

Dansk Kemi

Nummer 1 - Februar 2022 / 103. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

Klassificering af
parfumestoffer

Omdannelse
af CO₂ via
elektrokemisk
reduktion

Forskning i biofouling



Colly FLOWTECH
INNOVATIV FLOWTEKNIK

**UNIKKE SINGLE-USE
LØSNINGER**

www.collyflowtech.se/en



Luftakrobat og country manager, Henrik Lassen

Mød nogle af ventilationsbranchens mest erfarne luftakrobater.

AAF/Dinair er en af verdens førende producenter af luftfiltre. Koncernen har mere end 3.000 ansatte i 22 lande. Vi har 100 års erfaring og en vision om til stadighed, at være førende indenfor global forskning og produktion på området. Som nogle af de eneste i verden, udvikler vi f.eks. HEPA filtre i PTFE - alle testet og godkendt iht. EN 1822. Filtrene både reducerer tryktab og giver en energibesparelse på op til 50%. AAF/Dinair er desuden verdens eneste producent af PAO testede Membran filtre - godkendt til bl.a. pharma produktion, også med 50% reduktion af tryktab. Disse historier og mange andre, uddyber vi gerne ved lejlighed.

Kontakt en af vores erfarne Luftakrobater i AAF Danmark på tlf.: 70 26 01 66 eller [check aafeurope.dk](http://check.aafeurope.dk)



INDHOLD



1 Forside
Marine organismer som rurer kan være flotte at se på, og de kan vokse på næsten hvad som helst under vand. I dette tilfælde på en plastikflydespærring. Foto: Claus Weinell.

6 Forskning i bæredygtige begroingshindrende bundmalinger
Læs om forskning i bekæmpelsen af marin begroning ved CoaST.

11 Selektiv CO₂-reduktion
Ved elektrokemisk reduktion kan CO₂ omdannes til kulstofkilder.

14 Schythes geokemiske ekspedition til Hekla 1846 (IV)
I dette afsnit bringes historien om Schythes studier af islandske vulkanudbrud.

18 Er syrlinger særlinge? Er syrlinger svæklinge?
De uorganiske oxosyrer er nomenklaturmæssigt en udfordring.

21 Krydderier fra A-Z
Anmeldelse af Carl Th. Pedersens bog om krydderier.

22 Parfume i rengøringsmidler og kosmetiske produkter
Læs om klassificering og deklarering af hudsensibiliserende kemiske stoffer vi kommer i kontakt med fra rengøringsmidler og lignende.

24 Effektiv blanding af råvarer og ingredienser

26 MRSA opstod i pindsvin, længe før man begyndte at bruge antibiotika
Fund af methicillin-resistente *Staphylococcus aureus*-bakterier hos pindsvin rejser spørgsmål ved eksisterende teorier omkring oprindelsen af multiresistens.

28 Køkkenkemisten: Krydderier og krydderiblandinger

30 Afslutning på Kemi i verdensmålene

31 Foreningsnyt fra IDA

TechMedia

Naverland 35
2600 Glostrup
Telefon 43 24 26 28
info@techmedia.dk
www.techmedia.dk

Redaktion:

Professor Hanne Christine Bertram (ansvarshavende)
hcb@techmedia.dk
Professor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbb@novozymes.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk
Maria Bech Poulsen
mabp@envs.au.dk

Ledelse:

Adm. direktør Peter Christensen
Direktør Rikke Marott Schelde

Redaktionskomité:

Professor Anne S. Meyer (formand)
Professor, dr. scient. Mikael Bols
Professor Morten J. Bjerrum
(Kemisk Forening)
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemiingenørgruppen)
Professor, forskningschef Lars Wiebe
Lektor, civilingeniør, ph.d.
Merete Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foërsom
(Næstformand, Kemilærerforeningen)
Chefkonsulent Helle Westphal
Gruppeleder, EHS, FMC site Rønland
Inge Margrethe Jensen
Fagkonsulent Mette Malmqvist

ISSN 0011-6335 (tryk)
ISSN 1902-360x (online)

Bladsekretær:

Heidi Thode
Tlf. 43 24 26 62, ht@techmedia.dk

Annoncer:

Tanja Wulff Dühring
Tlf. 43 24 26 06, twd@techmedia.dk

Annonceproduktion:

Marianne Dieckmann
Tlf. 43 24 26 82, md@techmedia.dk

Layout:

Trine Plass

Tryk:

PE Offset A/S

Oplag: 4.190

Online læsere: 1.279

Abonnement:

Ændring/opsigelse sendes til:
abonnement@techmedia.dk

Bestil abonnement direkte på:
www.techmedia.dk

Trykt på
miljøvenligt papir
med vegetabiliske
miljøfarver.



Citater fra artikler i Dansk Kemi skal ske med tydelig kildeangivelse. Enhver form for gengivelse af artikler, herunder illustrationer, forudsætter udgiverens skriftlige tilladelse. Redaktionen kan ikke påtage sig ansvaret for materiale, der indsendes uopfordret.

Læs bladet online:
www.dansk kemi.dk

Se også: www.kemifokus.dk

Eller find
Dansk Kemi på:  



Scan og hent Dansk Kemis
medieinformation 2022 her!
Scan med kameraet
på din smartphone.



Bjerrum-diagrammer

Bjerrumdiagrammer er kendt blandt mange gymnasieelever, idet de i en del år har været, og er, obligatorisk stof i kemi A samt i bioteknologi A. Det er i øvrigt ikke sikkert, at gymnasieeleverne er opmærksomme på, at det er Niels Bjerrum, en dansk forsker, der lægger navn til dem.

En student, der tager en kandidat i kemi, vil ikke nødvendigvis støde på Bjerrumdiagrammer, mens en student, der tager en kandidat i biologi, vil. Det Bjerrumdiagram, som gymnasieeleverne møder i gymnasieundervisningen, er ikke det samme Bjerrumdiagram, som en kandidat i biologi møder.

Det første Bjerrumdiagram, som Niels Bjerrum publicerede i 1914, var for en indikator og dermed kun for en ligevægt mellem syren og dens korresponderende base. På y-aksen kunne procentdelen af den korresponderende base aflæses.

Først i 1969 optræder Bjerrumdiagrammet i den gymnasiale undervisning i Axel Voigts

Kemi 2. Her findes syrebrøken på y-aksen. Der er ingen henvisninger til, hvor den form kommer fra [1].

Efter min egen lille research ser det ud til, at der anvendes to forskellige typer Bjerrumdiagrammer (også kaldet Hæggs diagram).

Forskellen består i angivelsen på y-aksen, nemlig om det er syrebrøk eller stofmængdebrøk, eventuelt angivet i procent.

Af en eller anden grund har gymnasieverdenen brugt syrebrøken vist i figur 1, mens det lader til, at andre har brugt stofmængdebrøken vist i figur 2. Hvordan Bjerrumdiagrammerne udformes, er ikke ligegyldigt, når de reelle stofmængdebrøker ønskes bestemt og forskellen i syrestyrkekonstanterne er under 4 [2].

Mon Niels Bjerrum ville have foretrukket Bjerrumdiagrammet med syrebrøk eller stofmængdebrøk, hvis han havde levet i dag?

Måske er der andre områder, hvor der også er sket det, at man i gymnasiale sammenhænge har fastholdt (eller indført) en måde at gøre noget på. Nu er opmærksomheden i hvert fald rettet mod Bjerrumdiagrammer.

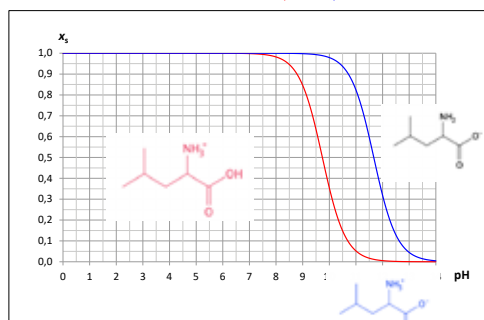
Fagkonsulent Mette Malmqvist

Referencer

1. Niels Bjerrum og skolen af Børge Riis Larsen.
2. Keld Nielsen og Anders A. Osted. Bjerrumdiagrammer - hvordan skal de aflæses. LMFK (gymnasielærernes faglige forening for matematik, fysik og kemi)

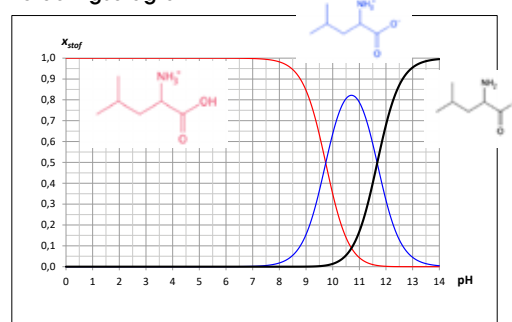
Bjerrumdiagram syre

$pK_s(1)$ 9,74 $pK_s(2)$ 11,67



Figur 1. Bjerrumdiagram for leucin med syrebrøk på y-aksen. Syreformen (rød) omdannes til amfolytten (blå), som omdannes til den korresponderende base (sort).

Fordelingsdiagram



Figur 2. Bjerrumdiagram for leucin med stofmængdebrøk på y-aksen. Den røde kurve viser sammenhængen mellem pH og stofmængdebrøken for det røde molekyle. Den tilsvarende kobling findes mellem blå og sort.

Enkel og hurtig bestemmelse af **PFAS** med Combustion IC fra Metrohm



På grund af deres egenskaber anvendes perfluorerede stoffer **PFAS** (perfluoroalkylated substances) i mange produkter og industrier. Desværre akkumulerer de i vores miljø, herunder vandforsyning og fødekæde, hvilket forårsager forskellige miljømæssige udfordringer og sundhedsproblemer hos mennesker. Stabiliteten af disse stoffer og deres nedbrydningsprodukter, kombineret med deres affinitet til at binde til proteiner, gør dem særligt skadelige.

Sammenlignet med målrettede analysemetoder, der kun måler et lille udvalg af individuelle forbindelser, er bestemmelsen af **PFAS** i vandprøver med Combustion IC:

- ✓ Mere omfattende
- ✓ Mere robust
- ✓ Nemmere at udføre
- ✓ Et hurtigt, billigt screeningsalternativ

Læs mere på metrohm.com.

Forskning i bæredygtige begroningshindrende bundmalinger

Forskningsgruppe på DTU har etableret nyt feltlaboratorium i Hundested Havn.



Figur 1. CoaST testflåde til feltafprøvning af antifoulingmaling (set fra luften). Testflåden er beliggende i Hundested Havn.

Af Claus E. Weinell, Torben Rasmussen og Nezam Azizaddini, CoaST, Institut for Kemiteknik, DTU

Forskning inden for begroningshindrende malinger ved Institut for Kemiteknik, KT havde sin begyndelse sidst i 90'erne, hvor man (prof. Kim Dam-Johansen og prof. Søren Kiil) i tæt samarbejde med Hempel A/S initierede et forskningsprogram med formålet at få en bedre forståelse af virkemåden af de biocidholdige (konventionelle) bundmalinger. Dette indebærer blandt andet avanceret matematisk modellering af disse antifoulingmalinger. Til at underbygge den matematiske modellering var

der brug for data, der beskriver de fysiske og kemiske mekanismer af bundmaling. Dette fordrede et afprøvningssystem med meget veldefinerede betingelser, dvs. et veldefineret "havmiljø", som inkluderer salinitet, saltsammensætning, pH og temperatur. Samtidigt skulle malingsoverfladen opleve en veldefineret strømning.

Til at opfylde dette formål blev der opbygget en skibssimulator, som i al sin enkelthed består af en roterende cylinder med påsatte malingsprøver neddyppet i en tank med kunstigt havvand under konstante betingelser. Den veldefinerede strømning blev opnået ved et såkaldt Couette-design, som består af en cy-



Figur 2. Testpanelerne er fastspændte til rustfri stålrammer (cirka 0,3 x 1,2 meter), der via en række styr på selve testflåden fastholdes til denne i neddyppet tilstand. Ved inspektion kan rammerne let trækkes ud af vandet og sættes på flåden, se figur 3.

lindrisk skal omkransende den roterende cylinder [1]. Grundtanken med den matematiske modellering var at forstå virkemåden af afgivelsen af aktivstofferne og på den måde at blive bedre til at dosere disse aktivstoffer, såkaldt controlled release teknologi. Denne teknologi anvendes i øvrigt mange andre steder, for eksempel i gødningsgranulater, medicinske tabletter og nikotinplastre. Ved at mestre "controlled release" kan man både gøre den ønskede effekt langt bedre og man kan samtidigt spare på de ofte dyre aktivstoffer. Den ideelle control-

led release af aktivstoffer i konventionel antifoulingmaling giver akkurat biocid nok til at holde organismene væk. Hverken mere eller mindre.

CoaST, The Hempel Foundation Coatings Science and Technology Centre

Det største skifte i malingsforskning ved KT skete i januar 2017, hvor det nye center, CoaST (The Hempel Foundation Coatings Science and Technology Centre) blev etableret baseret på en betydelig donation fra Hempel Fonden.



Figur 3. Testpaneler inspiceres af erhvervsforsker Tenna Frydenberg (EnCoat).

Missionen med CoaST er blandt andet at danne et stærkt forsknings-, innovations- og undervisningsmiljø inden for malingsteknologi og videnskab. Centeret skal dække forskning i råvarer, formulation, produktion og anvendelse af maling samt nye funktionaliteter, test og karakterisering. Alt dette skal have bæredygtighed som det gennemgående element. Siden 2017 har CoaST været i en rivende udvikling, hvilket har resulteret i opbygning af en række nye laboratorier bestykket med state-of-the art formulations- samt karakteriseringsudstyr. Samtidigt er bemandingen styrket på både den faste stab og på det store antal studerende og forskere, der opsøger CoaST, som platform for deres uddannelse og forskningsaktiviteter.

Etablering af CoaST Maritime Test Centre, Hundested

Foruden den styrkede indsats inden for generel malingsforskning, har etableringen af CoaST også sat ekstra skub i forskningen og udvikling inden for antifouling-området. En af de større satsninger CoaST har kastet sig ud i, er opbygningen af en stor feltstation i Hundested Havn, CoaST Maritime Test Centre, hvor marin begroning kan undersøges i det virkelige miljø. Hundested Havn med havnefoged Søren Brink har i denne forbindelse udvist stor velvilje og opbakning til, at CoaST kan udføre forskning netop her. En del af feltstationen består af en stor testflåde (betonflydebro), som giver mulighed for at teste mere end 4.500 malingsprøver ad gangen på testpaneler (10 x 20 cm), se figur 1. Testpanelerne er fastspændte til rustfri stålrammer (cirka 0,3 x 1,2 meter), der via en række styr på selve testflåden fastholdes til denne i neddyppet tilstand, se figur 2 og figur 3. Der er indbygget tre interne pools i testflåden, som skal tjene til specialforsøg. Blandt andet benyttes en af disse pools til en "skibssimulator" (se figur 4, side 8) lig den, som har været anvendt i laboratoriet siden slut 90'erne og disse dynamiske testmuligheder er i stadig udbygning.

Foruden at fungere som platform for afprøvning af især antifoulingmaling skal selve testflåden naturligvis være et sikkert og arbejdsvenligt udendørs laboratorium, ikke mindst set i lyset af, at denne lidt specielle arbejdsplads anvendes af et stort antal studerende og forskere, der løbende kommer til gruppen. Derfor er der indtænkt forskellige arbejds- og sikkerhedsprocedurer. Testflåden blev søsat maj 2020, og der er siden opsat to supporthuse, som tjener som henholdsvis værksted og feltkontor.

