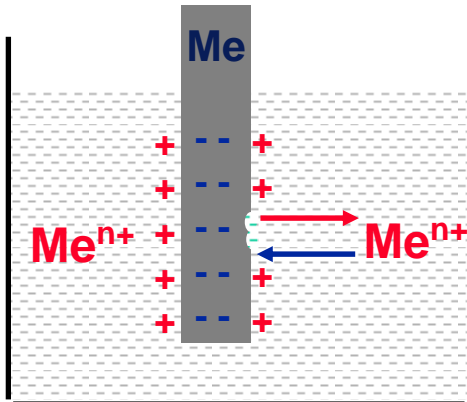
olie/gas udvinding

Metalioner (f.eks. Fe^{3+})

renseanlæg

Potential og spændingsrækken

Metal oplades når det eksponeres i vand:



Opladning ell. potentialet beskriver tendensen til korrosion ved ligevægten:



I strømmende havvand

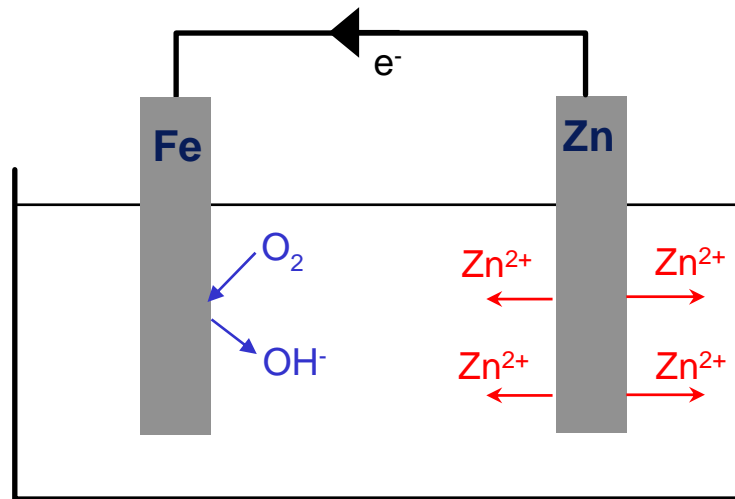
Ædelt



Uædelt

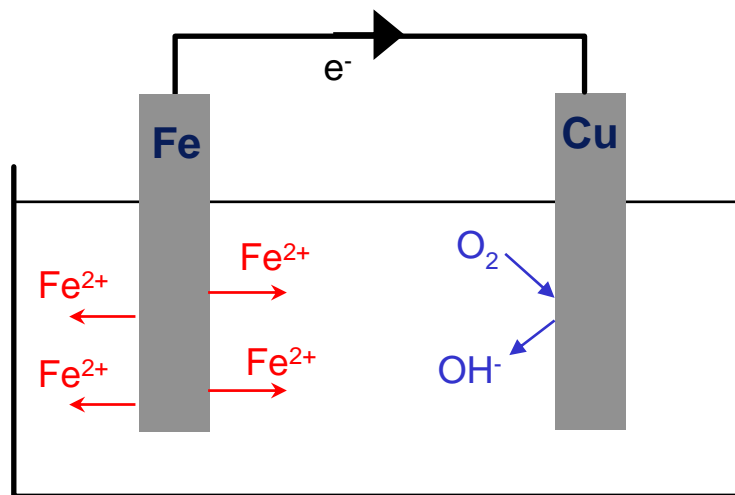
	Volt vs. SCE
Grafit	+0,30 .. +0,20
Platin	+0,25 .. +0,18
Titan	+0,05 .. -0,05
Rustfrit stål (passivt)	0,00 .. -0,10
Nikkel	-0,10 .. -0,20
Nikkelaluminiumbronze	-0,15 .. -0,22
Kobbernikkel 70/30	-0,18 .. -0,24
Kobbernikkel 90/10	-0,21 .. -0,28
Rødgods	-0,24 .. -0,32
Al-messing	-0,27 .. -0,35
Kobber	-0,30 .. -0,37
Messing	-0,30 .. -0,40
Rustfrit stål (aktivt)	-0,35 .. -0,55
NiResist	-0,44 .. -0,55
Stål, støbejern	-0,60 .. -0,72
Aluminium	-0,77 .. -1,00
Zink	-0,98 .. -1,05
Magnesium	-1,60 .. -1,63

