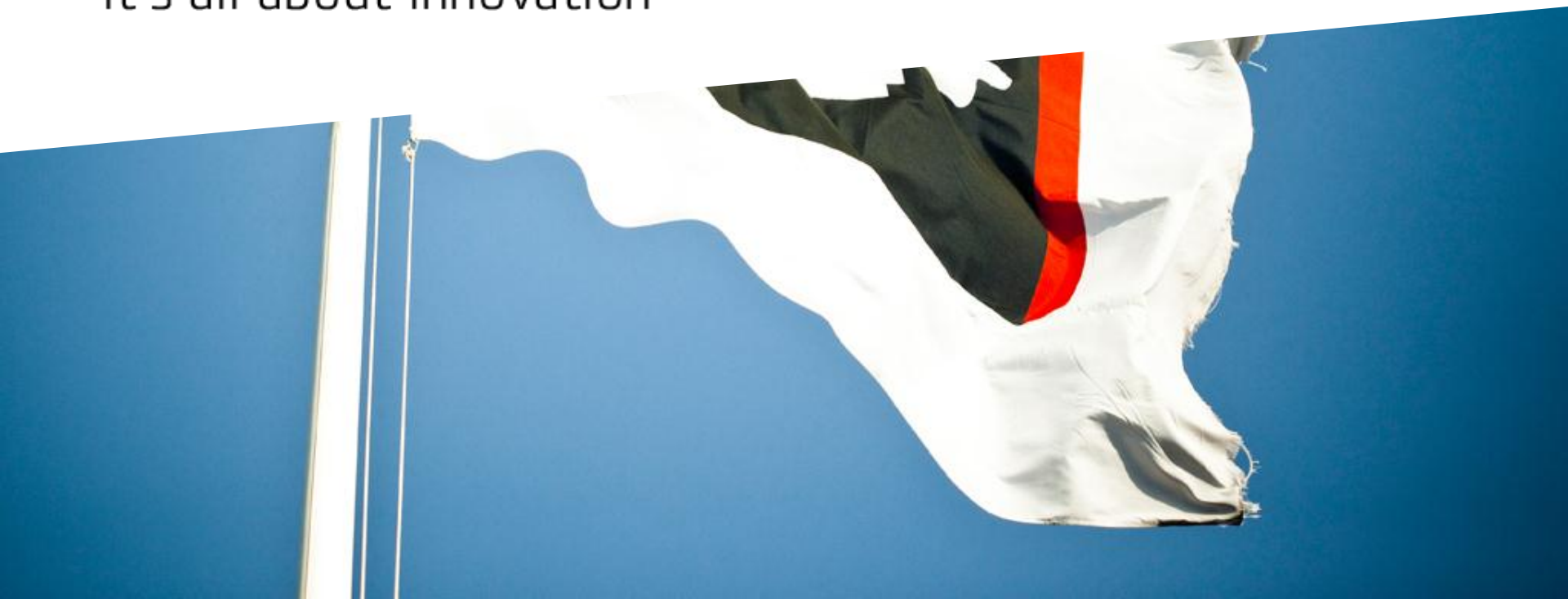




TEKNOLOGISK
INSTITUT

it's all about innovation





TEKNOLOGISK
INSTITUT

Forbedring af Varmetransmission i Varmevekslere

Temadag om Energibesparelser i Industrien, 2. nov. 2012

Helle Svendsen, konsulent, Kemi- og Bioteknik, Teknologisk Institut

hsv@teknologisk.dk, tlf. 72202624



Hvorfor er Teknologisk Institut til?

Teknologisk Institut har eksisteret siden 1906

– den samme eksistensberettigelse som for 106 år siden:

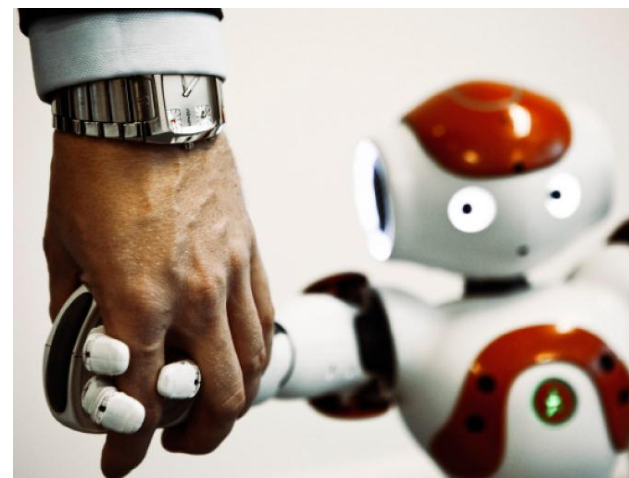
'Se fremad, fremad! Aflur den kommende tid de veje, den vil bane for udviklingen, og stil jer så dér, hvor I aner, at Instituttets hjælp bliver fornøden. Vent ikke, at nyt land nås ad gamle, banede veje. Ad ukendte stier og snarveje vil vejen ofte gå', sagde Gunnar Gregersen.

'Det er vigtigt, at vi alle har øjnene åbne for de muligheder, der eksisterer – også i turbulente tider – at vi tør gå foran og agere fremsynet', adm. direktør Søren Stjernqvist



Teknologisk Institut:

- Samarbejder med små og mellemstore danske virksomheder
- En vigtig leverandør af specialistviden
 - også til store virksomheder
- ~ 1000 medarbejdere
- Arbejder både nationalt og internationalt
- Kurser/uddannelse
- Udvikling og rådgivning inden for primært fødevarer, miljøteknologi, materialer og energi





Teknologisk Instituts Rolle i Vidensystemet

Videnudvikling

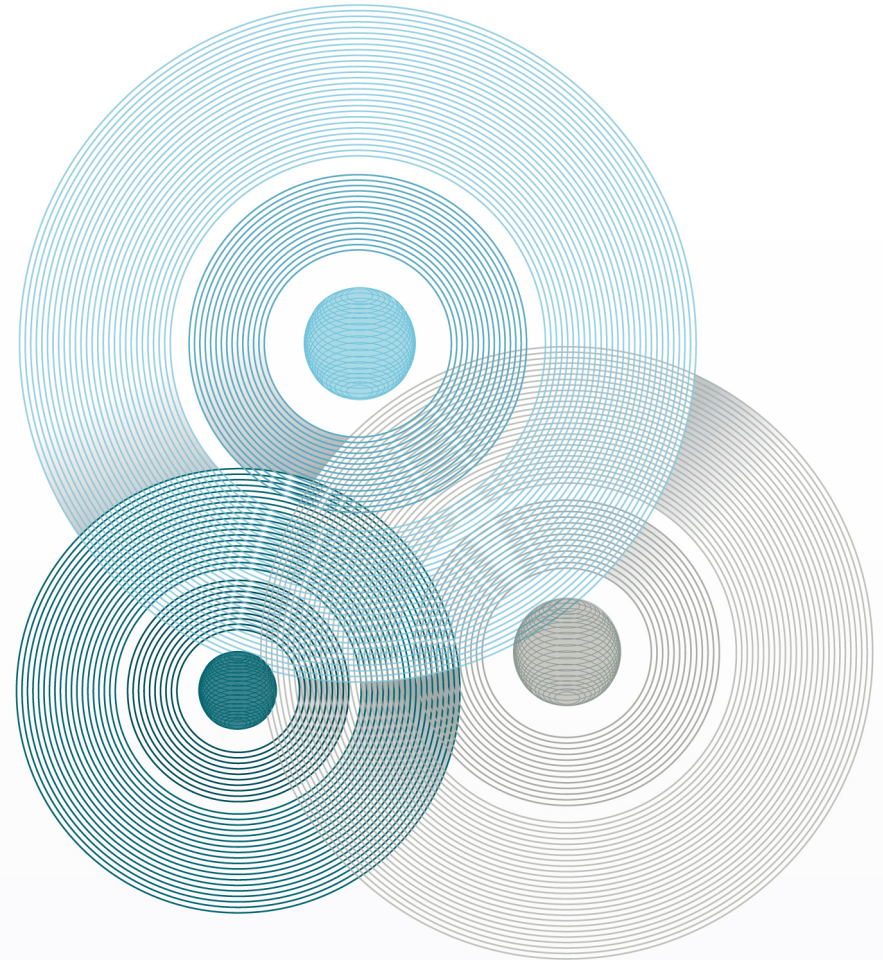
Vi udvikler ny viden gennem forsknings- og udviklingsaktiviteter – på linje med universiteter og andre forskningsinstitutioner

Videnanvendelse

Vi anvender ny og eksisterende viden i serviceydelser på kommercielle vilkår fx laboratorietests, prøvning og certificering

Videnoverførsel

Vi overfører ny viden gennem rådgivning, uddannelse og fx operatørogaver på kommercielle vilkår og i fri konkurrence