Desuden indeholder et af supporthusene en lille udstilling med blandt andet videopræsentationer, som for de interesserede besøgende på stedet giver et dybere indblik i marin begroning og CoaST-forskning inden for dette emne.

Hvad er marin begroning (biofouling) og konsekvenserne heraf?

Når man spadserer langs en strand eller på en mole, vil man bemærke, at tang, rurer, muslinger, alger m.m. faktisk kan vokse på hvad som helst, der befinder sig helt eller delvist under vandoverfladen. Disse marine organismer kan være flotte at se på (se bladets forside med rurer), men de er faktisk direkte uønskede, når vigtige funktioner påvirkes negativt af deres tilstedeværelse. Her tænkes specielt på skibe, hvor skibsbundens stand er af overordentlig stor betydning både driftsmæssigt og økonomisk. Enhver forøgelse af skrog-ruheden vil føre til forøgelse af friktionsmodstanden og tabt indtjening forårsaget af enten mistet fart eller forøget brændselsforbrug, dvs. højere driftsomkostninger, se for eksempel [2]. I en nylig undersøgelse havde 44 procent af et antal undersøgte skibe mere end 10 procent af skroget begroet med rurer. En 10 procent begroning med rurer betyder, at skibet skal bruge 36 procent mere brændstof for at opretholde den samme fart. Figur 5 viser et eksempel på en skibsside med kritisk begroning af blandt andet rurer.

En anden undersøgelse af 60 krydstogtskibe afslørede, at når disse opererede i farvande med højt begroningstryk, løb ekstraudgifterne til brændstof op på 3 millioner DKK per skib årligt. Dette betyder samtidigt en signifikant ekstra-udledning af CO₂ til atmosfæren. Problemstillingen ved begroning kunne også være i forbindelse med kølevandsindtag til kraftværker, som kræver fri passage af kølevand, eller offshore konstruktioner, som for eksempel vindmøllefundamenter, hvor begroningen kan belaste konstruktionerne i så høj grad, at de risikerer at blive ødelagt over tid. Det kan være nødvendigt med en fordyrende overdimensionering i designfasen, så konstruktionerne kan holde til belastningen, men modvirkning af begroning er allerhelst foretrukket. Behovet for en bedre forståelse af begroningsmekanismerne og en bedre måde at bekæmpe den uønskede begroning på, er derfor stort.

Hvordan bekæmpes den uønskede biofouling?

Den uønskede betydning af marin begroning er ikke en ny erfaring; den har været kendt og beskrevet i mere end 2.000 år og bekæmpelsesmetoderne har gennem tiderne været vidt forskellige. I gammel tid blev der på træbåde blandt andet anvendt



Figur 4. Skibssimulator, eller rotor, til dynamisk afprøvning af antifoulingmaling. Malingsprøverne er lagt på cylinderen, som roterer under vandoverfladen. Forinden i højre hjørne af billedet kan ses et undervandskamera, der følger den roterende cylinder live.

opvarmet talg, tjære, voks eller beg. I begyndelsen blev de opvarmede og flydende råmaterialer påført direkte på undervandsskroget, men senere blev der iblandet effektive aktivstoffer, gift, der blev afgivet mere eller mindre kontrolleret, for eksempel arsenik-, bly- eller kviksølvsalte, [3]. Man anvendte også metalbelægning (bly- og senere kobberplader) på træskibe. Metalbelægning tjente også det formål at holde ødelæggende pæleorme væk fra træskroget. Det største skifte i teknologi skete dog, da stålskibe i starten af 1900-tallet efterhånden afløste træskibene. Hermed var det ikke muligt at montere kobberplader direkte på stålskroget på grund af risikoen for galvanisk korrosion, og der var nu brug for "rigtig bundmaling". Miljøbelastningen fra de oprindelige bundmalinger var betydelig, og deres effektive levetid var kort. Efter 2. verdenskrig skete der et stort spring i udviklingen i form af kemisk syntetiserede polymerer og nye opløsningsmidler. Specielt brugen af det bredspektrede biocid, tributyltin (TBT) gav et enormt løft i effektiviteten og blev hurtigt state-of-the-art. På grund af uheldige miljømæssige bivirkninger forårsaget af TBT-holdige malinger er malingstyperne efter at have domineret markedet i cirka tre årtier, blevet forbudte og nu helt udfaset. Nye, mere miljøvenlige, tin-fri malingsteknologier, så dagens lys allerede i 1990'erne, og der udvikles og optimeres faktisk stadig på dem den dag i dag. Der skelnes i dag typisk mellem to hovedgrupper af bundmalinger: De konventionelle bundmalinger, der bygger på udludning af aktivstoffer og de biocidfri fouling release malinger, der bygger på overflader med lav overfladespænding og høj elasticitet.

Forskningsprojekter i CoaST Maritime Test Centre, CMTC

Som eksempler på antifouling forskningsprojekter der pt. er i gang i CMTC, kan nævnes følgende emner:

- Tidlig detektion af begroningsorganismer ved hjælp af digital billedbehandling (ph.d.-studerende Morten L. Pedersen).
- Metoder og strategier for optimal afrensning af skibssider (ph.d.-studerende Shujie Lin).
- Statisk/dynamisk afprøvning af fouling control coatings til simulering af forskellige skibsmønstre (ph.d.-studerende Mads Olsen).
- Controlled release af co-biocider for en effektiv dosering af samme (erhvervsforsker Tenna Frydenberg, EnCoat).
- Nye funktionelle overflader med antifouling effekt og lav miljøpåvirkning (ph.d.-studerende Marcel Butschle).

Konventionelle bundmalinger

Nuværende tin-fri antifoulingmalinger bygger på Cu_2O som hovedbiocid, der sammen med andre aktive stoffer, co-biocider, erstatter det før anvendte TBT. Et begroningshindrende malingsystem, der efter påføring (ofte 2-3 lag) og tørring typisk er 300-450 μm tykt, skal både indeholde og frigive den korrekte mængde aktivstoffer i helt op til fem år. Vægtmæssigt udgør aktivstofferne i en antibegroningsmaling typisk 35-45 procent, resten er bindemidler, uopløselige pigmenter, diverse additiver og opløsningsmidler. Alt i alt kan indholdet af forskellige malingskomponenter let udgøre 10 eller flere forskellige stoffer, hvilket naturligvis giver ekstra udfordringer i forståelsen af eventuelle vekselvirkninger [3].

Fouling release malinger

"Non-stick"- eller fouling release bundmalinger har deres oprindelse i et ønske om biocidfri systemer. Det er en teknologi, som har været under bevågenhed i de sidste cirka 40 år. Teknisk set modvirker teknologien ikke, at begroningsorganismerne hæfter sig til skibssiden, således som en biocidholdig maling gør, men i praksis er bindingen mellem begroningsorganismen og malingsoverfladen så svag, at den brydes blot ved organismens egen vægt eller ved det vandpres, den

vil opleve på for eksempel en skibsside (deraf udtrykket fouling release). Begroningsorganismer i havet er meget forskellige. Kendte typer som for eksempel rurer, muslinger, alger, diatomeer har alle hver deres type "lim", som udskilles ved hæftningen til en overflade. Limtyperne er typisk proteinbaserede og undergår en kemisk krydsbinding. Den mest nærliggende løsning til at modvirke vedhæftning af begroningsorganismer er at skabe en malingsoverflade med meget lav overfladespænding. En lav overfladespænding gør det svært for limen at befugte overfladen, hvilket er essentielt for vedhæftning. Samtidigt vil en fleksibel overflade brudmekanisk sikre en nemmere løsrivelse af de organismer, som allerede har hæftet sig. Silikoneelastomerer (for eksempel PDMS) udmærker sig ved at være glatte og stærke, men også fleksible, hvilket giver de vigtige fouling release egenskaber [4]. Figur 6 på næste side viser, hvordan en vanddråbe preller af overfladen på silikoneelastomerer med lav overfladespænding.

Andre aktuelle bekæmpelsesteknikker

Til trods for at der allerede findes rigtig gode produkter på markedet både inden for de konventionelle antifoulingmalinger og fouling release malingerne, så har de alle deres begrænsninger i levetid og

performance enten i tilfælde af pludselige ændringer i det forventede sejlmønster, og/eller miljøet skibet befinder sig i. Desuden er der et stadigt ønske om at løse problemstillingen med en stadig mere effektiv og mere miljømæssigt forsvarlig måde samtidigt med ønsket om, at det skal være økonomisk attraktivt. Man er i højere grad begyndt at tænke i de baner, at en regelmæssig mekanisk afrensning endda kan være acceptabel.

Der tilbydes for tiden services med afrensningsdroner, der får tankerne ledt hen på de robotgræsklippere, man efterhånden finder i mange danske haver. Måske udspringer denne teknik af den såkaldte "grooming"-teknologi, som især militære flådefartøjer har draget nytte af i flere år. Disse skibe har et specielt sejlmønster, idet de ofte ligger i havn i lange perioder og dermed er ekstra udsat for begroning. Grooming er en hyppig, men skånsom, afrensning af skibssiden. Man finder også meget effektive produkter på markedet, nu hvor man kombinerer fouling release effekt med såkaldte amfifile overflader, der "forvirrer" mikroorganismerne, når de skal sætte sig. Man kombinerer endda disse funktionelle overflader med små mængder biocid, som nu resulterer i signifikant forlængede levetider for disse malingsystemer. Andre nyere metoder, som nu har bevæget sig fra forskningsfasen over til den



Figur 5. Skibsside med kritisk begroning af marine organismer.

kommercielle fase, er SLIPS (Slippery Liquid-Infused Porous Surfaces). SLIPS består for eksempel af en fleksibel silikonepolymer med et smøringslag som danner en flydende fase på overfladen [5]. Overfladen føles glat og olieagtig, når man rører ved den og polymeren har et reservoir i malingens porer, som erstatter den flydende overflade, i takt med at den vaskes eller slides væk. Det er nærliggende at drage analogier til dyrenes verden. Det er kendt og beskrevet, at en delfins hud er dækket af porer, som udskiller en gelagtig, fedtrig substans. En flydende overflade vil i princippet holde organismene fra at sætte sig, da de ønsker et "fast" underlag. Der findes naturligvis mange flere moderne bekæmpelsesmetoder end de ovennævnte, og flere kommer til. Årsagen til dette må bestå i en stadig tro på, at den ideelle løsning stadig findes derude.



Figur 6. Vanddråber preller af overfladen på en silikoneelastomer på grund af den lave overfladespænding.

Hvordan ser fremtiden ud i CoaST?

Problemstillingen med marin begroning på både skibe og faste maritime installationer har været velkendt i årtusinder. Man har også været i stand til at bekæmpe denne begroning op gennem tiderne, i starten dog mere eller mindre effektivt og med store miljøkonsekvenser. Det er imidlertid først i de senere årtier, at man er begyndt at se på mere miljørigtige metoder. Med etableringen af forskningscenteret CoaST på Danmarks Tekniske Universitet har Danmark bragt sig i front i forskningen og uddannelse inden for malingsvidenskab og -teknologi. På antifouling-siden er det vores ønske at udvikle og samle de teknikker og metoder, som overordnet vil hjælpe med til at begrænse ulempen ved den marine begroning. Etableringen af feltlaboratoriet i Hundested Havn er et yderst vigtigt element i dette arbejde sammenholdt med de forskningsprojekter, der allerede er i gang, og de projekter, der ligger klar til start.

E-mail:

Claus E. Weinell: cwei@kt.dtu.dk

Referencer

1. Weinell, C.E., K.N. Olsen, M.W. Christoffersen and S. Kiil, Biofouling. 2003, 19, 45-51.
2. Weinell, C.E., Bundmalings rolle i reduktion af skibes friktionsmodstand, Dansk Kemi, 2005, 2, 34.
3. Yebra, D.M., S. Kiil, K. Dam-Johansen, Prog. Org. Coat. 2004, 50 (2), 75.
4. Weinell, C.E., Fouling Release - biocidfri bundmaling, Dansk Kemi, 2006, 4, 35.
5. Basu, S. et al., Green Biolubricant Infused Slippery Surfaces to Combat Marine Biofouling, 2020, Jour. of Colloid and Interface Sci. 568: 185-97.



Lektor Marianne Glasius modtog prisen som årets aerosolforsker af adjunkt Jonas Elm, som sidder i bestyrelsen for Nordisk Selskab for Aerosolforskning.

Årets aerosolforsker

Nordisk Selskab for Aerosolforskning uddelte den 15. december 2021 prisen som årets aerosolforsker, også kaldet Aerosologist. Den hædersfyldte pris gik til lektor Marianne Glasius fra Institut for Kemi ved Aarhus Universitet. Prisen blev tildelt for Marianne Glasius' enestående bidrag til kemisk karakterisering af atmosfæriske aerosoler på molekylært niveau.

Marianne Glasius har etableret, og leder, en internationalt anerkendt forskningsgruppe ved Aarhus Universitet i analytisk og atmosfærisk kemi. Forskergruppen fokuserer på udvikling af avancerede kemiske analyser, der kan etablere ny viden om den kemiske sammensætning af atmosfæriske aerosoler. Ved hjælp af højtydende væskechromatografi (HPLC) koblet til elektro-spray-ionisering og et quadrupol Time-of-Flight massespektrometer (QTOF-MS), har hendes gruppe udviklet metoder til at bestemme aerosolers kemiske sammensætning. Specielt har Glasius-forskergruppen været banebrydende i udvikling og applikation af QTOF-MS-metoder til at identificere og kvantificere organiske syrer, dimerestere og organosulfater i aerosolprøver. Som også vist i artikel bragt i seneste nummer af Dansk Kemi, analyserer Glasius' forskergruppe aerosolprøver fra kammerekspiriment, der bidrager med ny indsigt i reaktionsmekanismer og aerosoldannelse under forskellige forhold [1]. Forskergruppen undersøger desuden den kemiske sammensætning af atmosfæriske aerosoler fra steder i hele verden, herunder aerosoler indsamlet i Arktis, Amazonas og Kina.

Marianne Glasius har således bidraget med betydelig molekylær indsigt i den kemiske sammensætning af atmosfæriske aerosoler, der er vigtig for at forstå aerosolers rolle i luftkvalitet og klima. Ud over sine imponerende videnskabelige bidrag formidler Marianne Glasius aerosolforskning til et bredt publikum via offentlige foredrag. Endelig har hun som tidligere medlem af Nostas bestyrelse og præsident i perioden 2015-2019 været en nøglespiller i at fremme aerosolforskning i Norden.

Kilde: Nordisk Selskab for Aerosolforskning

Reference

1. Ditte Thomsen, Jonas Elm, Merete Bilde og Marianne Glasius. Fra duften af gran til luftbårne nanopartikler, Dansk Kemi, 2021, nr. 6, p. 16-19.

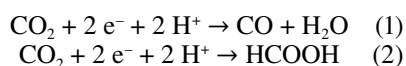
På vej mod selektiv CO₂-reduktion

Fra affaldsgas til værdifulde kemikalier.

Af Monica Rohde Madsen, Joakim Bøgelund Jakobsen, Kim Daasbjerg og Troels Skrydstrup, Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO), Aarhus Universitet

Med stigende koncentrationer af atmosfærisk CO₂ og en målsætning om at begrænse udledningen af denne drivhusgas er det oplagt at spørge, om forbrændingsgassen egentlig kan anvendes som kulstofkilde og derigennem skabe ny værdi. Heldigvis er svaret ja!