Galvanisk effekt ved korrosion



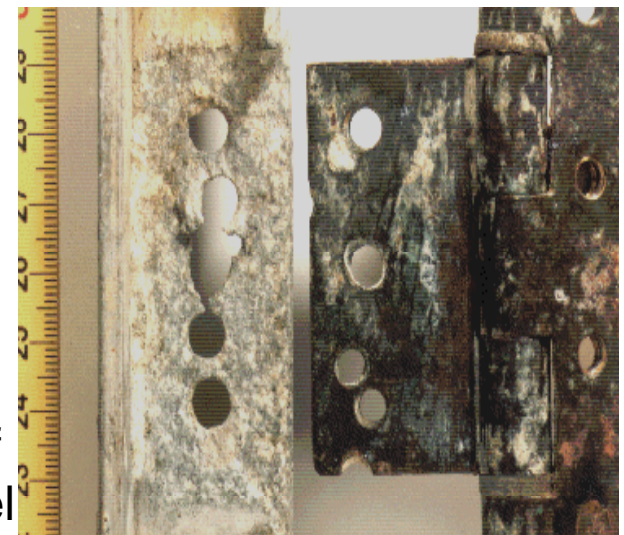
Jern ædelt i fht. zink
Zink er offeranode
Jernet er katodisk beskyttet

Katodisk beskyttelse
med offeranoder

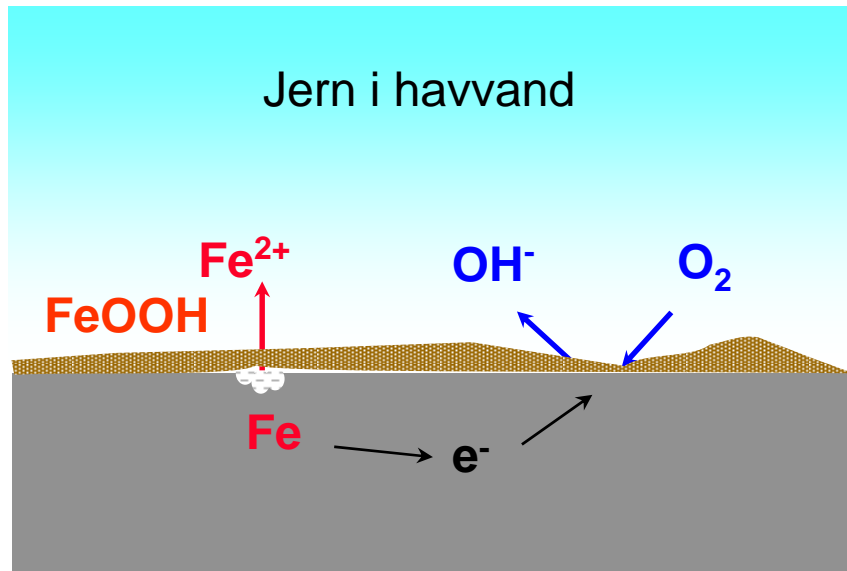


Jern uædelt i fht. kobber
Jernet er offeranode

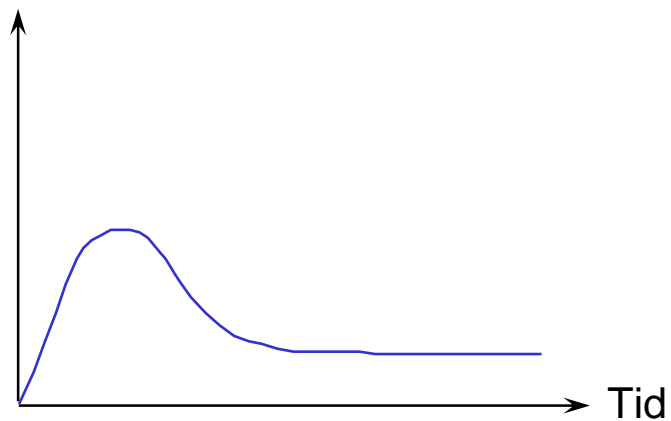
Bimetallisk korrosion af
aluminium i stålhængsel