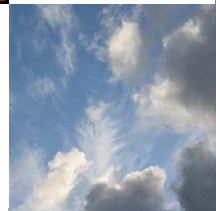
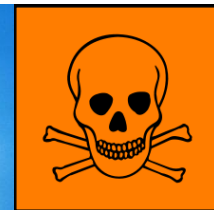
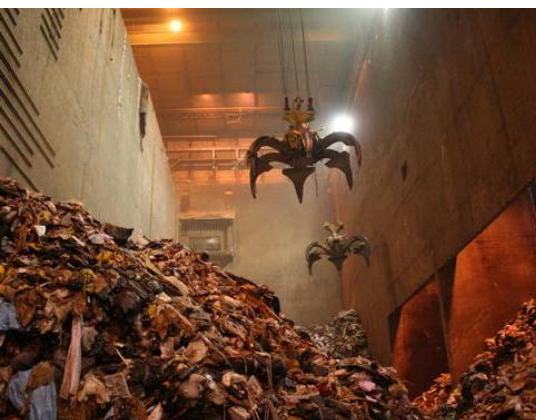
- Fagligt center med base i kemi, fysik og mikrobiologi
- 28 medarbejdere placeret i Aarhus
- Civilingeniører, kemikere, fysikere, mikro- og molekylærbiologer
- Rådgivning og Forskning og Udvikling (F&U) inden for industriel kemi og mikrobiologi





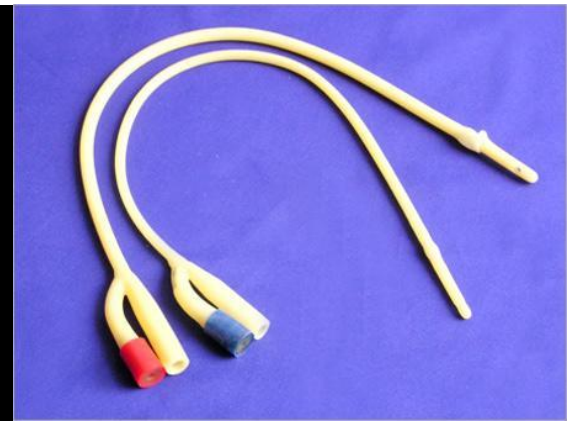
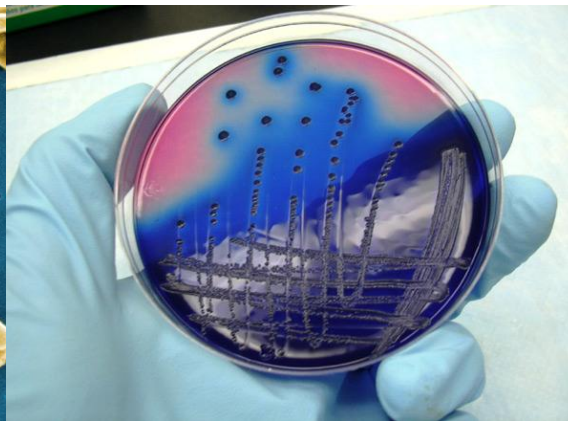
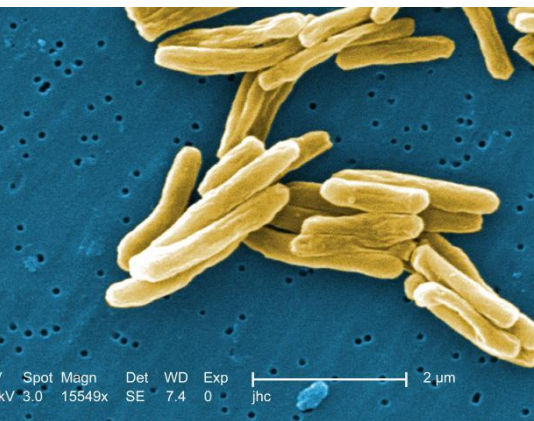
Fokus på:

- Miljø og Bioteknologi



Fokus på:

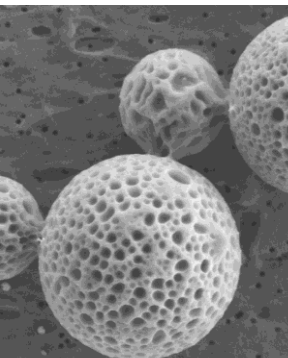
- Miljø og Bioteknologi
- Sundhedsteknologi



Fokus på:

- Miljø og Bioteknologi
- Sundhedsteknologi
- Proces og Materialekemi
 - Partikelkarakterisering (væske/luft): Identifikation, størrelse, koncentration
 - Kontrol og Processtyring: Onlinemålinger
 - Materiale og Produkter: Identifikation, kemikaliesubstitution, rådgivning
 - Forbedre virkningsgrad og nye egenskaber af materialer og overflader

Strukturerede Overflader

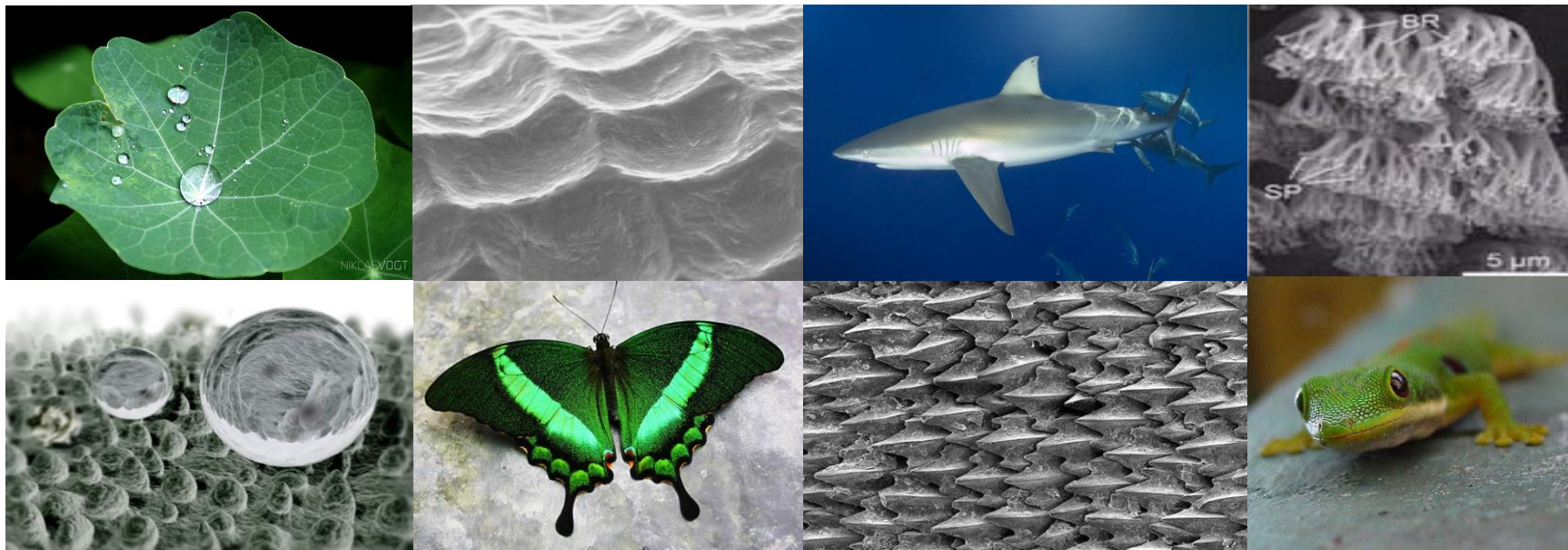




Strukturerede Overflader

Fra naturens side er mange overflader forbedret via struktur:

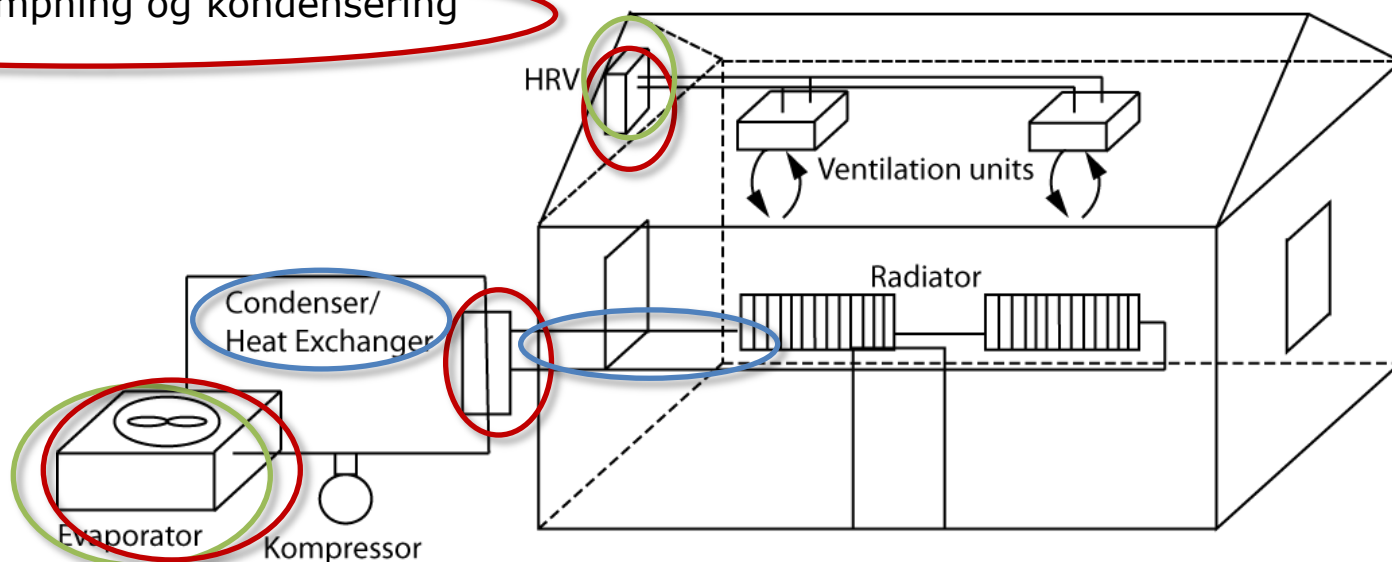
- Ændring af vædende egenskaber
- Optiske effekter
- Friktion
- Gekko