En mulighed er elektrokemisk CO₂-reduktion, hvor elektroner bruges til at reducere de stærke dobbeltbindinger i CO₂-molekylet. Den direkte 1-elektronreduktion af CO₂ til CO₂^{•-} er dog en energikrævende proces, men så snart reduktionen kobles med protoner, bliver reaktionerne mere termodynamisk favorable, idet produkter af højere stabilitet dannes. To mulige produkter er CO og HCOOH, der begge kan dannes i en 2-elektronreduktion af CO₂, som angivet i ligning 1 og 2:



Reduktionen af CO₂ faciliteres yderligere ved brug af katalysatorer. Idet den nuværende udledning af CO₂ finder sted på gigatonskala, er det vigtigt at anvende katalysatorer baseret på vidt tilgængelige grundstoffer for at muliggøre en bæredygtig opskalering af reduktionsprocesserne. Overgangsmetallerne i første række af det periodiske system (figur 1) hører til denne gruppe og anvendes ofte til at katalysere den elektrokemiske reduktion af CO₂, hvilket eksemplificeres i de følgende afsnit.

CO₂ som byggesten

Det første skridt mod at begrænse udledningen af CO₂ er, at gassen opsamles og isoleres effektivt fra gasblandinger. Dette kan gøres på flere måder, men den mest omkostningseffektive og færdigudviklede strategi involverer absorption i kemiske solventer [5]. Typisk anvendes vandige opløsninger af aminer, som selektivt binder CO₂’en fra forbræn-

dingsgassen, og senere vil drivhusgassen kunne frigives igen ved opvarmning. Denne teknologi er for nylig blevet implementeret på forbrændingsanlægget Amager Bakke, hvor et pilotanlæg på sigt forventes at kunne isolere 500 kt CO₂ årligt, der ellers ville være blevet udledt til atmosfæren [6].

Når den isolerede CO₂ frigives, kan den reduceres elektrokemisk eller med brint for at indgå i nye sammenhænge som kulstofkilde. Et reduktionsprodukt med mange anvendelsesmuligheder er CO, der benyttes i multimilliontons skala om året i blandt andet produktionen af eddikesyre (9,5 Mt/år) [7] og i hydroformyleringsprocessen (>12 Mt/år) [8]. Derfor er en række forskellige katalysatorer blevet udviklet med henblik på at optimere selektiviteten for denne gas. Heriblandt har jernporfyriner vist sig at være yderst effektive, og aktiviteten af disse kan tilmed forbedres ved at introducere funktionelle grupper (for eksempel hydroxyl, phenyl eller trimethylammonium) på porfyrinstrukturen (figur 2a, side 12) [9].

21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn
39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd
71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg
103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn

Figur 1. Overgangsmetallerne i det periodiske system. Første række er fremhævet, da disse generelt er af højere forekomst end de øvrige overgangsmetaller og derfor er mere rentable at anvende som katalysatormateriale.

Kuldioxid og dets anvendelse

Drivhusgassen kuldioxid (CO_2) er et meget stabilt molekyle og den drivhusgas med størst indflydelse på den globale opvarmning som følge af dets høje koncentrationer og lange levetid i atmosfæren. Årligt udledes der så meget som 30-36 Gt CO_2 på verdensplan, og der er derfor stor interesse i at nedsætte den menneskeskabte CO_2 -udledning [1]. En lovende strategi for at mindske CO_2 -udledningen involverer kombineret opsamling og anvendelse af kulstof (engelsk: carbon capture and utilization, CCU), hvor CO_2 indgår som kulstofkilde i nye forbindelser. Eksempler på disse og deres anvendelsesmuligheder er:

• Kulmonoxid (CO)

- Reaktant i Fischer-Tropsch-syntese (dannelse af kulbrinter), hydroformylering (dannelse af aldehyder) og alkoxykarbonylering (dannelse af estre) [2].

• Myresyre (HCOOH)

- Antibakterielt tilsætningsstof til dyrefoder samt pH-regulator i tekstilindustrien. Reaktant i esterificering af alkoholer og formylering af aminer. En sikker transportform af H_2 , der er en grøn energikilde [3].

• Etylen ($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$)

- Byggesten i mange polymerer, for eksempel polyethylen (plastik), polyester (tekstil) og polystyren (isolering) [4].

Eksempelvis er den ammoniumsubstituerede jernporfyrin i stand til at reducere CO_2 til CO med faradisk effektivitet (FE) på 100% [10], svarende til at al tilført strøm er blevet brugt til elektrokemisk reduktion af CO_2 til CO. En anden interessant katalysator er kobolttetraphenylporfyrin, der har lav selektivitet for CO ($\text{FE}_{\text{CO}} = 50\%$), hvis den anvendes som katalysator opløst i et organisk solvent (homogen katalyse), mens selektiviteten forbedres betragteligt ($\text{FE}_{\text{CO}} = 91\%$), når den immobiliseres på elektrodeoverfladen (heterogen katalyse) og anvendes i vandig opløsning [11]. Sådanne katalysatorer har også fundet anvendelse i et setup, hvor den elektrokemisk genererede CO anvendes direkte i en efterfølgende karbonyleringsreaktion. I det specifikke tilfælde blev en jerntetraphenylporfyrin anvendt under katalytiske betingelser med henblik på at generere højeste mulige koncentrationer af CO for at optimere udbyttet af den CO-forbrugende kemiske reaktion [12]. Figur 2b illustrerer det beskrevne system, der tilmed blev koblet til en CO_2 -absorberende reaktion, hvilket gjorde det muligt at bruge CO_2 fra atmosfærisk luft direkte som byggesten i syntesen af antidepressivt moclobemid.

Liganden bestemmer selektiviteten

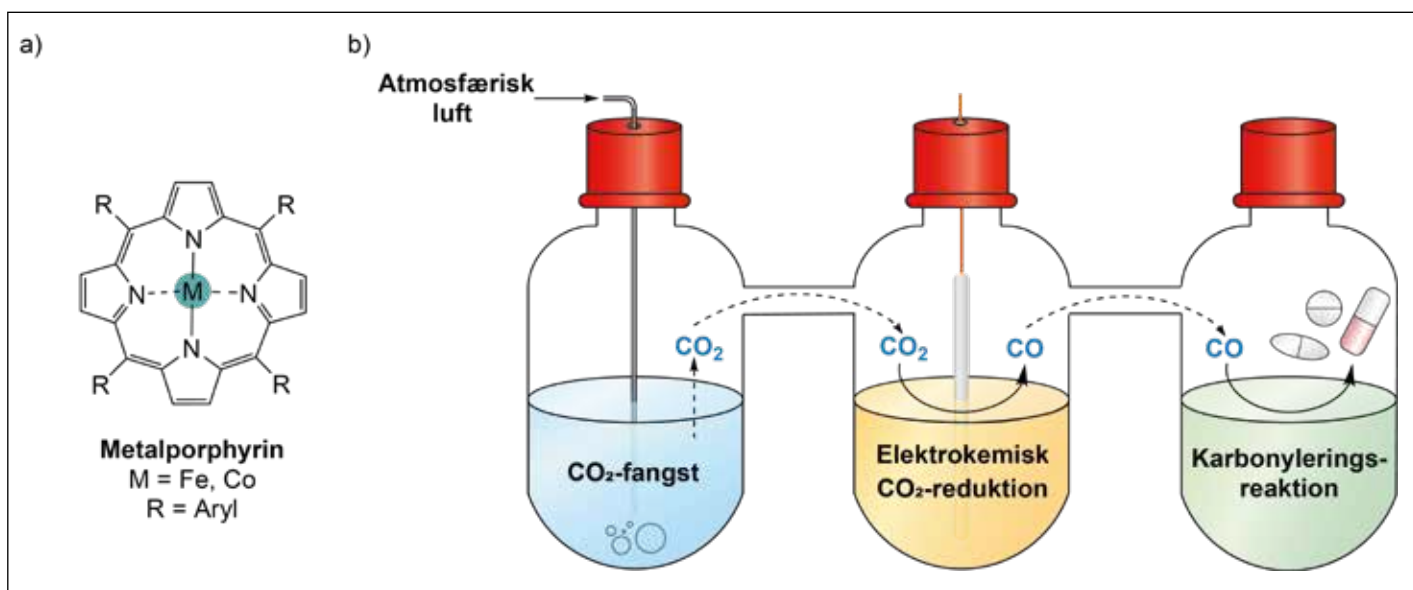
De porfyrinbaserede katalysatorer er ikke alene om at udvise høj selektivitet for CO i reduktionen af CO_2 . Mange bipyridinkomplekser har ligeledes vist sig at være effektive, hvor især rhenium og mangan har været anvendt som det katalytiske metalcenter [13,14]. Ligesom for porfyrinerne kan den katalytiske aktivitet af disse komplekser forbedres

ved at introducere funktionelle grupper på liganden, og for mangankomplekserne har introduktion af store substituerter især forøget den katalytiske aktivitet [15]. Derudover spiller de funktionelle grupper en vigtig rolle for produktselektiviteten. Således har tilstedeværelsen af aminer kunnet inducere en selektivtetsændring fra CO til HCOOH (figur 3), der årligt anvendes på kilotonskala (760 kt/år) [16,17]. Årsagen hertil er, at aminerne transporterer protoner fra elektrolytopløsningen til metalcenteret, hvilket faciliterer dannelsen af et metalhydrid, der er essentielt for dannelsen af netop HCOOH . Den bedste selektivitet for HCOOH opnås derfor, når aminerne er placeret tæt på metallet, og tilmed fungerer tertiære aminer bedre end sekundære, da sidstnævnte reagerer med CO og derved begrænser transporten af protoner.

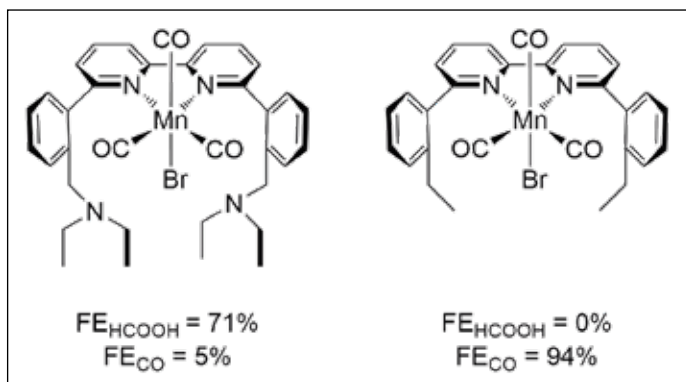
Videreudvikling af sådanne molekylære katalysatorer har store perspektiver, idet finjusteringer af strukturen muliggør avancerede processer, der ikke kan faciliteres af simple metalelektroder. Således vil de molekylære katalysatorer kunne fungere som små molekylære fabrikker, hvor der ikke alene er mulighed for at skifte mellem produkterne ved at inkorporere "on/off"-knapper i liganderne, men også at lave tandemreaktioner, altså at udføre processen i figur 2b på molekylært niveau.

Fremtidens katalysatorer

Omdannelsen af CO_2 via elektrokemisk reduktion har flere fordele. Disse processer finder typisk sted ved stuetemperatur og atmosfærisk tryk, og derudover kan den benyttede elektriske strøm nemt tages direkte fra grønne energikilder, for



Figur 2. a) Generel struktur af metalporfyriner. b) CO_2 -fangst, -reduktion og -udnyttelse til syntese af blandt andet lægemidler.



Figur 3. Bipyridinbaserede mangankatalysatorer med ligandafhængig produktselektivitet. Små mængder H_2 ($FE < 6.5\%$) blev detekteret for begge katalysatorer.

eksempel sol eller vind. Til trods for katalysatorernes mangfoldighed kræves der stadig en ambitiøs forskningsindsats, før seriøs opskalering er mulig. Typisk mister især homogene katalysatorer aktivitet over tid, og deres manglende stabilitet vanskeliggør således deres brug i industriel sammenhæng. Dog har immobilisering af molekylære katalysatorer vist sig at forøge stabiliteten betragteligt, og ved brug af porøst 3D-elektrodemateriale med stort overfladeareal vil der sandsynligvis samtidigt kunne opnås en aktivitetsforbedring ved anvendelse i et flowcelle-setup.

Derudover er effektiviteten af opsamling og isolering af CO_2 en afgørende faktor for CCU-processens succes. Selvom der allerede i dag findes sådanne anlæg, er der stadig lang vej, før CO_2 -udledningen reduceres betragteligt. Heldigvis er anvendelsesmulighederne for CO_2 mange, hvilket giver incitament for yderligere forskning. Særligt er dannelsen af ethylen interessant, da den nuværende produktionsmetode indebærer forbrænding af fossile brændsler og dermed udledning af store CO_2 -mængder. Tilmed bruges ethylen årligt i megatonskala, og en opskalering af den elektrokatalytiske ethylenproduktion, der i dag er begrænset af lav selektivitet, vil kunne reducere CO_2 -udledningen med 260 Mt/år [18]. Videreudvikling af katalysatorer til denne reduktionsreaktion vil således være et naturligt næste skridt på vej mod selektiv CO_2 -reduktion.

E-mail:

Troels Skrydstrup: ts@chem.au.dk

Referencer

- Agency, I. E. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/global-energy-and-co2-emissions-in-2020> (besøgt 6. august 2021).
- Peng, J.-B.; Geng, H.-Q.; Wu, X.-F., The Chemistry of CO: Carbonylation. *Chem* **2019**, 5, 526-552.
- Hietala, J.; Vuori, A.; Johnsson, P.; Pollari, I.; Reutemann, W.; Kieczka, H., Formic Acid. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* **2016**, 1-22.
- Wittcoff, H.A.; Reuben, B.G.; Plotkin, J.S., Chemicals and Polymers from Ethylene. In *Industrial Organic Chemicals*, Wittcoff, H. A.; Reuben, B.G.; Plotkin, J. S., Eds. John Wiley & Sons, Inc. : 2012; p 139-209.
- Cuellar-Franca, R.M.; Azapagic, A., Carbon Capture, Storage and Utilisation Technologies: A Critical Analysis and Comparison of Their Life Cycle Environmental Impacts. *J. CO₂ Util.* **2015**, 9, 82-102.
- ARC <https://a-r-c.dk/vi-fanger-den-foerste-co2-paa-amager-bakke/> (besøgt 4. august 2021).
- Cheung, H.; Tanke, R.S.; Torrence, G.P., Acetic Acid. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* **2011**.
- Börner, A.; Franke, R., *Hydroformylation: Fundamentals, Processes, and Applications in Organic Synthesis*. 2016.
- Nielsen, D.U.; Hu, X.-M.; Daasbjerg, K.; Skrydstrup, T., Chemically and electrochemically catalysed conversion of CO_2 to CO with follow-up utilization to value-added chemicals. *Nat. Catal.* **2018**, 1, 244-254.
- Azcarate, I.; Costentin, C.; Robert, M.; Saveant, J.-M., Through-Space Charge Interaction Substituent Effects in Molecular Catalysis Leading to the Design of the Most Efficient Catalyst of CO_2 -to-CO Electrochemical Conversion. *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, 138, 16639-16644.
- Hu, X.M.; Rønne, M.H.; Pedersen, S.U.; Skrydstrup, T.; Daasbjerg, K., Enhanced Catalytic Activity of Cobalt Porphyrin in CO_2 Electroreduction upon Immobilization on Carbon Materials. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, 56, 6468-6472.
- Jensen, M.T.; Rønne, M.H.; Ravn, A.K.; Juhl, R.W.; Nielsen, D.U.; Hu, X.-M.; Pedersen, S. U.; Daasbjerg, K.; Skrydstrup, T., Scalable carbon dioxide electroreduction coupled to carbonylation chemistry. *Nat. Commun.* **2017**, 8, 489.
- Hawecker, J.; Lehn, J.-M.; Ziesse, R., Electrocatalytic Reduction of Carbon Dioxide Mediated by $Re(bipy)(CO)_3Cl$ ($bipy = 2,2'$ -bipyridine). *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* **1984**, 328-330.
- Bourrez, M.; Molton, F.; Chardon-Noblat, S.; Deronzier, A., $[Mn(bipyridyl)(CO)_3Br]$: An Abundant Metal Carbonyl Complex as Efficient Electrocatalyst for CO_2 Reduction. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2011**, 50, 9903-9906.
- Sampson, M.D.; Nguyen, A.D.; Grice, K.A.; Moore, C.E.; Rheingold, A.L.; Kubiak, C.P., Manganese Catalysts with Bulky Bipyridine Ligands for the Electrocatalytic Reduction of Carbon Dioxide: Eliminating Dimerization and Altering Catalysis. *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, 136, 5460-5471.
- Rønne, M.H.; Cho, D.; Madsen, M.R.; Jakobsen, J.B.; Eom, S.; Escoudé, É.; Hammershøj, H.C.D.; Nielsen, D.U.; Pedersen, S.U.; Baik, M.-H.; Skrydstrup, T.; Daasbjerg, K., Ligand-Controlled Product Selectivity in Electrochemical Carbon Dioxide Reduction Using Manganese Bipyridine Catalysts. *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, 142, 4265-4275.
- Drury, D.J.; Updated by, S., Formic Acid. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* **2013**, 1-9.
- Tullo, A., The search for greener ethylene. *C&EN Global Enterprise* **2021**, 99, 20-22.