Effekt af korrosionsprodukter



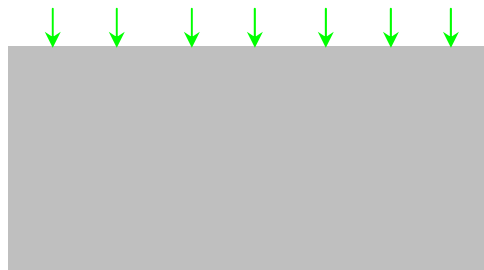
Korrosionshastighed



Spunsvæg i havvand

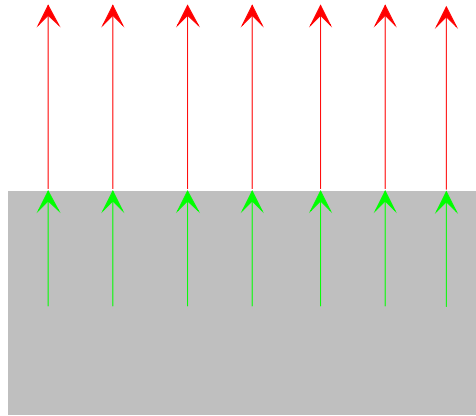
Korrosionstilstande

Immun



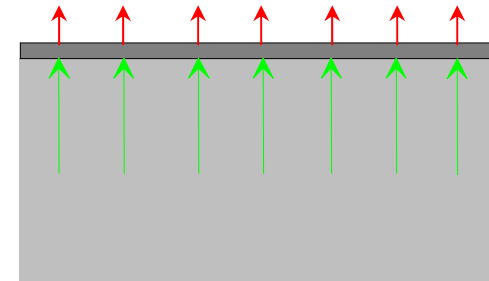
metallet stabilt