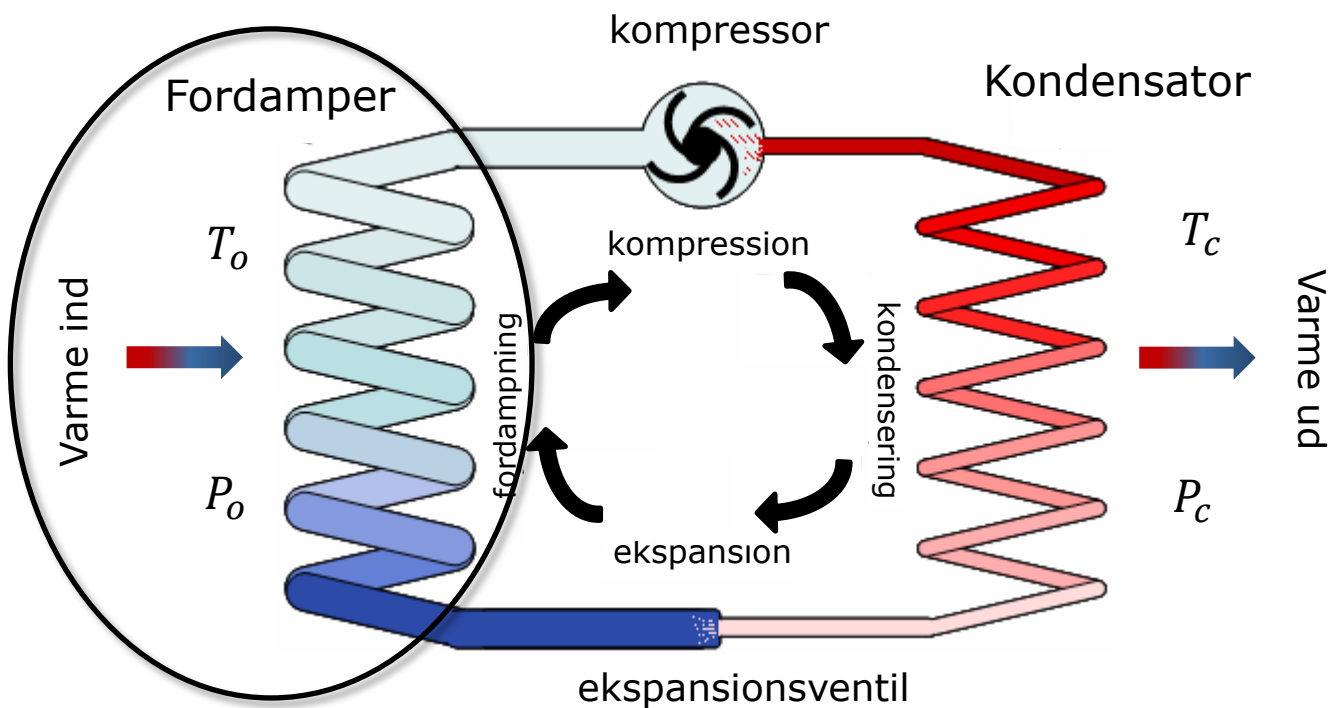


EnE-HVAC – EU-projekt (2012-2015)

Demonstration af energibesparelser i HVAC-anlæg gennem anvendelse af nye teknologier:

- Nanoteknologisk forbedrede coatings
 - Anti-icing overflader til varmevekslere
 - Forbedre kondens-dræning
- Nanovæsker til forbedring af varmetransport
 - Forøget virkningsgrad af kølemiddel
- Nanostrukturerede coatings til forøget varmeoverførsel
 - Forøge fordampning og kondensering





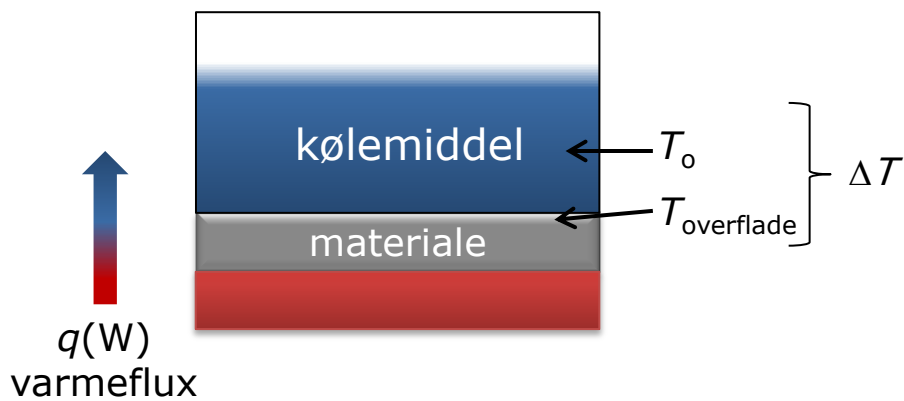
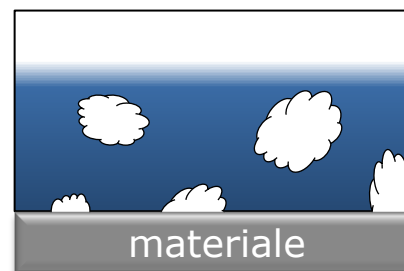
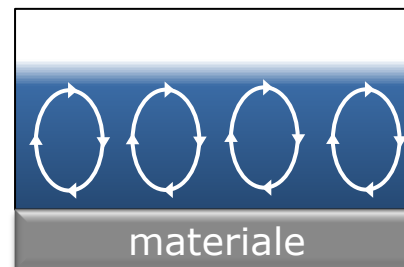
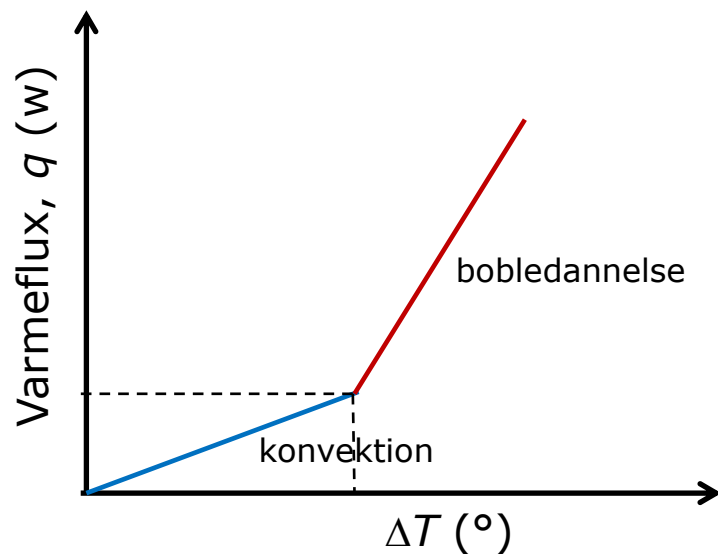
$$\text{Effektivitet } \varepsilon = \frac{T_o}{T_c - T_o}$$

Forbedring af varmeoverførsel i fordamperen

CO₂ benyttes som kølemiddel



Definition af Varmeoverførsel



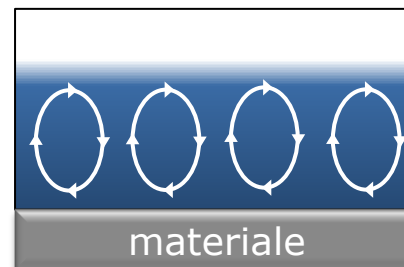
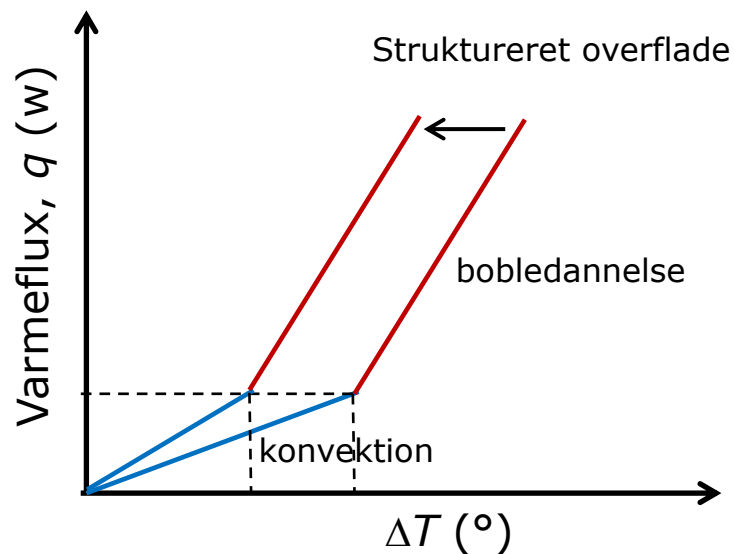
varmeovergangstal

$$q = \alpha \cdot \underbrace{(T_o - T_{\text{overflade}})}_{\Delta T}$$

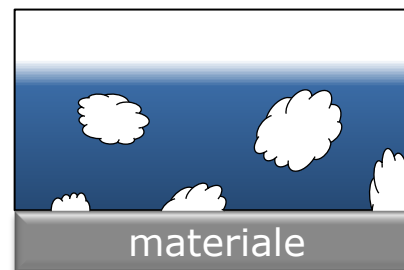
Nukleering af bobler: $T_{\text{overflade}} > T_o$
Større varmeovergangstal ved bobledannelse