OTTO – DIGITAL SERVICE FRA BUSCH

OTTO overvåger dine vakuumpumper, overalt, når som helst. Se tilstanden af din proces eller vakuumpumper med vores digitale service. OTTO sender automatisk beskeder til Busch i tilfældet af forstyrrelser i din proces. **Oplev fordelene af tilstandsovervågning.**

Busch Vakuumpumpe A/S
87 88 07 77
info@busch.dk
www.buschvacuum.com

BUSCH
VACUUM SOLUTIONS

Schythes geokemiske ekspedition til Hekla 1846 (IV)

I 1846 blev Jørgen Schythe sendt på ekspedition til Island for at undersøge følgerne af vulkanudbruddet på Hekla. Lavaens sammensætning skulle udforskes, og derudover ville man gerne undersøge, om der fandtes beviser for, at vulkanen var forbundet til havet.

Af Curt Wentrup

In 1846 rejste cand.polyt. Jørgen Christian Schythe til Island. Dette skete på ordre af Kong Chr. VIII begrundet med "den særdeles Interesse det haver for Naturkyndigheden and indsamle Iagttagelser og Underretninger om det vulkanske Udbrud, som siden afvigte Efterår har fundet sted af Hekla på Island". Desuden skulle Schythe "forsyne Vore Samlinger med vulcanske Mineralier, som dette Udbrud har bragt for Dagen" [1,2]. Samtidig havde kongen inviteret "Baron Sartorius von Waltershausen [3], Göttingen, kendt for sine geologiske Undersøgelser over Etna m.m., Chemikeren Dr. Robert Bunsen [Marburg] [3] og Professor i fysiologien Carl Bergmann fra Göttingen [3] til at foretage en Reise til Island for at iagttage bemeldte vulcanske Udbrud af Hekla og sammes Virkninger saavelsom andre Naturmærkværdigheder" [4] (figur 1).

Reskripten nævnte, at det ville være

hensigtsmæssigt, at "Schythe knytter sig til disse naturkyndige ved de Undersøgelser, som foretages ved Hekla og sammes Lavaström, men da disses Foretagende ei kan bindes ved nogen Instruction fra vor Side vil det desuagtet være rigtigt at Schythe tildeles en særskilt Anviisning om hvad han fornemmelig har at iagttage, ligesom det ei heller er nødvendigt at han følger med de øvrige Herrer til Krabla eller andre Egne paa Island".

Rentekammeret udnævnte derpå Schythe til Kammerassessor. Desuden blev landskabsmaler Emanuel Larsen også beordret til Island, især for at være Schythe behjælpelig med illustrationer til hans rapport. Det blev pålagt stiftamtmand Torkild Hoppe i Reykjavik at forberede alt fornødent for de rejsende. Den franske mineralog, professor Alfred Des Cloizeaux [3], rejste til Island med et fransk krigsskib og tilsluttede sig ekspeditionen [5].

Spørgsmålet om forbindelsen til havet

Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab formulerede den nævnte *Anviisning* for Schythe ved en komité bestående af Schythes mentor, J.G. Forchhammer (professor i kemi og geognosi), Dr. Christian Pingel (mineralog og *Inspecteur* ved det Kongelige Museum for Naturvidenskaberne), og Schythes rejsefælle fra islandsrejsen 1839-40 [6] Japetus Steenstrup [7] (nu professor i zoologi). "Da intet af de islandske Vulkaners Udbrud har været iagttaget og beskrevet af Mænd, der besad speciel kundskab i de physiske og chemiske Videnskaber, og da Beskrivelserne af disse Udbrud derfor have været mindre tilfredsstillende, vil en nøiagtig Beretning om alle de ved Udbruddet stedfundne Phænomener være af den største Interesse, og ikke blot for Videnskaben" [4].

I *Anviisningen* var også det vigtige spørgsmål, om Hekla tilligemed asken



Figur 1. Fra venstre: Kong Christian VIII, Sartorius von Waltershausen, Robert Bunsen og Alfred Des Cloizeaux.



Figur 2. (a) Hekla i udbrud 2019 [15], (b) Tegning af Hekla i Schythes bog [13], muligvis ved maler Emanuel Larsen; Hekla var spaltet i to ved eruptionen i 1300.

havde opkastet *vandmasser*, og om der var afsat *kogsalt* [NaCl] ved krateret. Forchhammer troede nemlig på den gamle teori om, at vulkaner var forbundet med havet: "Hvor stor en Rolle Havvandet endnu i dette Øieblik spiller for vulkanske Udbrud på Island seer man af de *Kogsalt*masser, som Hekla har sublimeret"! [8]. Ligeledes mente Sir Humphry Davy [9]: "almost all the volcanoes in the old world of considerable magnitude are near, or at no considerable distance from the sea... and when the sea is distant, as in the volcanoes of South America, they may be supplied with water from great, subterranean lakes. And [Alexander von] Humboldt states that they throw up quantities of fish".

Men hvad Humboldt i virkeligheden sagde, var: "when the earthquakes come, which precede all eruptions of volcanoes in the Andes, and the whole mass of the mountain is shaken, the subterranean caverns at once give way, and pour out a deluge of water, fishes, and tuffaceous mud" [10]. Fisken er Andes-havkatten (*Astroblepus ubidiai*), og den bliver ikke udslynget af vulkanen selv.

Tidligere i 1772 beskrev Olafsen og Povelsen saltdannelse: "man har ogsaa strax efter nogle af Heklefældets Opsprudninger fundet en stor Mængde Salt, saa at mange Heste kunde i hast belæses dermed; hvilket synes ikke lidet at bestyrke den Formodning, at de Ild- og Vandsprudende Bjerge maa have Samfund med Havet" [11]. Og en lignende

salthistorie blev fortalt i Flatøbogen om udbruddet i 1341 [12]: "huitasalt (hvidt salt) fandtes så meget omkring hver åbning, nok til at læsse mange heste, og også brennu steini" (svovl).

I 1845 prøvede en islandsk initiativtager at sælge "saltet" til salting af fisk. Schythe udspurgte lokale folk, der sagde, at det havde en skarp og bidende smag. Schythe afviste havvandshypotesen. Han fandt ikke noget NaCl og konkluderede, at "saltet" var salmiak, NH_4Cl [13]. Faktisk har det været kendt siden oldtiden, at store mængder salmiak dannes i vulkanske udbrud, men den viden var åbenbart gået i glemme i Danmark. Bunsen forklarede dannelsen af salmiak som en følge af indvirkningen af den hede lava på organisk materiale [14].

Eruptionen

Schythe berettede, at eruptionen begyndte den 2. september 1845 omkring klokken 10, da man i Kystbygden østsyd-øst for Hekla så en dunkel sky (røgfane) over bjergene i vestnordvest ledsaget af usædvanlig bragen og dundren. Mellem kl. 11 og 12 faldt "en tæt Regn af gråliggule Scoria i Gjennemsnit af en Rævehagls størrelse. Ved middagstid var det som den mørkeste Vinternat, saa man neppe kunde see en Haand for sig og derfor maatte tænde Lys paa Gaardene. Normalt Dagslys kom ikke tilbage før kl. 15, men det større grålige Gruus vedblev at nedregne i en Times tid, så det dannede et Lag 1-2 Tommer tykt. Derefter nedfaldt et vulkansk Sand, sort af farve med en svag staaalgraa Glands, og ikke saa let som det tidligere Gruus, der kunde flyde paa Vand" (dvs. det første, grågule grus var rhyolitisk, felsisk pimpsten). Lava-eruptionen startede "ved Tusmörkets Indtrædelse, da endnu eet Drön, voldsommere end alle de foregaaende, satte baade Mennesker og Kreaturer i skræk, [da] kom Gjenskinnet af Fjeldets glødende Indre tilsyne... det var som en stedse voxende Flamme skød sig ud fra Fjeldets Top, store lysende Klippeblokke boltrede sig op og ned i dette rædselsfulde Baal, og i Aftenens Mørke saaes en ildstribet af den udstrømmende Lava langs ad Heklas vestlige Side, lige ned til Lavlandet".

Bunsens "lærde dansker"

På baggrund af sine silica-analyser konkluderede Bunsen, at de islandske bjergarter hidrørte fra to forskellige magmatiske kamre med forskelligt silica-indhold og basisitet. Forskellige eruptionsperioder havde ført til dannelsen af to slags bjergarter, den mere silica-rige, trakytiske (*felsiske*) og den



(a)



(b)



(c)

Figur 3. (a) Obsidian fra Hrafninnuhraun, (b) pimpsten fra Selsund-bækken nær ved Hekla og (c) hvidt salt (salmiak) (Schythe, 1846).

mere basiske, pyroxeniske (*mafiske*) basalt. Bunsen skrev, at hans mening blev delt med "Herrn Des-cloizeaux, dem gründlichen Mineralogen und Kenner der Isländischen Verhältnisse, und mit einem Dänischen Gelehrten von tiefer Wissenschaftlichkeit, den ein jahrelanger Aufenthalt in Island zu dem vollgültigsten Urtheil berechtigt [16]. I dårlig journalistisk stil undlod Bunsen at give navnet på den lærde dansker, men det var ikke ualmindeligt på den tid. Bunsens lærde dansker kunne imidlertid kun være J.C. Schythe, som Bunsen kendte fra Island, og Schythes undersøgelser af de vulkanske bjergarter, beskrevet nedenfor, var i overensstemmelse med Bunsens opfattelse.

Lava og pimpsten

Heklas lava er basaltisk. Bunsen målte et SiO_2 -indhold på 48 procent og klassificerede den derfor som "normal-pyroxenisk", dvs. *mafisk*. Men lys, silica-rig scoria blev udkastet i de første timer af Heklas udbrud. Schythe argu-

menterede, at Hekla ikke kunne have produceret de langt større mængder af trakytisk (*felsisk*) pimpsten, som fandtes i et stort område øst og vest for Hekla. Her førte Markar- og Rangá-floderne store mængder til havet, hvor det blev vasket op på stranden. Pimpsten af høj alder fandtes også i lag indeholdende resterne af et ældgammelt birkekrat. Han fastslog, at kilden til denne pimpsten og det trakytiske Hrafninnuhraun (navnet betyder obsidian-lavafelt), måtte være en silica-rig (*felsisk*) vulkan i øst. Det vides nu, at det er Torfajökull cirka 6 kilometer længere mod sydøst [17]. Schythes iagttagelser stemte overens med Bunsens teori om eksistensen af to magmatiske kamre, et hovedsageligt pyroxenisk, basaltisk og mere basisk (*mafisk*), som var ansvarlig for Heklas lava, og et mere trakytisk (silica-rigt, *felsisk*), som producerede for eksempel Hrafninnuhraun og Kraflas lavaer.

Nyere undersøgelser har vist, at Heklas magmatiske hovedkammer ligger på cirka 15 kilometers dybde. Det føder Heklas sprækkesværm og et mindre reservoir på 5-10 kilometers dybde. Fraktioneret krystallisation forårsager udskillelsen af silica-rig (*felsisk*) magma i toppen og mere silica-fattig (*mafisk*) magma i bunden. I en begyndende eruption bliver det silica-rige lag derfor udslynget eksplosivt og fører til nedfaldet af rhyolitisk pimpsten og aske, som snart bliver fulgt af den mere mafiske, basaltiske lava (jf. figur 4) [18].

Schythes bog om Hekla

Det femte Skandinaviske Naturforsker-møde fandt sted i København i juli 1847. Schythe var sekretær og Forchhammer præsident for den mineralogisk-geognostiske sektion [19]. Professorerne Steenstrup og Sunderval var sekretærer og professorerne Eschricht og Retzius co-præsidenter for den zoologisk-anatomiske sektion. Baron Berzelius var præsident for den Fysisk-Chymiske sektion med professorerne Svanberg og Scharling som sekretærer. Schythes bog om Hekla [13] var netop blevet udgivet. Den blev finansieret af *Rentekammerets Finants-Deputation* efter Ørstedes anbefaling [20]. Chr. VIII må have været begejstret for bogen, for han lod 30 eksemplarer trykke og fordele under mødet [21]. Bogen blev anset for det vigtigste værk om Hekla i resten af århundredet. I 1847 sendte Schythe et eksemplar til *Justitsraad* Edvard Collin (Jonas Collins søn og kommissioneret direktør i *Finants-Deputationen* [22]. Sandsynligvis havde han godkendt finansieringen.



Figur 4. (a-b) Peridotit (ultramafisk vulkansk stenart), (c) Augitisk (mafisk) lava.



Mangel på velynder og revolution stopper Schythes videnskabelige arbejde

Hekla var Schythes sidste videnskabelige arbejde af betydning i Danmark. Hvis han havde haft en velynder, som det var tilfældet for Steenstrup (Forchhammer og J.F. Schouw) og senere J.F. Johnstrup (Forchhammer), eller også H.C. Andersen (Jonas Collin), kunne dette arbejde meget tænkeligt have været brugt til en disputats eller prisopgave eller til at opnå medlemskab af Videnskabernes Selskab. Men Schythe havde ikke sådan en velynder, og i 1848 var der revolution i Danmark. Kong Chr. VIII, som havde været til stor nytte for videnskaben, og for Schythe, døde, og hans søn Fr. VII besluttede straks at gøre Danmark til et konstitutionelt monarki. Den første slesvigske krig brød ud, og en ny nationalliberal ("folkelig") regering blev etableret.

Den danske guldalder endte i 1848. Jonas Collin, som førhen havde hjulpet Schythe til vigtige opgaver, tog sin afsked i december. Den samtidige revolution og påfølgende repressive reaktion i kurfyrstendømmet Hessen foranledigede notabiliteter som for eksempel Bunsen i Marburg og Rudolf Philippi i Kassel til at søge (flygte) til henholdsvis Breslau (Preussen) og Chile. Schythe drog også til Chile i 1850, efter at han havde skrevet en novelle om situationen i Danmark i 1848 [23]. Novellen giver et indblik i hans (konservative) politiske holdning. Derom mere i næste artikel.

Jeg takker Zina Fihl, Statens Naturhistoriske Museum, for billeder af Schythes samling og tilladelse til at publicere dem.