ingen korrosion

Aktiv



metal og oxid ustabilt
høj korrosionshastighed

Passiv

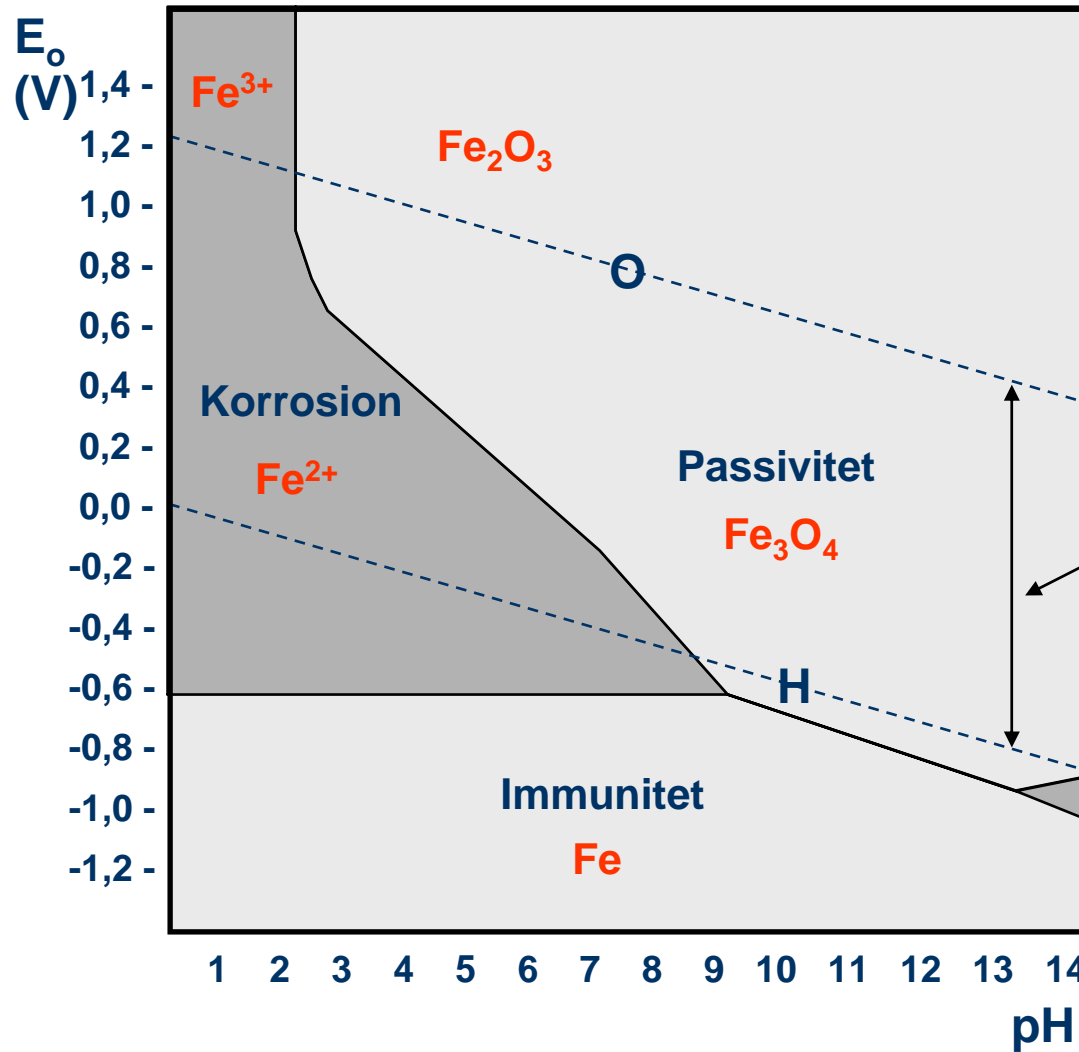


stabilt oxidlag
lille korrosionshastighed

↑ Opløsningshastighed
af metal

↑ Opløsningshastighed af
korrosionsprodukt (oxidlag)