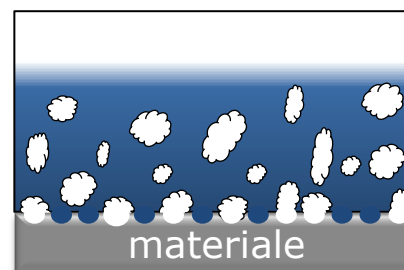
Definition af Varmeoverførsel



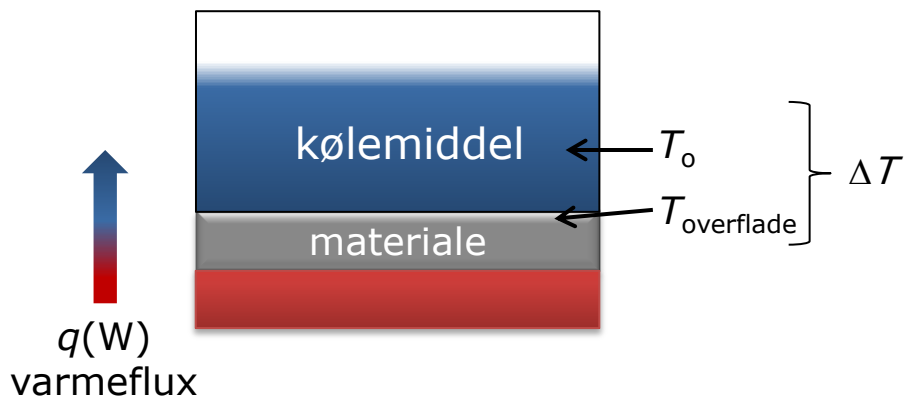
Konvektion



Bobledannelse



Struktureret
overflade



Struktur giver anledning til tidlig boblekogning grundet øget nukleering af bobler

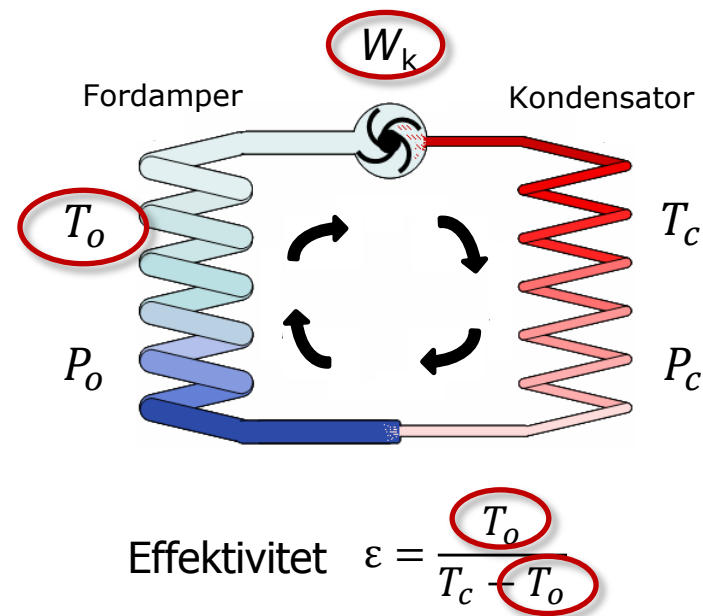
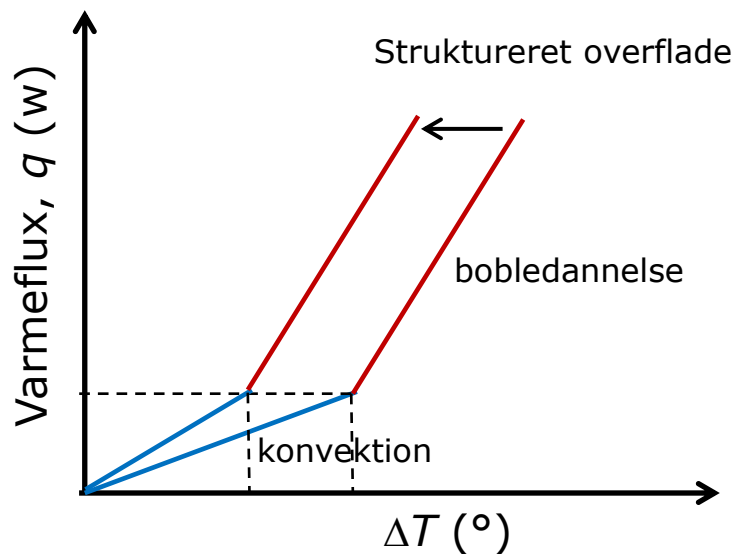
Videreudvikle eksisterende viden om overflade-strukturering og omsætte det til praksis

Strukturerede Overflader

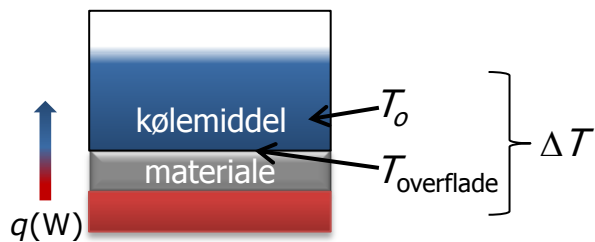




EnE-HVAC



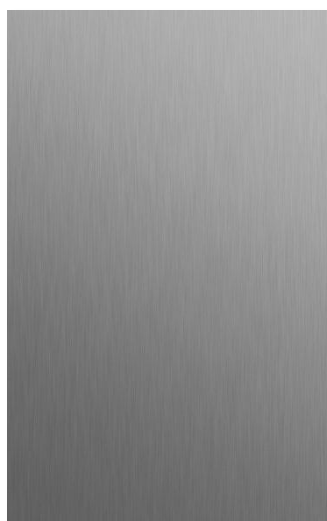
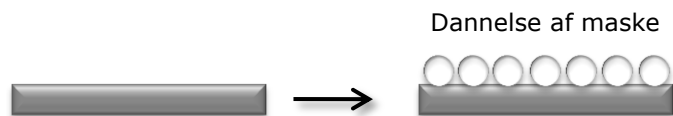
Samme varmeflux, q , ved lavere ΔT \rightarrow T_o stiger \rightarrow Effektiviteten stiger



1K \uparrow T_o \rightarrow 2-3% \downarrow W_k



Strukturerede Overflader

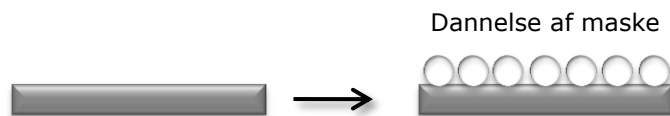


Rustfrit stål

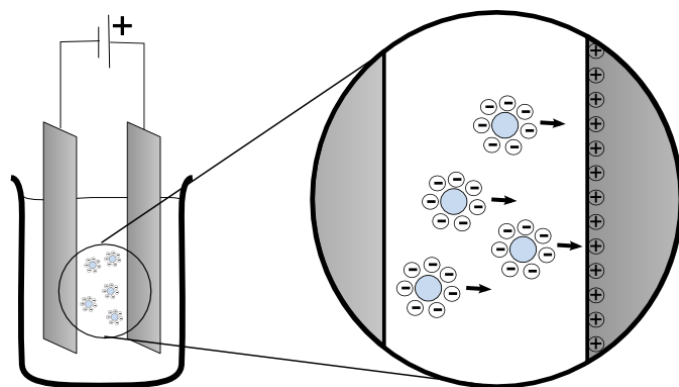


Polystyren-kugler
størrelse: nm- μ m

Strukturerede Overflader – Deponering af PS



Elektrodeponering



Fordele

- God kontrol
- Stor dækningsgrad

Udfordringer

- Aggregering af kolloider under tørring
- Komplex elektrodesetup for 3D-overflader
- Kræver ledende substrater

Spraydeponering



Fordele

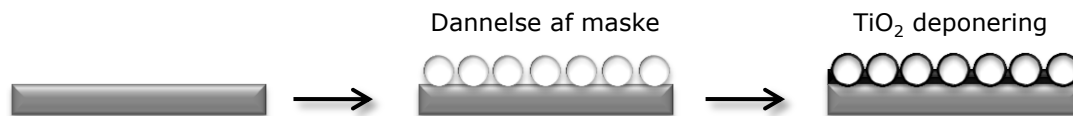
- Let opskalering
- Billigt og simpelt udstyr