E-mail:
Curt Wentrup: wentrup@uq.edu.au

Referencer

1. *Lovsamling for Island*, Reskript 13.3 og Resolution 23.12., 1846. https://baekur.is/bok/000195669/13/198/Lovsamling_for?language=is.
2. Jørgen Christian Schythe (1814-1877) biografier: a) S.A. Andersen: J.C. Schythe i *Dansk Biografisk Leksikon*, 3rd Ed., Gyldendal, København, 1979-84; b) O. Schythe, *Geografisk Tidsskrift* 1877, 1, 202.
3. C. Wentrup, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 1066-1081; *Angew. Chem.* 2021, 133, 1078-1095.
4. *Oversigt over det Kongelige Danske Videnskaberbes Selskabs Forhandlinger*, 1. Mai 1846.
5. Th. Thoroddsen, *Landfræðissaga Íslands*, Vol. IV, S.L. Möller, København, 1904; <http://runeberg.org/landfraed/4/>.
6. C. Wentrup, J.C. Schythe - En dansk Kemiker (Islandsrejsen), *Dansk Kemi*, 2021, 102, Nr. 3.
7. Johannes Japetus Smith Steenstrup (1813-1897) biografier: a) R. Spärck, *Japetus Steenstrup*, in V. Meisen, *Prominent Danish Scientists through the Ages*, University Library of Copenhagen 450th Anniversary, Levin & Munksgaard, København, 1932, pp. 115-119; c) Th. Thoroddsen, i *Mindeskraft i Anledning af Hundredeåret for Japetus Steenstrups Fødsel*, H.F.E. Jungersen, E. Warming, Eds., Bianco Lunos Bogtrykkeri, København, 1914, Kapitel IV.
8. G. Forchhammer, *Oversigt over det Kongelige Danske Videnskaberbes Selskabs Forhandlinger*, 1842, 43-55.
9. H. Davy, On the phenomena of volcanoes, *Phil. Trans. Roy. Soc. London* 1828, 241-251.
10. A. von Humboldt, *Kosmos, A general Survey of the Physical Phenomena of the Universe*, Vol. 1, Hippolyte Baillière, Publisher, London, 1845.
11. E. Olafsen, B. Povelsen, *Reise igennem Island*, Jonas Lindgrens, Sorø, 1772.
12. *Flateyjarbók* 1341; G. Storm, *Islandske Annaler indtil 1578*, Grøndahl & Søn, Christiania, 1888, p. 401.
13. J.C. Schythe, *Hekla og Dens Sidste Udbrud*, Bianco Lunos Bogtrykkeri, København, 1847.
14. R. Bunsen, *Poggendorffs Ann.* 1851, 83, 197-272.
15. <http://atlantbib.org/is/hekla-drottning-eldfjalanna?source=lang=da&compare=sv&page=1>.
16. R. Bunsen, *Liebigs Ann. Chem. Pharm.* 1848, 65, 70-85.
17. a) Kristján Saemundsson, Torfajökull, Iceland - A Rhyolite Volcano And Its Geothermal Resource, <https://orkustofnun.is/gogn/unu-gtp-sc/UNU-GTP-SC-10-1103.pdf>; b) <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=372050>.
18. a) T. Thordarson, G. Larsen. *J. Geodynamics* 2007, 43, 118-152; b) G. Larsen, B. G. Róbertsdóttir, B. A. Óladóttir, J. Eiríksson, *J. Quaternary Sci.* 2020, 35, 143-154.
19. *The Literary Gazette*, 1847, 626.
20. *Lovsamling for Island* 22.4.1847.
21. A. Garboe, *Geologiens Historie i Danmark*, II, Reitzel, Copenhagen, 1961.
22. Dedikation i eksemplar af Schythes bog, Antikvariat Mats Rehnström, Stockholm, Sverige, 2020.
23. J.C. Schythe, *Den politiske Skomager. Et Genrebillede fra Aaret 1848*, Chr. Steen & Søn, København, 1849.

Er syrlinger særlinge? Er de svæklinge?

Det mærkelige ord 'syrling' får det formentlig kun til at ringe hos (danske) kemikere, og de første associationer er nok salpetersyrling og hypochlorsyrling, plus måske en ubehagelig erindring om noget med at phosphorsyrling alligevel ikke er en syrling...

De uorganiske oxosyrer er nomenklaturmæssigt et stort problem. De traditionelle navne for de almindeligste af dem er meget indarbejdede, mens de traditionelle navne for de mindre kendte er besværlige at forstå og huske. Nogle af dem har været brugt om flere forskellige forbindelser. De adskillige mulige syste-

matiske navne tilkendegiver utvetydigt strukturen af forbindelserne, men føles uvante og er ikke særlig mundrette. Det ser vi på nu, men vi har kun plads til en kort version af en temmelig lang historie.

Formlerne kan skrives på flere måder. Formatet H_2SO_4 signalerer to hydroxylgrupper, der kan fraspaltes, men viser ikke konstitutionen, som bedre afspejles, hvis man skriver formelen som for en koordinationsforbindelse, altså $[S(O)_2(OH)_2]$. Den sidste form lægger også op til et regelret systematisk navn: dihydroxidodioxidosvovl (ja undskyld, 'hydroxido' kommer først alfabetisk i navnet, men

'O' kommer før 'OH' i formelen). Der kan også laves et systematisk navn, som svarer til navne i den organiske nomenklatur, nemlig ud fra stamhydridet SH_6 , som kaldes λ^6 -sulfan, fordi valensen er 6 og ikke er svovls standardvalens 2, som man kender den fra hydrogen-sulfid (= sulfan uden noget lambda). Dette formelle stamhydrid har i svovlsyre to hydroxygrupper og to oxogrupper, så det (substitutive) navn bliver dihydroxysulfandion- λ^6 -sulfandion. Fuldstændig som hvis man laver for eksempel 2,5-dihydroxycyclohexan-1,4-dion ud fra stamhydridet cyclohexan.

Traditionel formel	Traditionelt navn	Formel skrevet som koordinationsforbindelse	Koordinationsnavn	Stamhydridbaseret navn
HNO_2	salpetersyrling	$[N(O)OH]$	hydroxidooxidnitrogen	hydroxyazanon
H_3AsO_3	arsensyrling	$[As(OH)_3]$	trihydroxidoarsen	arsantriol
H_2AsHO_2	arsonsyring	$[AsH(OH)_2]$	hydridodihydroxidoarsen	arsandiol
$HAsH_2O$	arsinsyrling	$[AsH_2(OH)]$	dihydridohydroxidoarsen	arsanol
H_2SO_3	svovlsyrling	$[S(O)(OH)_2]$	dihydroxidooxidovovl	dihydroxy- λ^4 -sulfanon
$HClO_2$	chlorsyrling	$[Cl(O)OH]$	hydroxidooxidochlor	hydroxy- λ^3 -chloranon

Tabel 1. Udvalgte simple syrlinger.

Traditionel formel	Traditionelt navn/ nuværende navn	Formel skrevet som koordinationsforbindelse	Koordinationsnavn	Stamhydridbaseret navn
H_2PHO_3	phosphorsyrling/ phosphorsyre	$[PH(O)(OH)_2]$	hydridodihydroxidooxidophosphor	dihydroxy- λ^5 -phosphanon
$P(OH)_3$	phosphorsyrling	$[P(OH)_3]$	trihydroxidophosphor	phosphantriol
$H_2S_2O_5$	disvovlsyrling/ *)	$[HO(O)_2SS(O)(OH)]$	dihydroxido-1 κ O,2 κ O-trioxido-1 κ 2O,2 κ O-disvovl(S—S)	1,2-dihydroxy-1 λ^4 -disulfan-1,1,2-trion
$H_2S_2O_5$	/disvovlsyrling *)	$[HO(O)SOS(O)OH]$	μ -oxido-bis(hydroxidooxidovovl)	1,3-dihydroxy-dithioxan-1,3-dion #)
$H_2S_2O_4$	dithionsyrling **)	$[HO(O)SS(O)OH]$	bis(hydroxidooxidovovl)(S—S)	1,2-dihydroxy-disulfan-1,2-dion

*) Nomenklaturmæssigt vil man helst have di-syrerne til at være formelt dannet ved vandfraspaltning mellem en hydroxygruppe på hvert af to molekyler af syren, således at der er en oxygenbro (tænk på disvovlsyre eller disphosphorsyre med de ældre navne pyrosvovlsyre og pyrophosphorsyre). Men virkelighedens disvovlsyrling (eller i hvert fald dens virkelige salte, ingen har vist haft fingre i selve syren) har besluttet sig for at have den usymmetriske struktur med det meget besværlige koordinationsnavn vist i tabellen. Der er en reel tvetydighed her, som kun kan undgås ved brug af systematiske navne (eller passende detaljerede formler).

**) Det drilske her er, at der *ikke* er nogen thionsyrling, som er dimeriseret. Det er derimod dithionsyre, $[HO(O)_2SS(O)_2(OH)]$, der her har mistet en oxogruppe i hver ende og derved er blevet til en disyrling (som vist også kun kendes som saltene, dithioniter).

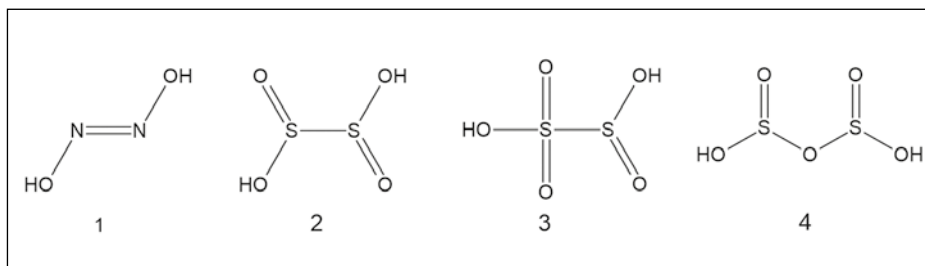
#) Stamhydridet er dithioxan, HSOSH.

Tabel 2. Drilske syrlinger. (Se figur 1 for de sidste tre.)

Tabel 1 præsenterer nogle af de simpleste syrlinger. De har alle en storesøster, nemlig en syre med en ekstra oxogruppe på centralatomet og med navnet '...syre'. Altså salpetersyre, arsensyre osv. Endelsen 'ling' betegner en diminutiv, og i disse tilfælde er syrlingen klart mindre rent molekylært end syren.

Da nærværende forfatter studerede, kunne et drilsk eksamensspørgsmål dreje sig om konstitutionen af phosphorsyrling. Man skulle gerne vide, at der er et hydrogenatom bundet direkte til phosphor, altså så strukturen er $[\text{PH}(\text{O})(\text{OH})_2]$. Men phosphorsyrling burde jo ligesom ved syrlingerne i tabel 1 være afledt af phosphorsyre ved at fjerne oxogruppen!? I dag vil man nomenklaturmæssigt derfor helst bruge 'phosphorsyrling' for $\text{P}(\text{OH})_3$ og kalde forbindelsen med det phosphorbundne hydrogenatom for phosphonsyre, jf. tabel 2. Det passer også med at kalde de organiske derivater for phosphonater (salte og estere af phosphonsyre) og phosphonsyrer (hvor det phosphorbundne hydrogenatom udskiftes med en alkyl- eller arylgruppe såsom i phenylphosphonsyre), hhv. phosphiter [salte og estere af $\text{P}(\text{OH})_3$].

Går man endnu et trin videre og fjerner to oxogrupper fra en oxosyre med navnet '...syre', kommer man til en undersyrling eller hypo...syrling. For eksempel chlorsyre $[\text{Cl}(\text{O})_2\text{OH}] \rightarrow$ chlorsyrling $[\text{Cl}(\text{O})\text{OH}] \rightarrow$ hypochlorsyrling $[\text{ClOH}]$.



Figur 1. Nogle syrlinger, der kan opfattes som tokernede komplekser: **1** = hypodisalpetersyrling (*trans*-formen vist); **2** = dithionsyrling ("kemisk"); **3** = disvovlsyrling ("kemisk"); **4** = disvovlsyrling (nomenklatur).

At syrlingerne er nogle særlinge, vil læserne vist nu være enige i. Er de også nogle svæklinge? Altså er de svagere syrer end tilsvarende syrer? Sagen er klar med rækken chlorsyre (stærk syre), chlorsyrling ($\text{p}K_a = 2.0$) og hypochlorsyrling ($\text{p}K_a = 7.5$) med hhv. to, en og ingen oxogrupper på chlor. Den tidligere phosphorsyrling ($\text{p}K_1 = 2.0$) og den tidligere hypophosphorsyrling ($\text{p}K_1 = 1.2$) er lige så stærke som phosphorsyre, men så var de jo også snarere syrer end syrlinger, som diskuteret ovenfor ($\text{p}K$ -værdier taget fra [1]). Læseren kan selv fortsætte løjerne med syrlinger af andre grundstoffer, for eksempel svovl, selen og tellur. Phosphorsyrling har i øvrigt en hvidløgagtig smag, skriver [2] (!), og hypodisalpetersyrling (som godt nok er en svag syre) kan eksplodere, skriver [1]. Særlingene er da ikke kedelige!

Det korte af det lange med syrlingerne er, at til afklaring af strukturen kan man bruge diverse systematiske navne, men de traditionelle navne er så rodfæstede med deres mærkværdigheder og tvetydigheder, at hverken IUPAC eller vi i Nomenklaturudvalget har turdet forsøge at afskaffe dem. (Der blev ikke plads denne gang til meget om saltene af syrlingerne, som er nok så interessante i praksis. Se dog figur 2 på næste side).

Syrling-navnene var i brug allerede i det 19. århundrede sammen med nu helt forladte navne som Jerntveklor og Qvægsølvforilte (se for eksempel [2]).

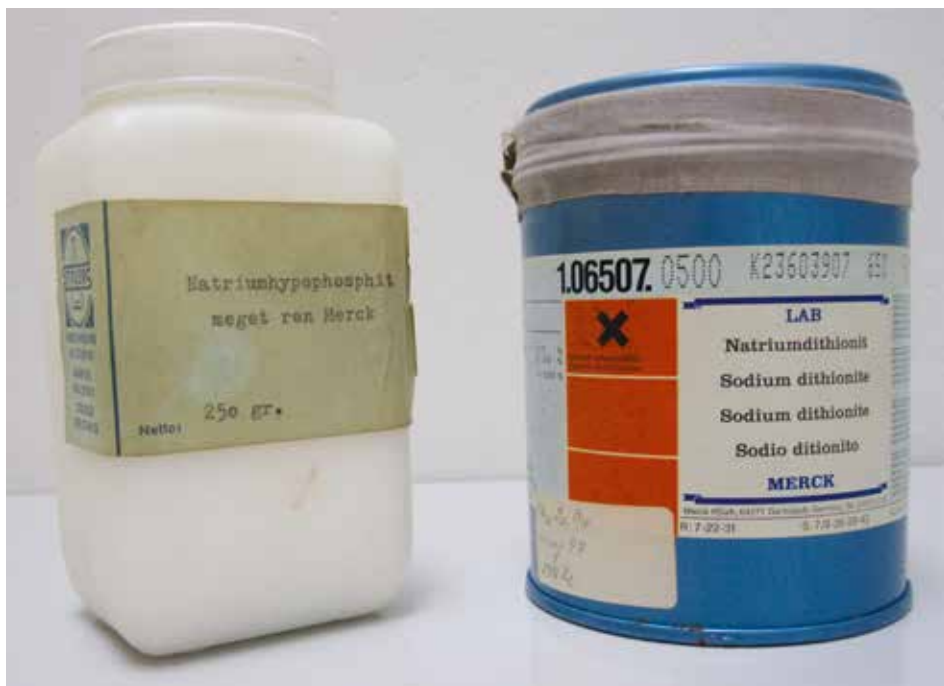
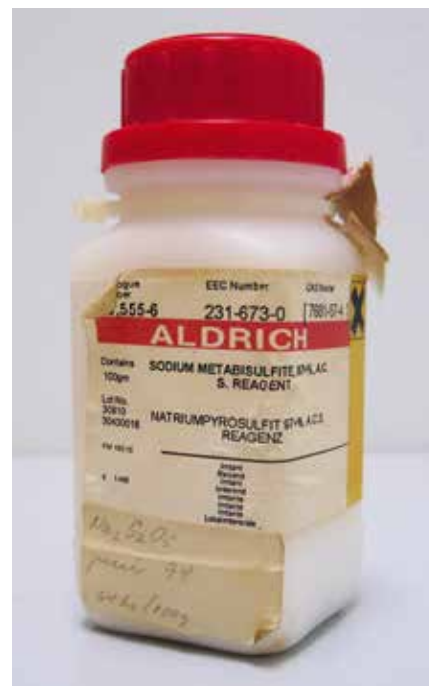
Vores nabosprog af i dag håndterer syrlingerne forskelligt; et par smagsprøver er vist i tabel 4. De engelske 'ous'-navne indikerer et lavere oxidationstrin, altså for eksempel svovl(IV) i svovlsyrling (sulfurous acid) versus svovl(VI) i svovlsyre (sulfuric acid).