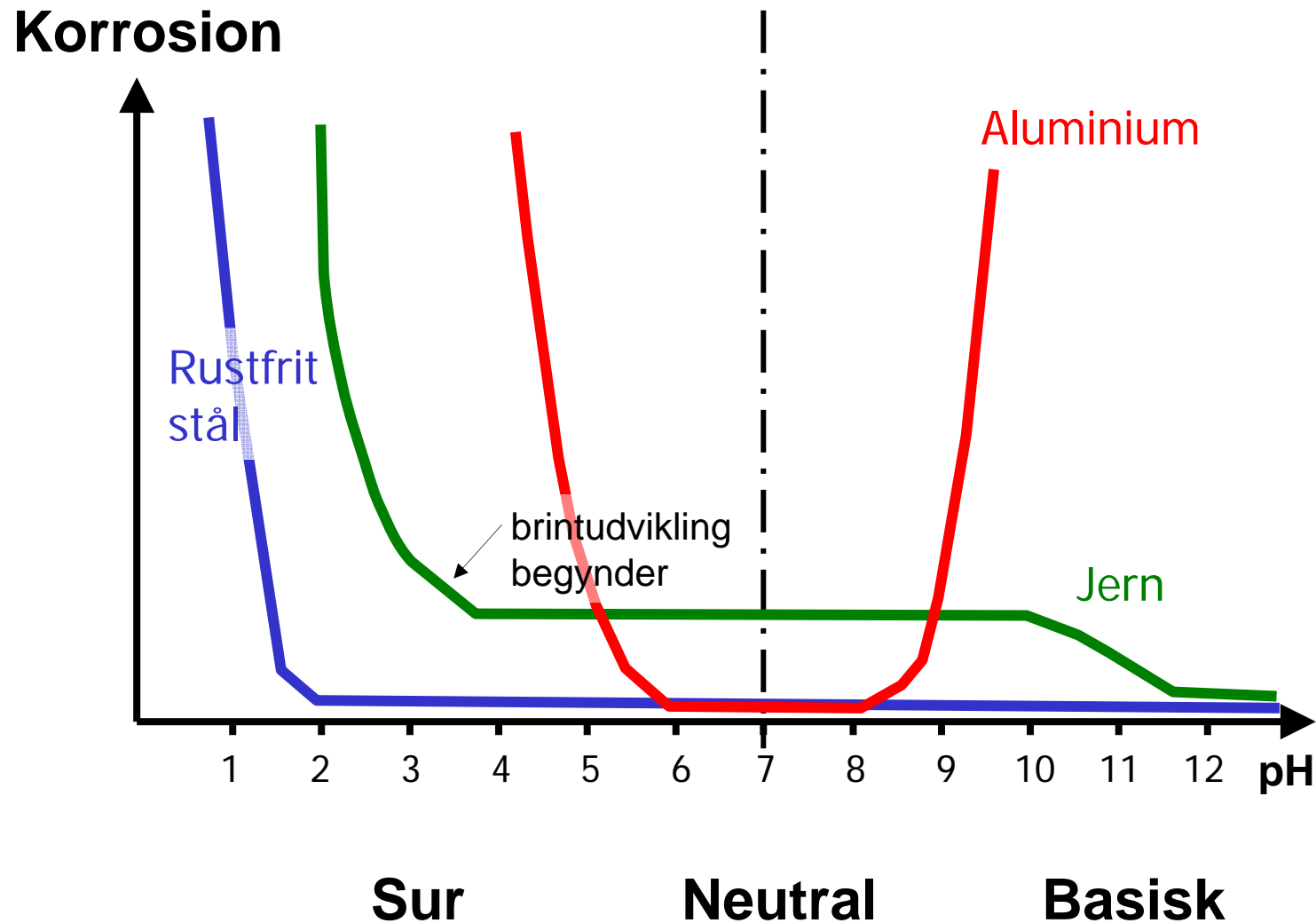
E-pH korrosionsdiagram for jern



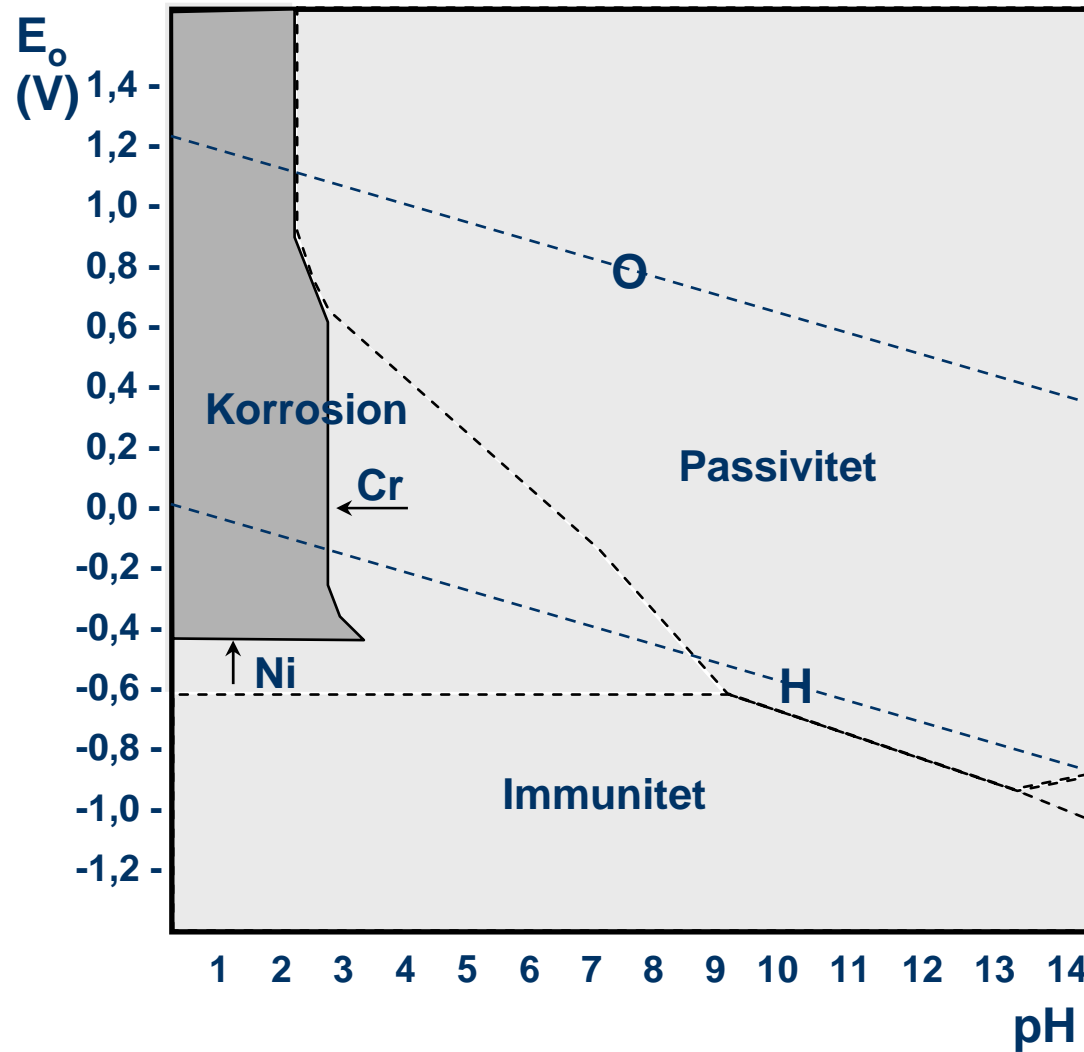
Pourbaix diagram
25°C i rent vand

Vands
stabilitetsområde

Korrosion af metaller i iltholdigt vand



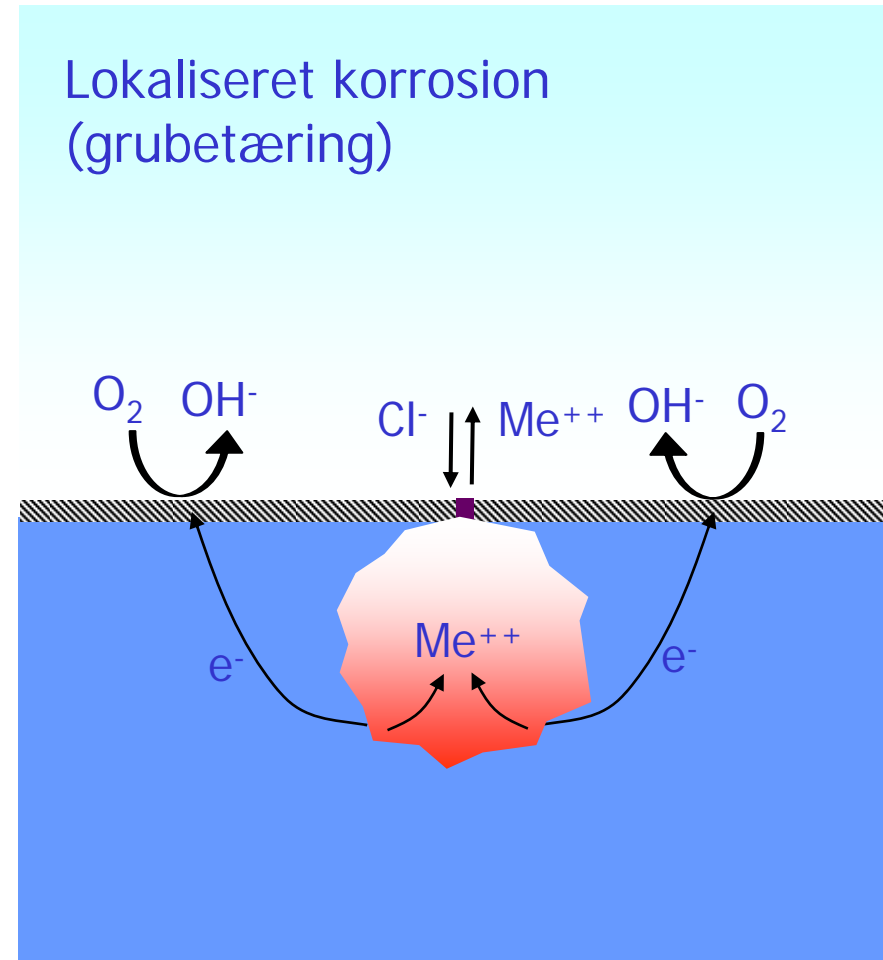
E-pH diagram for rust-free steel



Hemmeligheden bag rustfrit stål !

Tillegering af >12% krom og evt. nikkel indskrænker aktivområdet markant i fht. ulegeret stål

Rustfrit stål - fundamentalt



Mulige korrosionsformer – rustfrit stål

Generel korrosion,
jævn tæring



reducerende syrer

Interkrystallinsk