Udfordringer

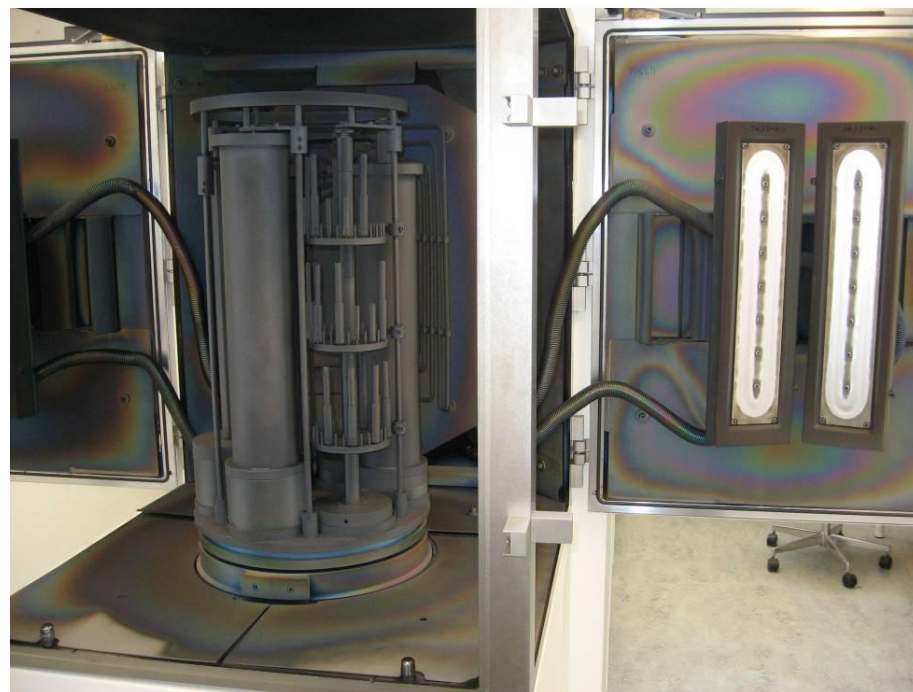
- Lav dækningsgrad (~30%)
- Aggregering af kolloider under tørring



Strukturerede Overflader – Deponering af TiO_2



PVD-belægning af TiO_2

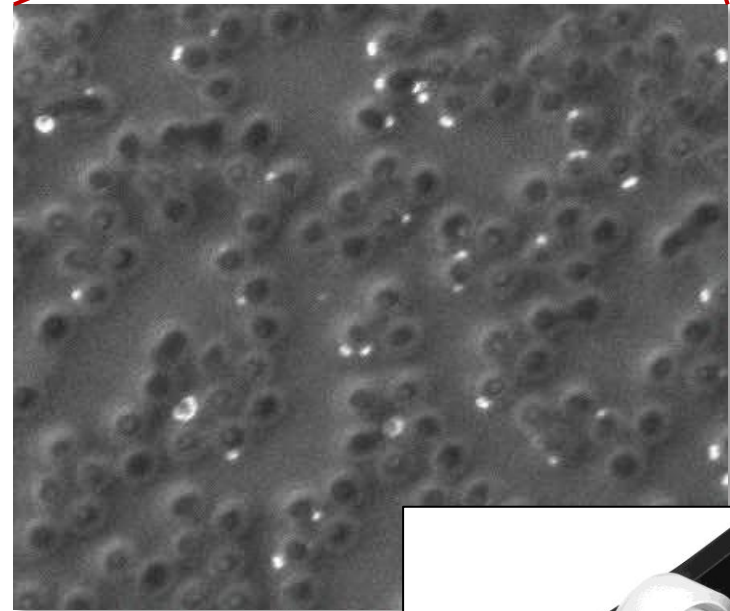
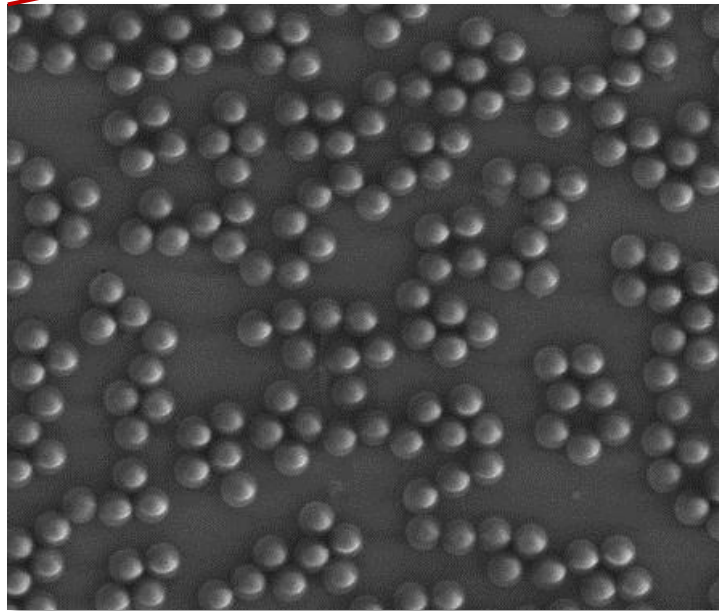
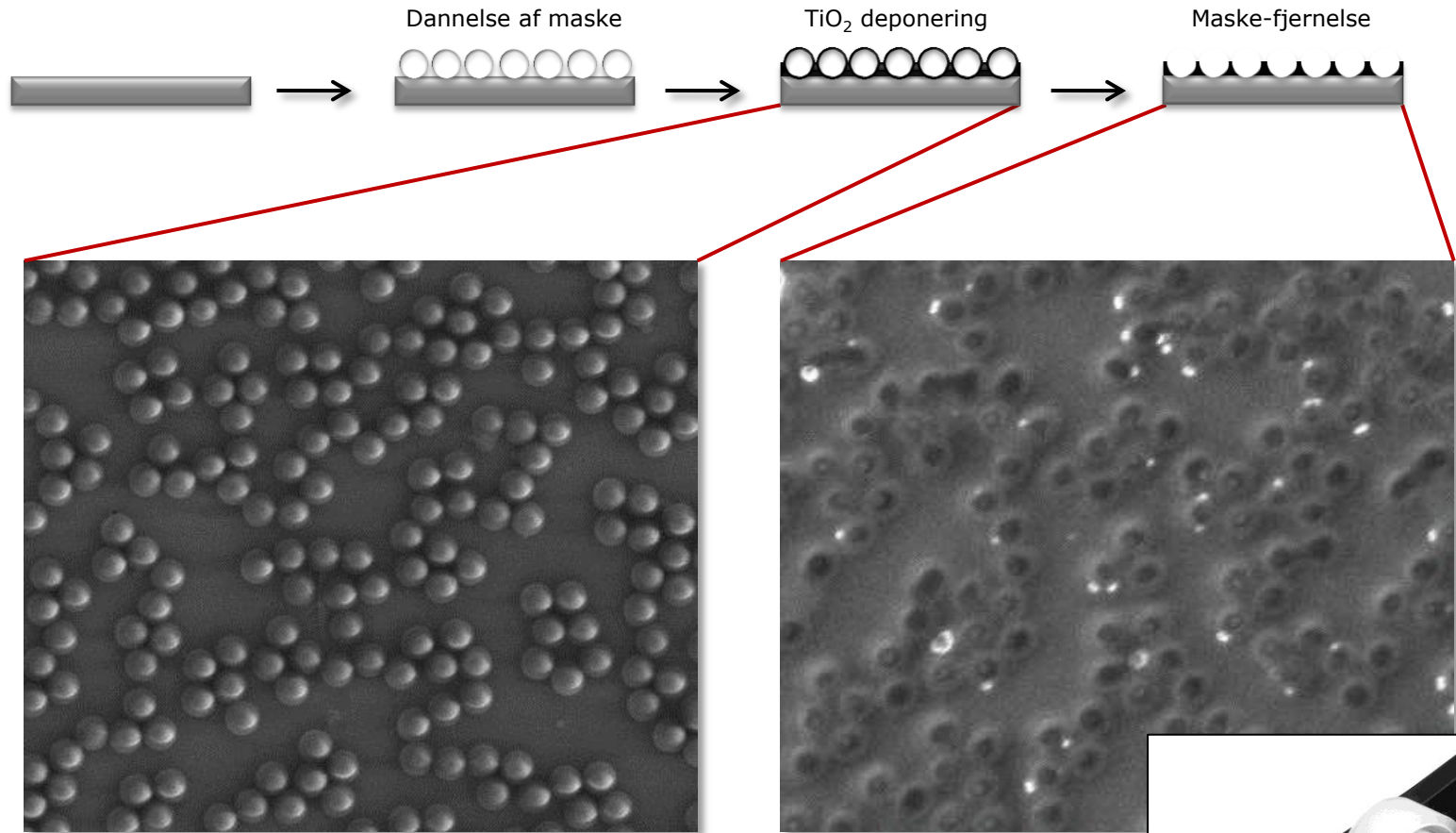