Traditionel formel	Traditionelt navn	Formel skrevet som koordinationsforbindelse	Koordinationsnavn	Stamhydridbaseret navn
$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ (se Figur 1)	hypo(di) salpetersyrling *)	$[\text{HON}=\text{NOH}]$	bis(hydroxidonitrogen) (<i>N—N</i>)	diazendiol #)
$\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_5$	hypophosphorsyrling/ phosphinsyre **)	$[\text{PH}_2(\text{O})\text{OH}]$	dihydridohydroxidooxido-phosphor	hydroxy- λ^5 -phosphanon
HClO	hypochlorsyrling	$[\text{ClOH}]$	hydroxidochlor	chloranol
<p>*) Principielt refererer 'hypodi'-konstruktioner til, at to molekyler af en oxosyre er syet sammen centralatom mod centralatom med fjernelse af en hydroxygruppe på hvert af dem som i hypodiphosphorsyre, $[(\text{HO})_2(\text{O})\text{PP}(\text{O})(\text{OH})_2]$. Men her er det mere tricky, da der er dannet en dobbeltbinding, og desværre udelades 'di' ofte, så man får 'hyposalpetersyrling' som et lidt uforståeligt navn.</p> <p>**) Navnet phosphinsyre foretrækkes nu, da hypo-navnet refererer til den ældre betydning af phosphorsyrling (se ovenfor) – og i virkeligheden den tautomere struktur $[\text{PH}(\text{OH})_2]$, altså phosphonsyrling. Uha, det er indviklet. I praksis vil man formentlig stadig længe finde phosphinater, altså salte af phosphinsyre, betegnet som hypophosphiter.</p> <p>#) Stamhydridet er diazen, $\text{HN}=\text{NH}$.</p>				

Tabel 3. Udvalgte hyposyrlinger (undersyrlinger).

Sprog	Generel form	Eksempler
dansk	-syrling	salpetersyrling, svovlsyrling, chlorsyrling, hypochlorsyrling
svensk	-syrlighet	salpetersyrlighet, svavelsyrlighet, klorsyrlighet, underklorsyrlighet
engelsk	-ous acid	nitrous acid, sulfurous acid, chlorous acid, hypochlorous acid
tysk	-ige Säure	Salpetrige Säure, Schweflige Säure, Chlorige Säure, Hypochlorige Säure

Tabel 4. Syrlinger på flere sprog.



Figur 2. Syrlingerne manifesterer sig i praksis primært via deres salte. Her har vi fra venstre natriumphosphinit, dvs. natriumphosphinat med nutidens nomenklatur, jf. tabel 3; natriumdithionit (natriumsalt af dithionsyrling); samt "natriummetabisulfit", som er natriumsaltet af vores "kemiske" disvovlsyrling. Rationalet bag dette nu forældede navn er, at to molekyler "bisulfit" (= hydrogensulfit, HSO_3^-) er gået sammen under vandfraspaltning ('meta'). Samme tankegang ligger bag navnet pyrosulfit.

Nomenklaturudvalget har forsøgt at rydde op i opslagene med 'syrling' i opslagsordet eller i forklaringen i databasen på webstedet *Dansk Kemisk Nomenklatur* [3]. Prøv at søge på 'syrling' med den automatiske trunkering og flueben i 'Søg også i ordforklaringerne' og studér hittene. Hvis læserne finder mangler, er vi mere end interesserede i at høre om det.

Et mere fuldstændigt overblik over syrer og syrlinger kan man få i IUPAC's *Red Book* [4], Chapter 1-8. Men det er jo altså på engelsk.

Ture Damhus,
editor@kemisknomenklatur.dk
Nomenklaturudvalget

Referencer

1. C.E. Housecroft, A.G. Sharpe: *Inorganic Chemistry* [5th Edition, Pearson 2018].
2. C.T. Barfoed: *Lærebog i den analytiske Chemie* [2.udg., København, Gyldendal 1880].
3. <http://www.kemisknomenklatur.dk/>.
4. *Nomenclature of Inorganic Chemistry - IUPAC Recommendations 2005* [Eds. N.G. Connelly, T. Damhus, R.M. Hartshorn, A. Hutton; RSC Publishing 2005]. Tilgængelig som PDF-fil her: <https://iupac.org/what-we-do/books/redbook/>.



HUSK

Dansk Kemi kan også læses online

Få besked hver gang en ny udgave er tilgængelig.

Tilmeld dig på TechMedia.dk

Nyttig viden fra TechMedia

Krydderier fra A til Z

Anmeldt af Stig Baltzersen,
Baltzersen-vin.dk

Carl Th. Pedersen
Forord af Ole G. Mouritsen, præsident
for Det Danske Gastronomiske Akademi
Udgivelsesdato: 2021
Forlag: Turbine
Antal sider: 320

Carl Th. Pedersen var kemiker og gastronom og efterlod ved sin død i 2020 et næsten færdigt manuskript til en bog om krydderier, som kogebogsforfatter og kollega Ole G. Mouritsen har færdiggjort med denne udgivelse.

Carl Th. Pedersen har i en lang årrække været medredaktør af Gastronomisk Leksikon og var desuden i en lang årrække frem til sin død, medlem af Det Gastronomiske Akademi. Med stor interesse beskæftigede han sig med madens kemi, og han har flere udgivelser med formidling af kemi til et bredere publikum. Jeg har med glæde læst både disse andre bøger og denne "Krydderier fra A til Z".

"Krydderier fra A til Z" udkommer naturligt lige nu, hvor der er stadig stigende fokus på det grønne (veganer) køkken, hvor krydderier og krydderurter har en signifikant indflydelse på aroma og smag. Krydderierne bringer et attraktivt smagspanel til mange plantebaserede retter, som ellers har det svært i forhold til de ofte kraftigt smagende kødretter.

Bogen omhandler 66 rene og 11 blandede af de mest anvendte krydderier og krydderurter - endda et par jeg ikke kendte til. "Krydderier fra A til Z" er meget detaljerig og en virkelig flot illustreret bog. Indledningsvis beskrives krydderiernes historie, med en del informationer tilbage til oldtiden og en beskrivelse af, hvordan krydderurter blev bragt til Danmark via klostrene. Carl Th. har også sin egen lune betragtning med om, hvordan brugen af krydderier og krydderurter har flyttet rundt mellem det søde og det salte køkken.

For hver af krydderierne får vi en interessant historisk beskrivelse af krydderiets oprindelse og anvendelse gennem tiden, for eksempel at aztekerne drak kakao med tilsætning af allehånde og at Tutankhamons læge anbefalede nigellafrø mod hoste. Ligeledes beskrives krydderiernes botanik og naturlige voksesteder og hvilke dele af planten, der kan anvendes.



Alle krydderierne er smukt illustreret med fotos.

Herefter følger et afsnit, som omhandler de enkelte krydderiers anvendelse, som smagsgiver til det søde og salte køkken, som aromagivere i parfumeindustrien eller som farvestof af tekstiler osv.

Der er naturligvis også et afsnit om indholdsstoffer, hvor vi som læsere oplyses om de kemiske forbindelser. For eksempel om svovlforbindelserne i rucola, om de organiske syrer i sumak, og om de æteriske olier i timian, bare for at nævne et par eksempler.

Under hvert krydderi afsluttes afsnittet med en beskrivelse af deres medicinske anvendelse. Nogle krydderier er gode mod tømmermænd og kan forhindre mareridt, andre regulerer maven og fremmer fordøjelsen. Nogle krydderier er blevet betragtet som lægeurt. For eksempel menes kvan at have en gavnlig indflydelse på et dårligt blodomløb, og den har en lindrende virkning på bronki-

tis. En munk beskriver i det 16. århundrede, at muskatholdige salver skulle have en effekt, der kunne gøre Viagra rangen stridig.

Bagerst i bogen er der et afsnit om de mest almindelige blandingskrydderier og et meget anvendeligt leksikon, hvis man for eksempel skulle være lidt rusten i kemi eller bare mangle lidt om gloser fra for eksempel det franske køkken.

Carl Th. Pedersen har med sin sidste bog "Krydderier fra A til Z" leveret en meget relevant, velskrevet og informativ bog om krydderiernes anvendelse samt videnskabelige beskrivelse og deres oprindelse. Den vil utvivlsomt give læseren nyttig viden og inspiration i køkkenet.

Jeg vil give bogen min varmeste anbefaling.

E-mail:
Stig Baltzersen: mail@baltzersen-vin.dk

Parfume i rengøringsmidler og kosmetiske produkter

Parfumestoffer har de seneste fem år været i vælten på grund af hudallergene effekter, og Miljøstyrelsen gennemførte en screening af 42 udvalgte, hudsensibiliserende parfumestoffer. Det har stor betydning for både producenter, importører, distributører samt brugere af produkter med parfume.

Af Peter Waksman, cand.scient., miljøkemi (Økotoxikologi og Analytisk kemi), Alttox A/S

I dag er der for rengøringsmidler og kosmetik en deklareringspligt af 26 hudsensibiliserende parfumestoffer, hvis koncentrationen af disse er over 0,01% (0,001% i kosmetiske produkter som skal blive på huden). Dette krav kommer fra detergentforordningen (648/2004). Desuden skal man være opmærksom på klassificeringen i henhold til CLP-forordningen (1272/2008) af disse stoffer i produktet, fordi de, på grund af ovennævnte undersøgelse, i disse dage opdateres og kan medføre, at produkterne bliver enten ulovlige eller svære at sælge. Man skal også være opmærksom på yderligere krav for allergene parfumestoffer i opdateringen til legetøjsdirektivet, som nu inkluderer 66 hudallergene parfumestoffer.

Endelig gælder Reach-forordningen (1907/2006) også for rengøringsmidler (og kemikalier generelt), hvor der kan forekomme begrænsninger eller forbud af stoffer eller stofgrupper. Se faktaboks 1 for liste over de 26 deklareringspligtige parfumestoffer.

Screening fører til klassificering

I Miljøstyrelsens føromtalt screening af hudsensibiliserende stoffer undersøgte man relevante data fra både dyreforsøg og resultater for mennesker i forbindelse med for eksempel diagnostiske test og erfaringer fra allergiklinikker, arbejdsmiljø mv. Screeningen blev gennemført for at vurdere, om nogle af stofferne burde klassificeres som hudsensibiliserende

i kategori 1A, som er den skrappeste klassificeringskategori. I samme moment vurderes andre effekter, herunder CMR (carcinogent, mutagent eller reproduktionsskadelig) effekter af stofferne også, ligesom industrien også fremkommer med data under Reach-registreringen til støtte for klassificering af disse effekter.

På baggrund af den indledende screening blev det besluttet at foretage en nærmere vurdering af 11 af parfumestofferne. Disse stoffer er alle vurderet som humane allergener af den europæiske videnskabelige komité for forbrugerprodukter (SCCS).

For 10 af de 11 stoffer blev det vurderet, at de tilgængelige data var tilstrækkelige til at klassificere stofferne som hudsensibiliserende i kategori 1A i henhold til CLP-forordningens klassificeringskriterier for stærkt allergifremkaldende stoffer. Resultaterne af screeningsstudiet blev publiceret i marts 2016 som miljøprojekt nr. 1840.

Miljøstyrelsen har på denne baggrund igangsat udarbejdelsen af klassificeringsforslag for tre parfumestoffer (cital, geraniol og cinnamaldehyd) som stærkt allergifremkaldende. Andre lande har fremsat forslag også, så stofferne bliver omklassificeret i en lind strøm.

Mulige konsekvenser ved omklassificeringen

Rengøringsmidler og kosmetik reguleres forskelligt med hensyn til parfumestofferne. Et eksempel er HICC (CAS: 31906-04-4), som tidligt i processen blev vurderet for farligt (allergent) og blev derfor forbudt i alle kosmetiske produkter. I rengøringsmidler regule-

■ Faktaboks 1: De 26 parfumestoffer klassificeret som deklareringspligtige:

Amyl cinnamal
Benzyl alcohol
Cinnamyl alcohol
Citral
Eugenol
Hydroxycitronellal
Isoeugenol
Amylcinnamyl alcohol
Benzyl salicylate
Cinnamal
Coumarin
Geraniol
Hydroxyisohexyl 3-Cyclohexene
Carboxaldehyde
Anise alcohol
Benzyl cinnamate
Farnesol
Butylphenyl Methylpropional
Linalool
Benzyl benzoate
Citronellol
Hexyl cinnamal
Limonene
Methyl 2-Octynoate
Alpha-Isomethyl Ionone
Evernia Prunastri Extract (Oak moss)
Evernia Furfuracea Extract (Treemoss)



Foto: Pixabay

rer detergentforordningen (648/2004) og CLP (1272/2008) og en strengere klassificering af HICC fører blot til en strengere faremærkning af produktet, men ikke et forbud, medmindre det forårsager, at rengøringsproduktet bliver CMR, hvorved det ikke må sælges til private forbrugere på grund af Reach-lovgivningens bilag XVII, hvor der er en begrænsning; at man ikke må sælge CMR til private brugere.

Et eksempel på det er stoffet Lilial (CAS: 80-54-6), som senest per 1. marts 2022 er klassificeret som reproduktionsskadelig kategori 1B, og dermed skal der blot 0,3% af parfumestoffet til,

før produktet/blandingen også bliver reproduktionsskadelig 1B og dermed ulovligt at sælge til private brugere på grund af Reach-forordningens begrænsninger. Lilial er stadig en af de 26 allergener og skal derfor stadig fra 0,01% deklareres som værende i rengøringsmidlet. I kosmetiske produkter er det automatisk blevet forbudt på grund af status som CMR-stof. For at opsummere konsekvenserne:

- I rengøringsmidler vil Lilial over 0,01% skulle deklareres på etiketten under vaske- og rengøringsmiddeldeklerationen.

- I rengøringsmidler vil Lilial over 0,3% gøre produktet ulovligt at sælge til private brugere.
- I kosmetiske produkter er Lilial forbudt, så det må ikke indgå i de parfumer, som tilsættes produktet, uanset hvilken koncentrationen det forekommer i.

Parfumestofferne kan også "blot" ændre klassificering, så de bliver hudsensibiliserende kategori 1A og dermed ændres grænsen for, hvornår de fører til mærkning på etiketten. Citral (CAS: 5392-40-5) er et eksempel på en sådan ændring og vil betyde, at man skal faremærke på grund af citral med den supplerende faremærkningssætning EUH208 fra 0,01% og mærkning med faresymbol, signalord, H317 samt P-sætninger fra 0,1%.