korrosion



*uheldig varmebehandling
højt kulstofindhold*

Grubetæring
(pitting)



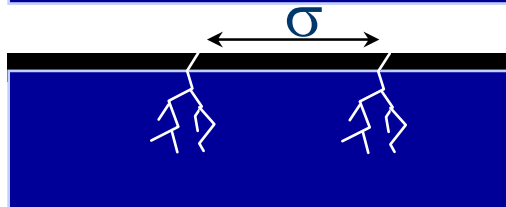
*aggressive ioner (Cl⁻)
jernafsmitning*

Spaltekorrosion



*spalter
tildækning
aggressive ioner (Cl⁻)*

Spændingskorrosion



Cl⁻ ved høj temperatur

Rustfrit stål - typer



Austenitiske

18-27%Cr

10-30%Ni

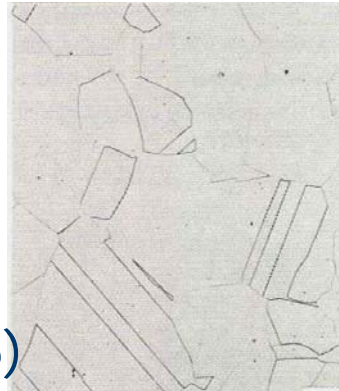
2-6%Mo

Duktilt, Svejsbart

18/8-stål (AISI 304)

18/10/2-stål (AISI 316)

904L, 254SMO m.fl.



Ferritisk-austenitiske (duplex)

18-25%Cr

4-7%Ni

2-4%Mo, N

Styrke (vægt)

Spændingskorr.best.

2205, 2507



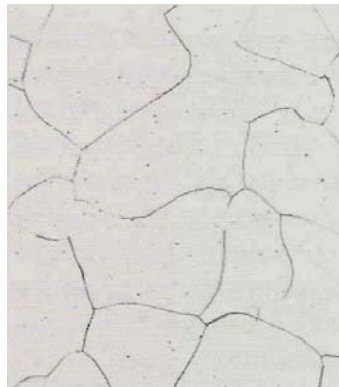
Ferritiske

13-25%Cr

1-2%Ni, Mo

Styrke

AISI 410/430



Martensitiske (hærdbare)

13-18%Cr

0.2%C

Hårdhed, slidbest.

AISI 420



- Korrosion er en elektrokemisk reaktion.
- En korrosionscellen består af anode, katode, elektrolyt samt elektrisk forbindelse mellem anode og katode.
- Korrosion (metalopløsning) sker på anoden.
- Rustfrit stål og en række andre metaller danner passivlag (stabilt korrosionsprodukt), som beskytter mod korrosion.
- Passivlagets stabilitet er bestemmende for risikoen for lokalkorrosion