Prøve

Targets



Strukturerede Overflader – Deponering af TiO_2



Kugler fjernes ved tape stripping



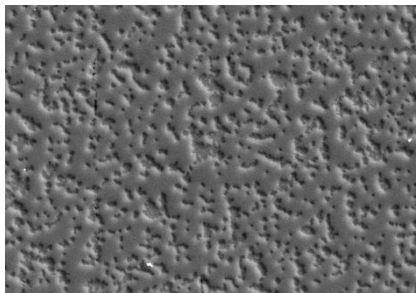


Strukturerede Overflader

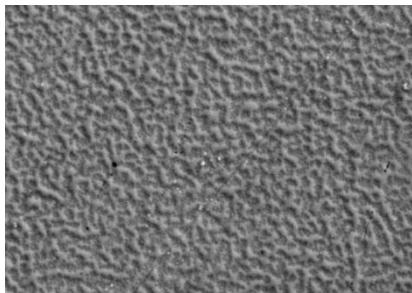
Strukturerede emner:



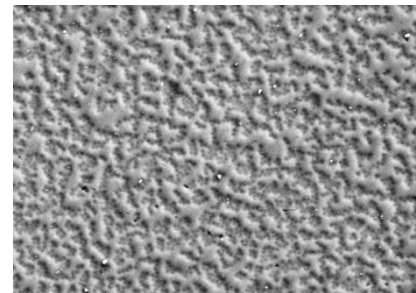
Struktur 1



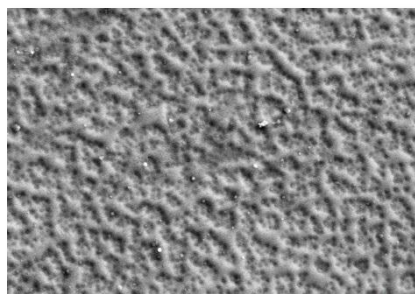
Struktur 2



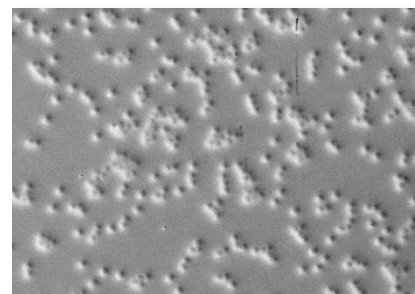
Struktur 3



Struktur 4



Struktur 5



Kontrol (ikke struktureret): Rustfrit stål



TiO₂

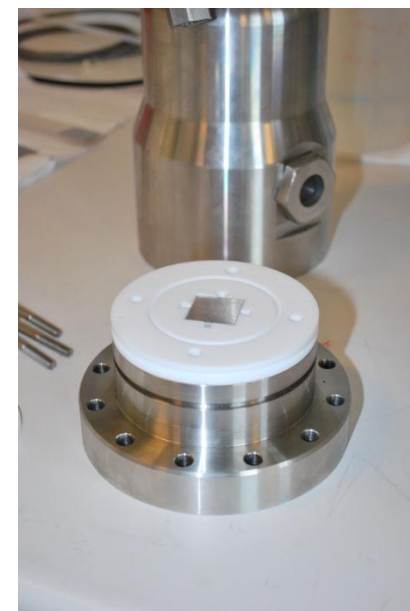
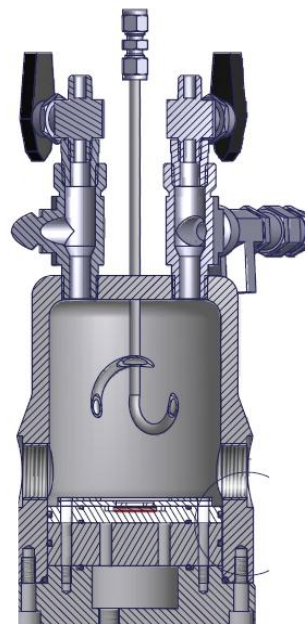


Testcelle



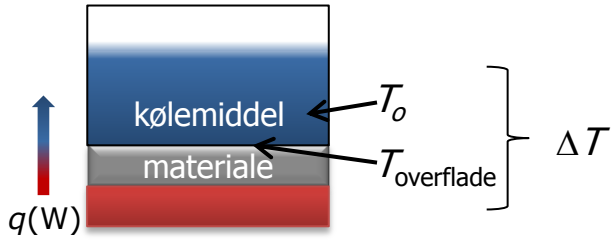
TEKNOLOGISK
INSTITUT

Måler varmeoverførsel på $2 \times 2 \text{ cm}^2$ prøver

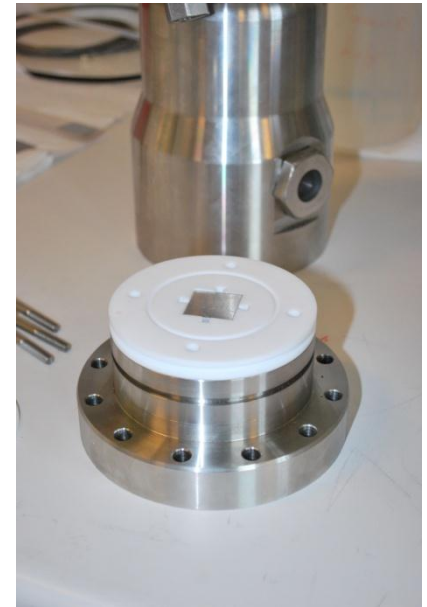
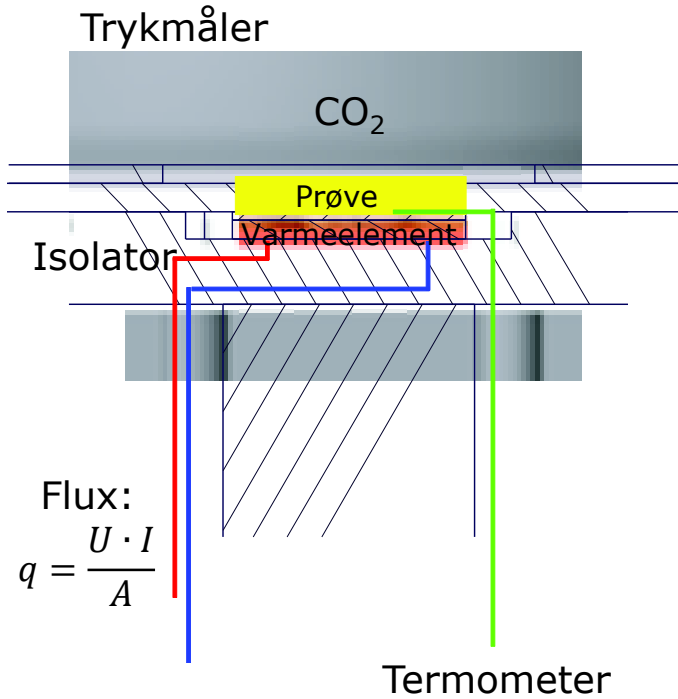
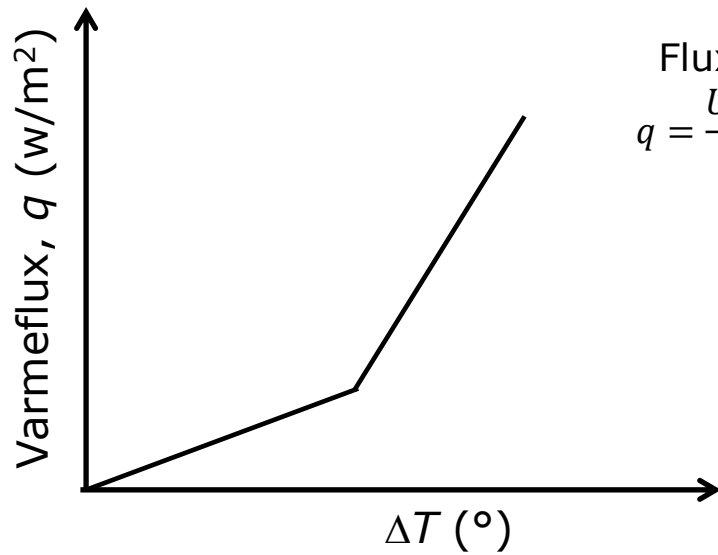