Endelig kan parfumestoffer blive optaget med en "skæv" grænse for hudsensibilisering (specifik koncentrationsgrænse) og cinnamaldehyd (CAS: 104-55-2) er et eksempel på det. Den bliver sandsynligvis optaget med grænsen 0,02% og dermed vil ovennævnte for cinnamaldehyd være følgende:

EUH208: $0,002\% \leq C < 0,02\%$

GHS07:H317 ADVARSEL: $C \geq 0,02\%$

Og flere vil følge i fremtiden - så hold øje med opdateringerne.

E-mail:

Peter Waksman: pw@alttox.dk

Referencer

<https://mst.dk/kemi/kemikalier/saerligt-for-borgere-om-kemikalier/tema-gravid/minileksikon-kend-kemien/liste-med-deklarationspligtige-parfumestoffer/>.

De 10 stoffer miljøprojektet vurderer som hudsensibiliserende i kategori 1A i henhold til CLP-forordningens klassificeringskriterier for stærkt allergifremkaldende stoffer:

Citral, CAS: 5392-40-5

Cinnamaldehyde, CAS: 104-55-2

Cinnamyl alcohol, CAS: 104-54-1

Coumarin, CAS: 91-64-5

Eugenol, CAS: 97-53-0

Farnesol, CAS: 4602-84-0

Geraniol, CAS: 106-24-1

7-Hydroxycitronellal, CAS: 107-75-5

Methyl oct-2-ynoate, CAS: 111-12-6

Evernia prunastri, ext., CAS: 90028-68-5

Effektiv blanding af råvarer og ingredienser

Blanding, omrøring og opløsning af både væsker, faste stoffer og luftarter er vigtige processer inden for food og farma. Frema Proces har mere 30 års erfaring med at finde det helt rigtige procesudstyr til disse processer.



Optimal blanding af råvarer og ingredienser er en vigtig proces inden for food- og farmaceutisk industri.

Af Klaus Hansen, levnedsmiddelenge og journalist

Når ingredienser skal blandes, er det vigtigt, at processen forløber hurtigt og effektivt. De forskellige komponenter skal blandes ordentligt, hvad enten det drejer sig om blanding, omrøring, opløsning, dispergering eller æltning af ingredienser. Det er vigtigt at analysere blandingen nøje - og herefter vælge det procesudstyr, som matcher opgaven perfekt. Hvis ingredienserne ikke er blandet korrekt, kan det medføre forringet produktkvalitet og kassation af et helt parti. Det danske firma, Frema Proces, har specialiseret sig i blanding og omrøring og har stor erfaring i at finde den optimale blandeløsning til forskellige applikationer. Frema Proces leverer maskiner og udstyr til blanding, omrøring og

dispergering af alle slags væsker, gasser og faststoffer/pulvere.

Firmaets knowhow og samarbejde med førende leverandører af blanding-udstyr betyder, at det altid er muligt at finde den rigtige løsning på alle opgaver inden for:

- Væske/væskeblanding, omrøring og homogenholdning
- Væske/gasblanding og dispergering
- Opløsning af pulvere i væske
- Emulgering, både som batchproces og in-line
- Skånsom blanding af pulvere og andre faste stoffer
- Æltning af højviskose medier og pastaer.

Frema Proces kan levere komplette løsninger med røreværker eller high shear-mixere monteret fra toppen, siden eller bunden af tanken. Frema Proces

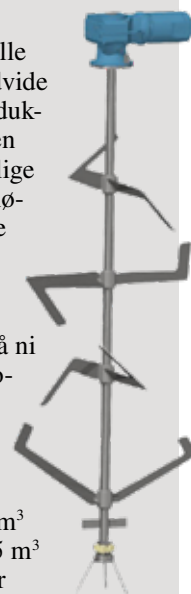
■ Casestory: Blande- og røreløsninger til Arla Foods

For et par år siden skulle Arla Foods i Hobro udvide deres kapacitet på produktionen af skyr. Opgaven blev lagt ud til forskellige rådgivere og entreprenører. Den samlede ordre gik til det rådgivende ingeniørfirma, Afry. Frema Proces fik efterfølgende en ordre på ni røreværker fra tankproducenten LP Kolding, som er en af Afrys underleverandører.

Anlægget bestod blandt andet af tre 28 m³ buffertanke og seks 35 m³ fermenteringstanke for skyr. Røreværkerne til tankene blev designet og leveret af Frema Proces. Diameteren af røreværkerne var næsten to meter og en aksellængde på knap fem meter.

Frema Proces bruger altid danske underleverandører, men står selv for design og dimensionering af røreværkerne. Disse er skræddersyet til den konkrete opgave, og materialer og finish er nøje udvalgt, så alle krav til fødevarekontaktmaterialer (FKM) er opfyldt.

Her ses et foto af røreværket til en af buffertankene hos Arla Foods.



designer også skræddersyede røreværker, der fremstilles hos en dansk underleverandør. Hvis produktionen foregår i

klassificeret område, kan Frema Proces tilbyde ATEX-godkendte røreværker og mixere, der opfylder samtlige krav i det seneste ATEX-direktiv.

Løsningen findes i samarbejde med kunden

Frema Proces arbejder tæt sammen med kunden for at finde den rigtige løsning til den konkrete opgave.

Torben Pedersen fra Frema Proces fortæller:

- Vores kunder har som regel en indgående viden om deres egen blandeproces, herunder hvornår blandingen er blevet udført perfekt. Men ofte mangler kunden viden om, hvilket blandeudstyr, for eksempel den rette type røreorgan, der sikrer en optimal og effektiv blandeproces. Med vores erfaring kan vi rådgive om, hvilket blandeudstyr der egner sig bedst til kundens behov. Det kan for ek-



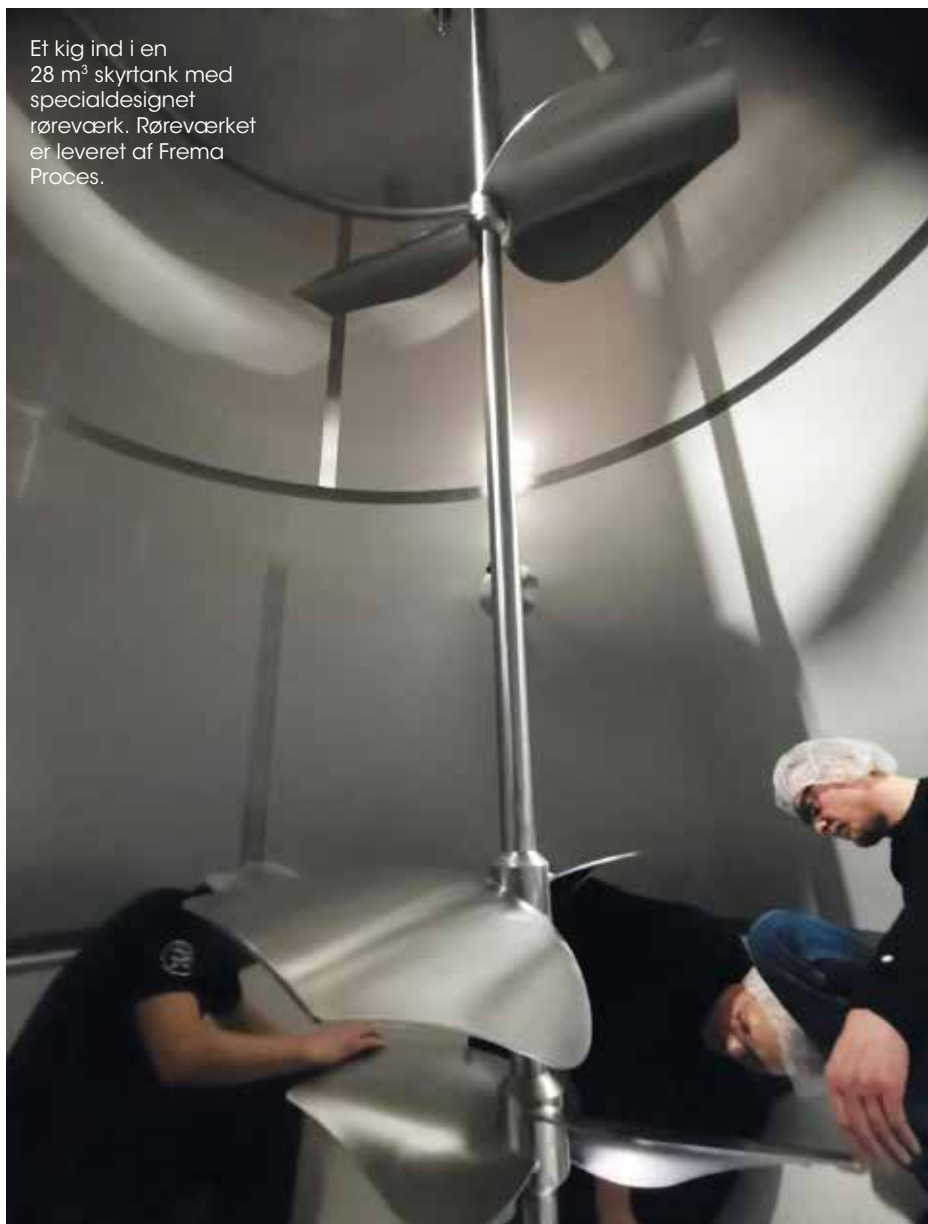
Torben Pedersen fra Frema Proces fremviser her dele til et magnetdrevet røreværk fra Kest Technology. Den særlige kombination af specielle lejematerialer (siliciumkarbid og zirkoniumoxid) eliminerer afsmitning og sikrer meget lange levetider. Ligeledes er der mulighed for drift til den sidste dråbe i tanken. Dette røreværk er udviklet med særlig fokus på virksomheder inden for farmaceutisk- og biotechindustri.

sempel dreje sig om et enkelt og simpelt røreorgan, et komplet røreværk eller et helt tankanlæg monteret med de rigtige røreværker eller mixere.

Det er vores opgave at sikre, at kunden får valgt det rigtige procesudstyr, herunder det rette materialevalg og finish for den pågældende industri. Vi kender alt til de skrappe krav, der gælder til procesudstyret i fødevarerindustrien og den farmaceutiske industri.

Frema Proces har et tæt samarbejde med nedenstående leverandører:

- Ystral GmbH: High shear-mixere og in-line mixere.
- Kest Technology: Sanitære magnetdrevne røreværker til for eksempel den farmaceutiske industri.
- Statiflo Ltd: Statiske mixere.
- Typhoon Roertechnik: Leverandør af top-, side- og bundmonterede røreværker.
- Winkworth Machinery: Maskiner til højviskose medier samt blanding af pulvere og andre faste stoffer.
- Spiroflow: Maskiner til transport og håndtering af pulvere og faststoffer.



Opsigtsvækkende gennembrud i antibiotikaforskning:

MRSA opstod i pindsvin, længe før man begyndte at bruge antibiotika

Forskere fra Statens Serum Institut (SSI) har vist, at de særlige methicillin-resistente *Staphylococcus aureus*-bakterier, også kendt som de berygtede og frygtede MRSA-bakterier, har været til stede i pindsvin, længe inden methicillin kom på markedet i 1959.

Opdagelsen af antibiotika for mere end 80 år siden har ført til store forbedringer i menneskers og dyrs sundhed. Men hver gang man har taget et nyt antibiotika i brug, har bakterierne svaret hurtigt igen ved at blive resistente. Derfor har man indtil nu regnet med, at resistens i sygdomsfremkaldende bakterier er et moderne fænomen, der er drevet af vores brug af antibiotika. Dog har det været et stort mysterium, hvordan resistens kunne opstå så hurtigt. Men nu viser et nye studie, at MRSA er vidt udbredt blandt pindsvin i adskillige vest- og centraleuropæiske lande. Det gælder blandt andet Danmark og Storbritannien samt New Zealand, hvor pindsvin kom til fra Storbritannien i sidste halvdel af 1800-tallet. Det viser sig, at bakterierne

indeholder et gen, *mecC*, der gør dem resistente overfor methicillin.

- Den høje forekomst af *mecC*-MRSA hos pindsvin er overraskende, fordi der er tale om vilde dyr, som jo ikke er udsat for antibiotikabehandling, fortæller Anders Rhod Larsen, der er daglig leder af Referencelaboratoriet for Antibiotika-resistens på SSI.

Det overraskende fund fik forskerne til at lede efter andre forklaringer på tilstedeværelsen af *mecC*-MRSA i pindsvin.

- Vi faldt over et gammelt studie fra 1960'erne. Det viste, at en særlig svamp hos pindsvin er i stand til at producere et penicillin-lignende antibiotikum, der minder meget om methicillin, siger seniorforsker Jesper Larsen fra SSI, som har ledet undersøgelsen. Han beretter endvidere:

- Vores undersøgelser viser, at svampen producerer to slags penicilliner. Tilsammen dræber de methicillin-følsomme *Staphylococcus aureus*-bakterier men ikke MRSA.

Tidligere teori om MRSA-oprindelse kan afvises

Siden *mecC*-MRSA blev beskrevet for første gang i 2011, har man troet, at bak-



terierne kom fra køer. Denne teori viser sig nu at være forkert.

- Vores studie viser, at de stammer fra pindsvin, hvorfra de bliver spredt til husdyr og mennesker, siger Jesper Larsen.

For eksempel fandt forskerne en meget højere forekomst af *mecC*-MRSA i pindsvin end i husdyr og mennesker. På samme måde kunne de vise, at bakterierne mangler nogle af de funktioner, som gør andre stafylokokker i stand til at modstå køers og menneskers immunforsvar.

Desuden var der en klar geografisk og genetisk sammenhæng mellem forekomsten af *mecC*-MRSA i pindsvin og mennesker i de forskellige lande og endda på lokalt niveau.

- Vi fandt den største forekomst af *mecC*-MRSA i pindsvin fra Danmark og Storbritannien. Det er også de lande,

Det nye gennembrydende studie er ledet af forskere fra Statens Serum Institut (SSI), University of Cambridge og Wellcome Sanger Institute og er blevet offentliggjort i det anerkendte tidsskrift Nature: Emergence of methicillin resistance predates the clinical use of antibiotics | Nature.

hvor der oftest bliver fundet mecC-MRSA i husdyr og mennesker, fortæller Jesper Larsen. Han fortsætter:

- Vi kunne også vise, at mecC-MRSA-bakterier fundet i pindsvin og mennesker fra Jylland var tæt beslægtede med hinanden, men forskellige fra dem der blev fundet på øerne. Det stemmer overens med, at pindsvin ikke vandrer så langt.

Resultaterne af det nye studie kunne rejse spørgsmålet, om vi nu skal være bange for pindsvin i vores haver? Ifølge Jesper Larsen er det korte svar nej. Mennesker får nemlig sjældent infektioner med mecC-MRSA-bakterier, selvom de har været til stede i pindsvin i mere end 200 år.

Kilde: SSI

Staphylococcus aureus producerer penicillin-bindende proteiner (PBP'er), som spiller en vigtig rolle i opbygningen af bakteriernes cellevæg. β -lactam-antibiotika binder sig til PBP'erne og forhindrer dermed dannelsen af cellevæggen, hvilket gør, at bakterierne dør. MRSA har erhvervet et ekstra gen, *mecA* eller *mecC*, der koder for enzymer, kaldet henholdsvis PBP2a og PBP2c. I modsætning til andre PBP'er binder PBP2a og PBP2c β -lactam-antibiotika med meget lav affinitet, hvilket betyder, at MRSA er i stand til at danne cellevæg, selvom de bliver udsat for β -lactam-antibiotika. *mecA* eller *mecC* giver begge resistens over for stort set alle β -lactam-antibiotika, herunder penicillin G, methicillin og cefoxitin.