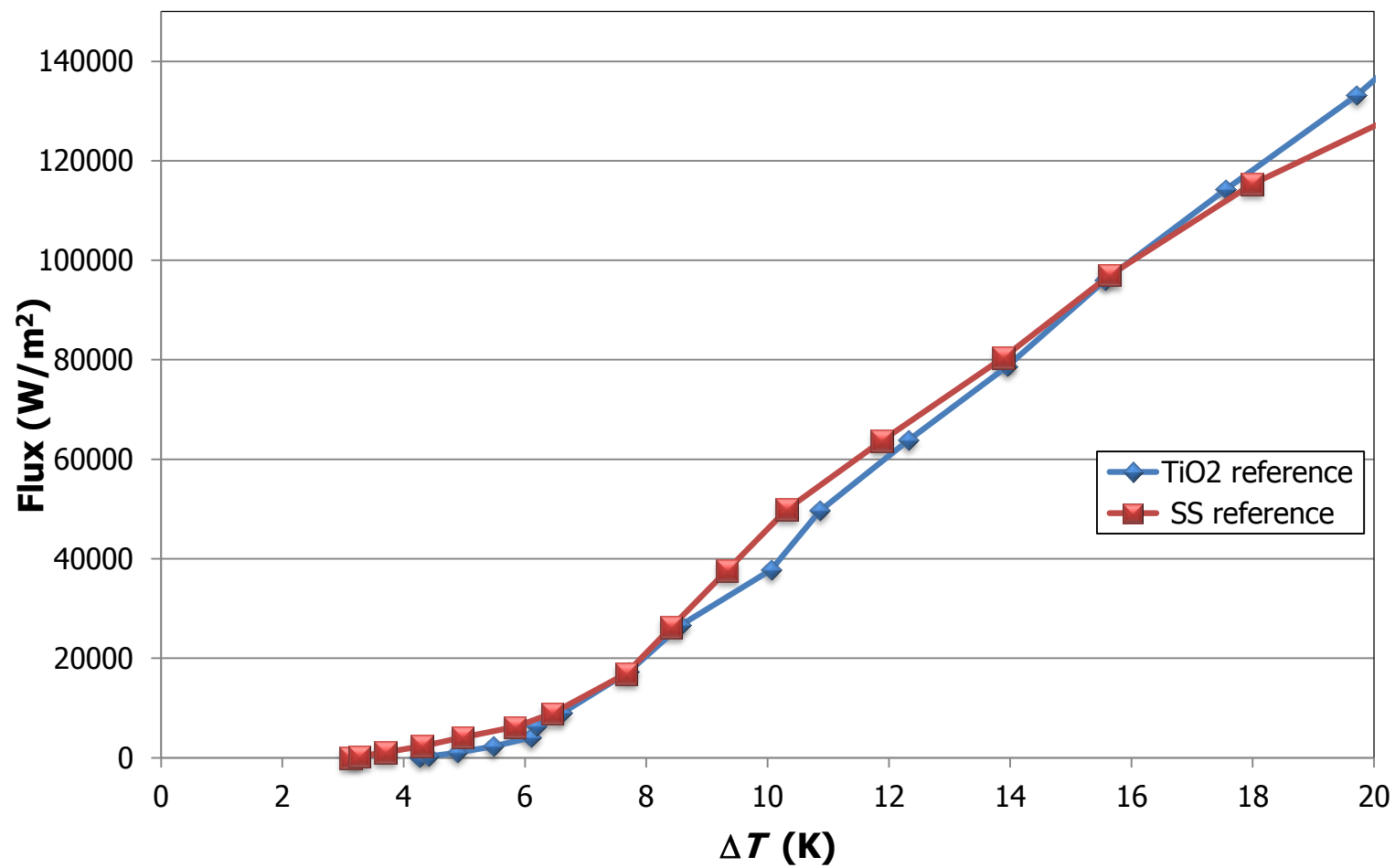
Testcelle



$$q = \alpha \cdot (T_0 - T_{overflade})$$

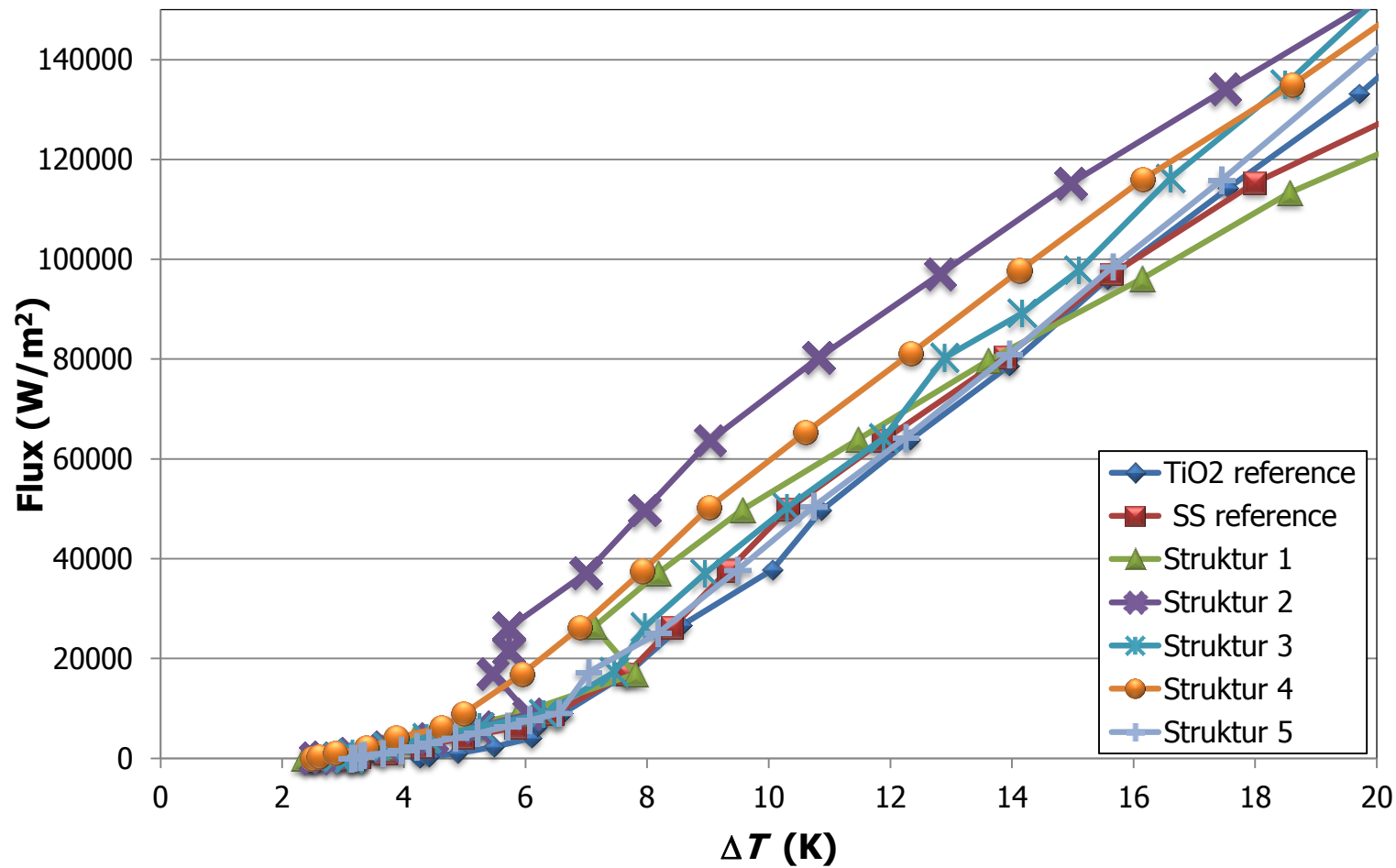


Resultater





Resultater – Flux vs. ΔT

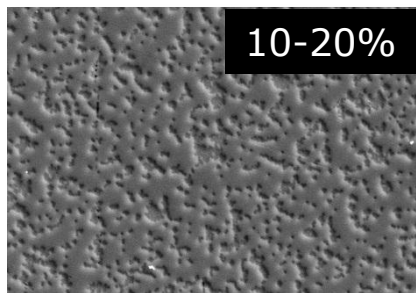




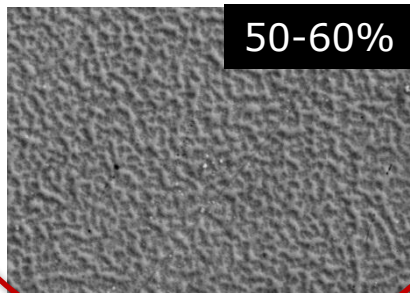
Strukturerede Overflader

Strukturerede emner: 

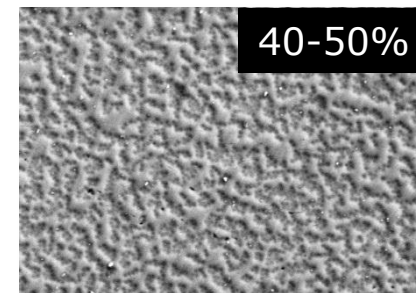
Struktur 1



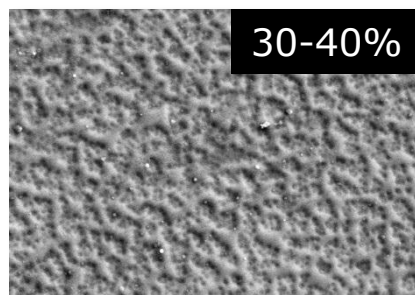
Struktur 2



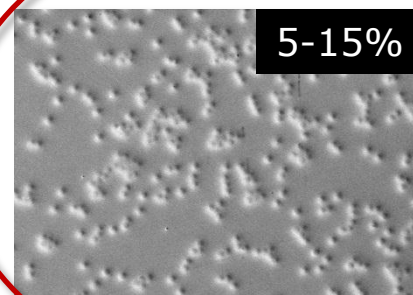
Struktur 3



Struktur 4

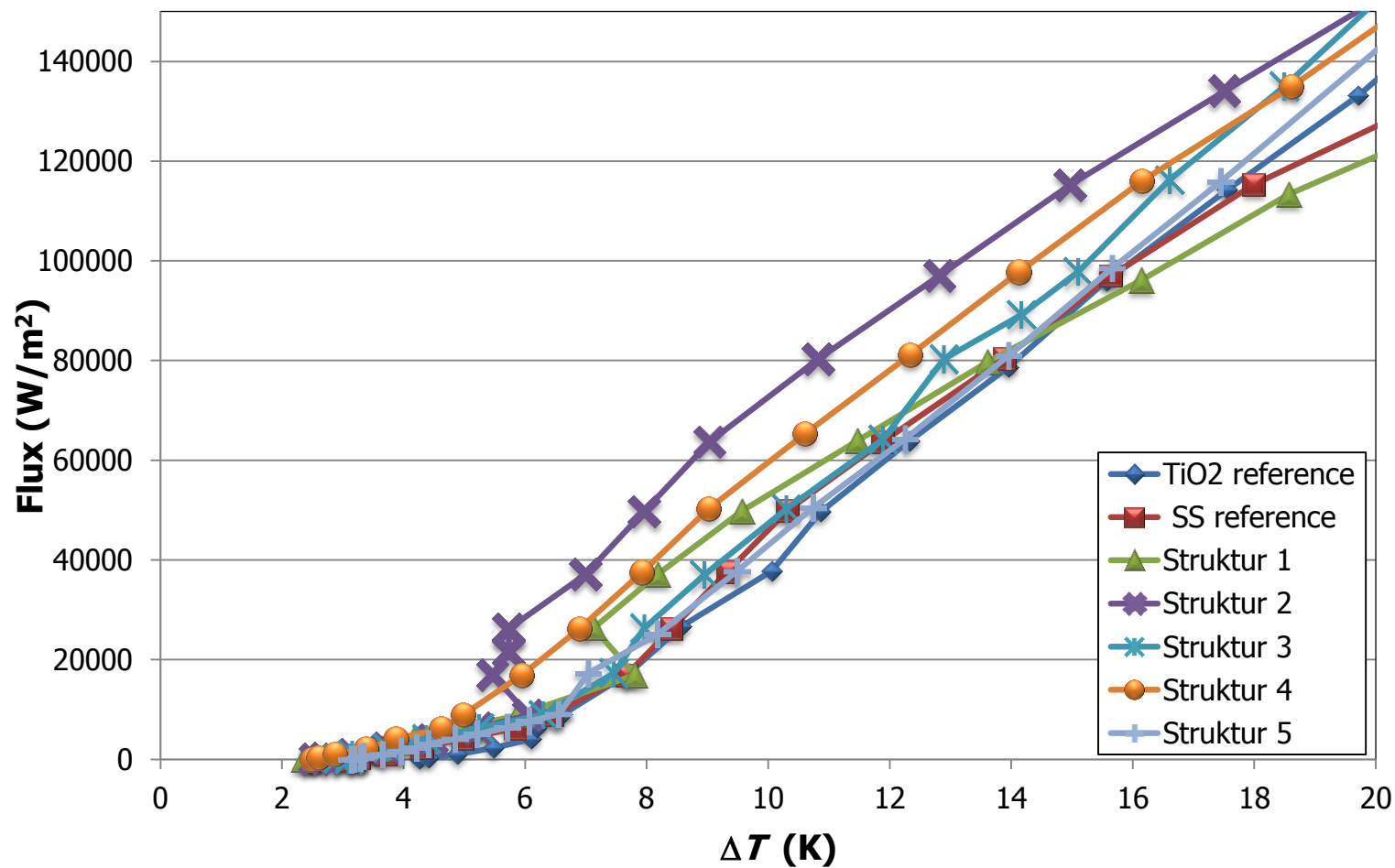


Struktur 5



Struktur 2 størst dækningsgrad
Struktur 5 lavest dækningsgrad

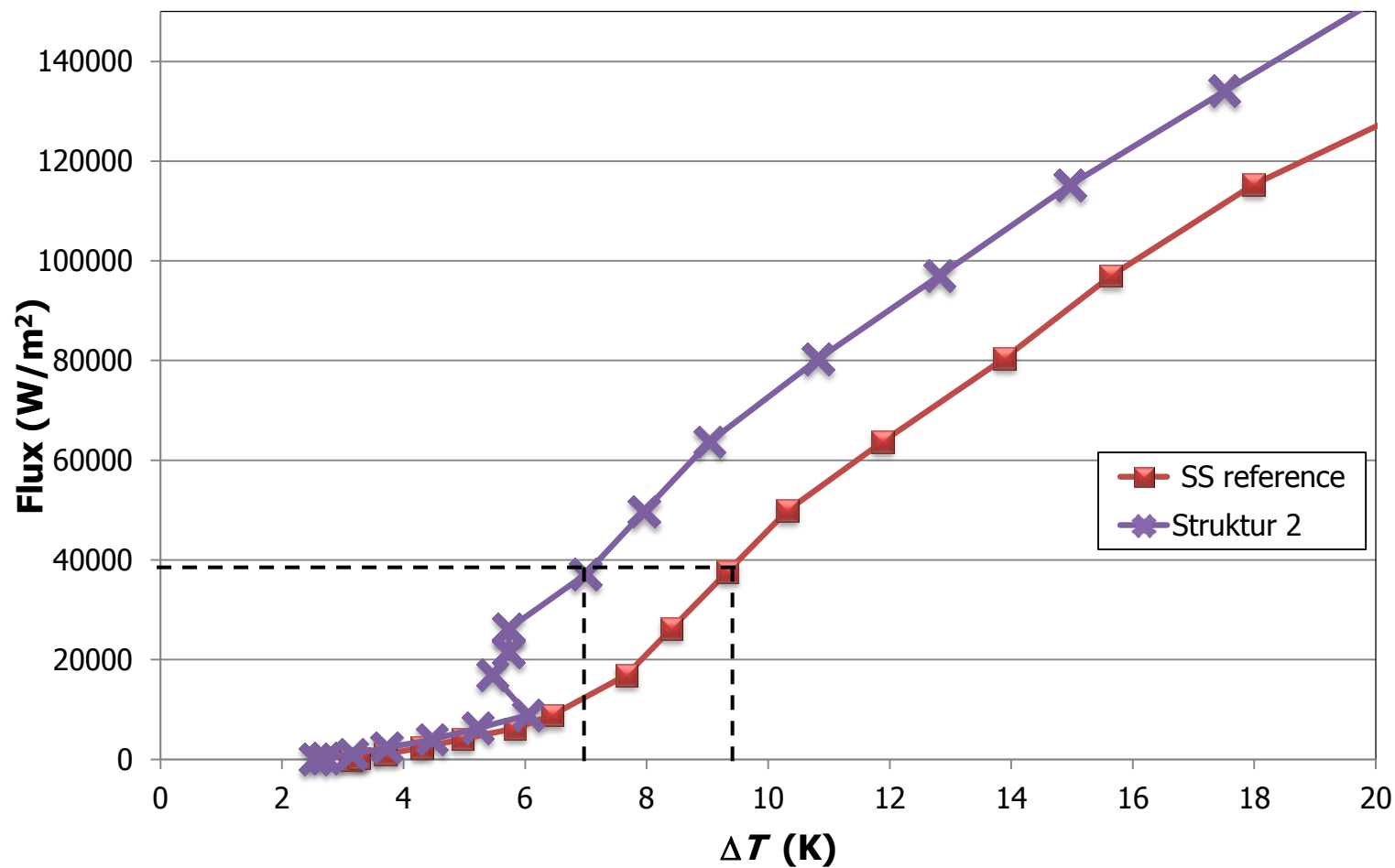
Resultater



Struktur 2 størst dækningsgrad
Struktur 5 lavest dækningsgrad

Nødvendigt at undersøge størrelse i forhold til dækningsgrad

Resultater



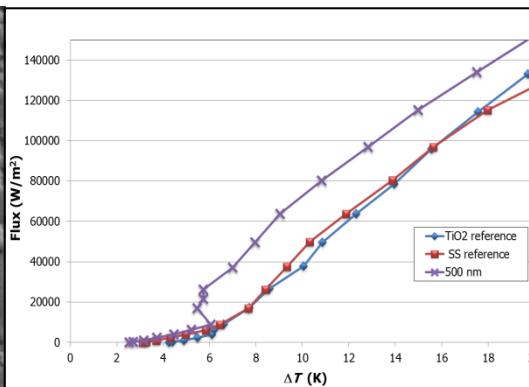
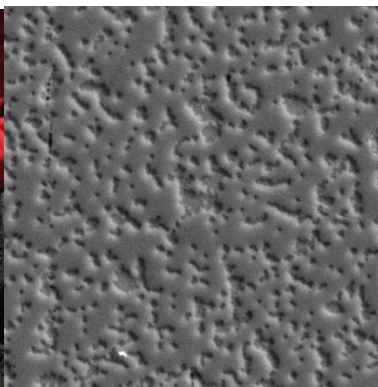
Struktur 2 giver hurtigere bobledannelse

1K $\uparrow T_o$ \rightarrow 2-3% $\downarrow W_k$



Konklusion

- Center for Kemi- og Bioteknik arbejder med nye/forbedrede egenskaber af materialer og overflader
- Forbedring af varmeoverførsel i varmevekslere ved strukturering af overflader
- Energiforbruget til kompressoren kan potentielt sænkes omkring 5-10 %
- Undersøge strukturstørrelse vs. dækningsgrad
- Undersøge struktureringseffekter i kondensatoren
- Tilsætte nanopartikler til kølemiddel



1K $\uparrow T_o$
 \downarrow
2-3% $\downarrow W_k$