Overrækkelse af prisen "Innovation in Vacuum" for 2020 (fra venstre mod højre): Dr. Karl Busch, Ayhan Busch, Oyvind Hansen Billing (General Manager, Busch Vakuumteknikk AS), Hans-Christian Felde (Procurement Director, Quantafuel ASA), Ayla Busch samt Kaya Busch.

Innovationsprisen "Innovation in Vacuum" går til Quantafuel ASA

Ved hjælp af Busch' Dolphin væskeringsvakuumpumper har Quantafuel udviklet en teknologi, der kan omdanne plastaffald til værdifulde produkter.

Busch Vacuum Solutions uddeler hvert år sin egen pris: Innovation in Vacuum. Den tildeles enkeltpersoner eller virksomheder, som finder på særligt innovative måder at anvende vakuumteknologi på, og som derved skaber gavn for mennesker og miljø. Prisen "Innovation in Vacuum" blev første gang overrakt tilbage i 2013 for at markere Busch' 50-års jubilæum.

Quantafuel har udviklet en teknologi, der er med til at løse det globale affaldsproblem. Virksomheden har sammen med andre engagerede samarbejdspartnere formået både at genbruge lavkvalitetsplast og sikre bæredygtig affaldshåndtering. Busch Vacuum Solutions er netop en af de samarbejdspartnere, der leverer den vakuumteknologi, der bruges i pyrolysen for at give plastaffald en chance for genbrug og dermed bidrage til den cirkulære økonomi. Ved at om-

danne stort set alle former for plastaffald til mere miljøvenligt brændstof og kemikalier, yder Quantafuel et væsentligt bidrag til at reducere forurening og emissioner.

Busch har hjulpet Quantafuel med at udvikle den pyrolyseproces, hvor de smelter alle former for brugt, recirkuleret plastaffald og genererer mineralolie ud af pyrolysegassen. Selve mineralolien er et resultat af smelteprocessen. Dolphin væskeringsvakuumpumper fra Busch anvendes til afgangningen under pyrolysen. Derefter komprimeres gassen, hvorefter den anvendes senere i processen ved hjælp af vakuumteknologi.

Hans-Christian Felde fra Quantafuel fik overrakt prisen under en ceremoni, der blev afholdt på Busch Vacuum Solutions' hovedkontor i Maulburg, Tyskland.

Krydderier og krydderiblandinger

Af Jens Folke, lean6sigma.eu

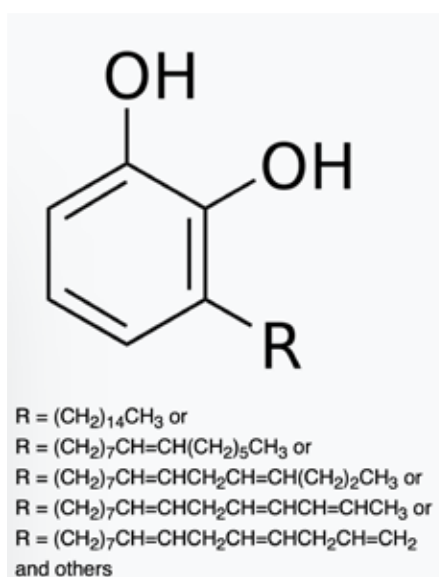
Carl Th. Pedersen var som bekendt meget interesseret i krydderier, deres historie og naturkemi, og han har publiceret mange artikler om emnet, også her i Dansk Kemi, blandt andet om peber og chilier [1,2]. Ved sin død i 2021 efterlod Carl Th. sig et omtrent færdigt manuskript til en krydderibog, som Ole G. Mouritsen har færdigredigeret til bogen "Krydderier fra A-Z" [3]. I alt 69 krydderier er gennemgået med deres historik, botanik, voksested, anvendelige plantedele, indholdsstoffer og eventuelle medicinske anvendelse.

Indeholdt i den nye bog om krydderier er et genoptryk af Carl Th.'s bidrag til de 39 krydderier, der omhandles i bogen "Krydderier og kokkerier" fra 2006 [4]. Den oprindelige bog var blevet til i et samarbejde med kokken Torsten Vildgaard, der bidrog med en mængde spændende opskrifter, som illustrerede brugen af de enkelte krydderier. Bogen havde foruden den detaljerede beskrivelse af de 39 krydderier og deres kulinariske værdi blandt andet et bilag med kemiske formler for disse krydderiers kendte indholdsstoffer - meget givende for en organisk kemiker.

I den nye bog, "Krydderier fra A-Z", er yderligere 30 krydderier taget under behandling [3], og det gør den til den mest omfattende bog om krydderier, jeg kender. Desværre er bilaget med kemiske formler for indholdsstofferne ikke genoptrykt, da det i givet fald skulle suppleres med formler for indholdsstoffer i de ekstra 30 krydderier.

Nu er det vel de færreste forundt at have 69 forskellige krydderier i skabet¹, så for en praktiker som jeg, er der heldigvis to hele kapitler om faste og flydende blandingskrydderier, der er utroligt anvendelige i køkkenet.

Går vi tilbage i gastronomiens historie til agerbrugets begyndelse for ≈10.000 år siden, kan man lidt groft inddele agerbruget i tre mere eller mindre uafhængige køkkener: Ris- og hvedekøkkenerne



Figur 1. Urushioler



¹ Silphion, som er medtaget i bogen, kendes kun fra det græske og romerske rige, men er en uddød krydderurt, så alene det forhindrer jo, at det findes på krydderihylden. Til gengæld savner jeg i bogen to almindelige krydderier, nemlig sar (bønneurt) og bukkehornsfrø, der kun er nævnt i forbindelse med karryblandingen.

fra henholdsvis Asien og Mellemøsten/Europa, og det historisk lidt yngre majs-køkken i Syd- og Mellemamerika båret frem af Maya-, Inka og Azteker-civilisationerne. Riskøkkenets krydderier var via Silkevejen kendt i Europa helt fra middelalderen, men en række krydderier fra Amerika var ikke kendt før Columbus. Det er for eksempel allehånde (myrtefam.), chili (natskyggefam.), citronverbena (jernurtfam.), rosa peber og sumak (sumakfam.), tallerkensmækker (tropæolumfam.), tonkabønner (ærteblomstfam.) og vanilje (orkidéfam.). Nogle af disse krydderier er i dag vidt udbredte i hele verden og er blevet inkorporeret i de nationale køkkener over de sidste par hundrede år. Andre er forblevet lokale i Sydamerika, og nogle er måske helt glemt med indianerkulturens undergang?

Rosa peber er her en lidt særlig størrelse. Carl Th. skriver om rosa peber, at den stammer fra sydamerikanske pebertræer, der ikke er beslægtede med peber fra Asien, men derimod er i familie med cashewnødder. Den har en behagelig, aromatisk smag, der minder om enebær og har ikke pebers skarpe smag. Rosa peber skal anvendes med måde, da den indeholder urushioler (figur 1), der er erkendte allergener og kan give hudeksem. Smagsstofferne, der giver den enebæragtige aroma, er en række terpen, såsom caren (21%), α -pinen (20%) og flere andre. Terpen er biosyntetiske derivater af isoprenenheder ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$).

Her kommer min version af "Glaserede gnaveben af god gris" med inspiration fra Vildgaards opskrift på spareribs med brug af rosa peber [4]:

Dette var Køkkenkemistens sidste artikel i Dansk Kemi. Fremover er jeg at finde med mine artikler i Food&Drink - også et blad fra TechMedia, på gensyn.

Facebook: Køkkenkemisten

Referencer

1. Carl Th. Pedersen: "Peber er allehånde; men er allehånde også peber?", Dansk Kemi 2001 (3).
2. Carl Th. Pedersen: "Capsaicin - chiliens spydspids", Dansk Kemi 2016 (1/2).
3. Carl Th. Pedersen: "Krydderier fra A til Z", Turbine 2021.
4. T. Vildgaard og Carl Th. Pedersen: "Krydderier og kokkerier", Lindhardt & Ringhof 2006.
5. Om hjemmerøgning, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2014 (12)



Glaserede gnaveben af unggris

Jeg fik her til vinteren en 30 kilo økologisk unggris hjem, som jeg parterede, og fik blandt andet et sæt gode ribs skåret fri af slaget (de inkluderede både koge- og stegeflæskstykkerne på begge midterstykker, da grisen jo var lille). De blev lagt i køleskabet i 36 timer i en lage af stoutøl, en groftrevet gulerod i tern, et lille groftrevet løg, et laurbærblad og 10 rosa peberkorn. Derefter kom det hele i en stegeso og i ovnen i 1½ time ved 150°C. Suppen blev sigtet og kogt ned til brug for glaseringen.

Glasering:

- 70 g tomatpuré
- 25 g muscovadosukker
- 10 g blommeeddike
- ½ chili
- 15 g revet ingefær
- 15 g soya
- 15 g nedkogt suppe
- 15 rosa peberkorn let knust i en morter²

Ingredienser til glaseringen minus peberkorn blev blandet og ribbenene smurt ind i denne pasta. Peberkornene kom på, lige før de blev grillet i ~20 minutter. Vildgaard foreslår dem serveret med løg, kastanjer og rugbrødstuilles. Jeg synes bedre om min egen coleslaw-opskrift med spidskål og gulerod fra [5].

De 17 verdensmål:

Det hele hænger sammen.

Kemien i verdensmålene

Som afslutning af serien om Kemien i verdensmålene er det vigtigt at se på, hvordan målene rent faktisk hænger sammen, eller sagt med andre ord: Hvad sker der i "systemet", hvis vi drejer på en af "knapperne"?

Diskussionerne om flyvning kan her tjene som bare ét illustrativt eksempel. En reduktion, eller mere drastisk et totalt stop for flyvninger, vil klart reducere den globale CO₂-udledning betydeligt. Yderligere vil det betyde, at de velkendte flystriber, der primært består af vand, der ligeledes er en effektiv drivhusgas, vil forsvinde. Det lyder umiddelbart besnærende, men det er ikke uden omkostninger, som for eksempel arbejdsløshed, reduceret økonomisk vækst (mål 8) og dermed fattigdom (mål 1) og i værste fald føre til hungersnød (mål 2) i nogle dele af verden. Lad os som en forenkling blot

■ De 17 verdensmål:

- Mål 1: Afskaf fattigdom
- Mål 2: Stop sult
- Mål 3: Sundhed og trivsel
- Mål 4: Kvalitetsuddannelse
- Mål 5: Ligestilling mellem kønnene
- Mål 6: Rent vand og sanitet
- Mål 7: Bæredygtig energi
- Mål 8: Anstændige jobs og økonomisk vækst
- Mål 9: Industri innovation og infrastruktur
- Mål 10: Mindre ulighed
- Mål 11: Bæredygtige byer og lokalsamfund
- Mål 12: Ansvarligt forbrug og produktion
- Mål 13: Klimaindsats
- Mål 14: Livet under vand
- Mål 15: Livet på land
- Mål 16: Fred, retfærdighed og stærke institutioner
- Mål 17: Partnerskaber for handling



Figur 1.
Den holistiske
tilgang til de 17 verdensmål.

se på Thailand og forstille os, at alle turistfly til landet blev stoppet. I 2016 var cirka 18 procent af Thailands BNP relateret til turisme. Mere end 38 millioner turister besøgte Thailand i 2018 og tæt på 46 procent af alle jobs i Thailand findes i servicesektoren. At fjerne alle turistfly fra Thailand efterlader et skrækszenarie, hvor både økonomien og jobsituationen vil være betydeligt berørt med stigende arbejdsløshed, øget fattigdom og muligvis hungersnød til følge.

En lille forsmag på, hvad en reduceret turisme kan afstedkomme, får vi lige for tiden (sommer 2020 og vinter 2021) ved at se på for eksempel den københavnske hotel- og restaurationsbranche, hvor de manglende turistindtægter som følge af coronakrisen er særdeles tydelige og ødelæggende for mange.

Og mere generelt vil verden som sådan lide under en reduktion i antallet af flyvninger. Det vil være skadeligt for den globale samhandel, og der er næppe

mange direktører, der vil bruge 2 x 14 dage i en sejlbad for at komme til et forretningsmøde i New York. Der kan gives mange andre eksempler på disse sammenhænge.

Sammenfattende kan det siges, at de 17 verdensmål er en sammenhængende dynamisk "organisme", som er illustreret af cirklen af tandhjul, der omkranser den velkendte verdensmål vignet, figur 1, og som man derfor er nødt til at betragte holistisk. Man kan også sige, at hvis der ikke drejes på et af hjulene, så sker der ingenting.

Som beskrevet i de foregående 17 verdensmålsbeskrivelser er der nok for kemikerne at tage fat på - i eksemplet ovenfor, for eksempel mere miljøvenlige brændstoffer.

Lars Carlsen,
lc@awarenesscenter.dk

For detaljer om verdensmålene,
se: <https://sdg-tracker.org/>



SITA SurfaSpector

Strenometer ApS præsenterer nu SurfaSpector fra Sita Messtechnik GmbH. Sita SurfaSpector er et brugervenligt instrument til hurtig og nem test af befugtningen af metal-, glas- og plastoverflader, for eksempel til kvalitetssikring efter overfladeforbehandling eller rengøring. Sita SurfaSpector kan også anvendes til test af overfladeaktivering, for eksempel efter en plasmabehandling, og mange andre områder inden for overfladeanalyse.

SurfaSpector har et praktisk sensorhoved til målinger på en lang række forskellige overflader med forskellige geometrier. Den automatiserede måleproces omfatter dråbeplacering, påvisning af dråbens fald og bestemmelse af kontaktvinklen. Målingen er berøringsfri, ikke-destruktiv og ikke giftig. Instrumentet er mobilt og fleksibelt og kan bruges uden pc, og dermed direkte på fabrikken eller i processen. Betjeningen foregår via en touchscreen.

SurfaSpector kan anvendes med den valgfri software Sita-SurfaceLog til avanceret visning og overførsel af data. Det muliggør for eksempel overvågning af grænseværdier i måleprofiler. Anvendelser for SurfaSpector er blandt andet industrier inden for overfladeteknologi, bilindustrien, maskinteknik, medicinsk teknologi, elektroteknik og rumfart.

Yderligere information:

Strenometer ApS

Tlf. 45 95 07 00

salg@strenometer.dk

Måling af viskositet ved produktion af komplekse væsker



Hvor svært kan det være? Ret svært, faktisk! Op mod 60 procent af de producerede maling-batches efterjusteres, fordi viskositeten ikke rammer plet i første forsøg. I kontinuert produktion af sæbe/vaskemidler er viskositeten en kritisk driftsparameter.

24. februar 2022, København

Læs mere: ida.dk/arrangementer/342905.

Ingeniørforeningen, IDA | Kalvebod Brygge 31-33 | 1780 København V
Tlf.: 33 18 46 34, Anne Dalgaard | website: ida.dk | e-mail: ada@ida.dk

Meget mere kemi?



Følg Dansk Kemi på Facebook



eller på Instagram

/dansk kemi.dk - @dansk kemi

Afsender: TechMedia A/S, Naverland 35, DK-2600 Glostrup

DISCOVER the RHEOMETER with the...

Sensitivity • Ease-of-use • Versatility



**WHETHER for R&D or QC, or PROCESSING
APPLICATION or END USE PERFORMANCE**



Suitable For Products From Liquids To Solids



tainstruments.com