

Dansk Kemi

Nummer 4 - August 2025 / 106. årgang

Kemisk Forening - Kemingeniørgruppen

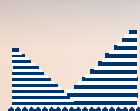
Bag om
kryolit

Grøn kemi og
genanvendelse
af plast

LabDays 2025

LabDays 2025

- trade fair for laboratory technology



AARHUS

10-11 SEPTEMBER



RAMAN PROCESS SPECTROSCOPY

Hyperflux™ Pro Plus



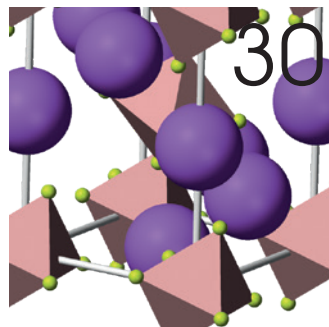
Advanced Raman PAT enhances understanding of real-time reaction monitoring, process control and quantitative analysis.

Introducing the HyperFlux™ Pro Plus: an advanced PAT Raman analyzer designed for live chemical analysis and process control with highly interpretable results. Utilizing revolutionary HTVS™ technology, it sets new standards for accuracy, efficiency, and sensitivity, surpassing conventional models. And with Tornado's powerful capabilities - including unmatched reaction monitoring, even at low concentrations, real-time tracking, impurities measurement, and kinetics analysis - it can take your lab or research environment to the next level.

- Rugged small footprint designed for easy installation, ideal for laboratory settings.
- Features a stabilized 785 nm laser with multiple laser safety interlocks and is controlled by a PC running intuitive and easy-to-use SpectralSoft software.
- 10x faster measurements allows you simpler, more cost-effective analytical process monitoring installations
- Enhanced speed, precision, sensitivity and LoD with the innovative HTVS™ technology - all while minimizing laser power usage.
- When used with the OPIS 35™ ATEX Certified Laser Safety Accessory, it can be installed in a controlled environment.
- Large probe variety to accommodate any sample or environment
- 21 CFR Part 11 compliance

For more information please visit
bruker.com/optics • tornado-spectral.com





- 1 Forside**
Fremtidens grønne kemi bør være så effektiv som muligt, så der bruges færrest mulige kemikalier og produceres mindst muligt affald. Læs om grøn kemi, affald og plast i artiklen på side 6.
Foto: Freepik.com.
- 10 Kvantealgoritmer og kemisk forståelse i åbne systemer**
En type kvantealgoritme, der bygger på en repeated interaction-model, kan bringe os nærmere realistiske kvantesimuleringer af kemiske processer.
- 14 Fra forskning i nanosikkerhed til mere sikker håndtering af nanomaterialer i arbejdsmiljøet**
Forskning i nanosikkerhed er omsat til mere sikker håndtering af nanomaterialer på arbejdspladser i Danmark.
- 19 LabDays 2025**
Læs om hvad du kan opleve på LabDays 2025, der løber af stablen den 10.-11. september i Aarhus Congress Center.

- 30 Kryolit**
Hvad er kryolit, hvorfor er det så specielt, og hvorfor er der hidtil kun fundet én større forekomst?
- 33 Chr. Hansen A/S, osteløbe og teknologispring**
Læs den fascinerende historie om virksomheden Chr. Hansen, der blev opløst som et selvstændigt selskab blot otte uger inden sin 150-års fødselsdag.
- 36 Sulfit. Sulfo. Sulfonater og sulfater. Sulfa. Sulfy. Sulfider. Sulfan**
Om svovlforbindelsernes nomenklatur og betegnelser vi støder på i hverdagen, hvor "opvaskemiddel" tidligere ofte kaldtes for Sulfo.
- 38 Foreningsnyt**

TechMedia

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

Ledelse:
Rikke Marott Schelde, CEO

Redaktion:
Professor Hanne Christine Bertram
(ansvarshavende)
hcb@techmedia.dk
Professor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbk@novozymes.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk

Redaktionskomité:
Professor Anne S. Meyer (formand)
Professor, dr. scient. Mikael Bols
Professor Morten J. Bjerrum
(Kemisk Forening)
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemiingeniørgruppen)
Lektor, civilingeniør, ph.d.
Merete Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foersom
(Næstformand, Kemilærerforeningen)
Chefkonsulent Helle Westphal
Senior Environmental Specialist,
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:
Bestilling og ændring/opsigelse
sendes til abonnement@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 2025 her!
Scan med kameraet
på din smartphone.



Uddannelser bidrager til den grønne omstilling

I denne tid er den grønne omstilling særdeles vigtig. Et af de steder, hvor der er et stort klimaaftrek, er laboratorieområdet. Her er ressourceforbruget relativt stort, men til gengæld er der mange muligheder for at indføre grønne tiltag og dermed nedbringe klimaaftrekket.

Landet over har laboratorier fokus på affaldssortering samt på at minimere forbrug af kemikalier, engangsudstyr, vand og el. Desuden er en del laboratorier blevet grønt certificerede. På tværs af landet udveksles der ideer til grønnere arbejde i laboratorierne ved erfaringsudvekslingsmøder i et grønt netværk.

Et mål om
at give de
studerende et
grønt mindset



I arbejdet med at få mere opmærksomhed på grønne tiltag kan uddannelsesinstitutionerne bidrage. Nogle af nøglepersonerne i den grønne omstilling i laboratorierne er laboranterne.

På laborantuddannelserne er der et mål om at give de studerende et grønt mindset, og at de studerende skal kunne reflektere over og imple-

mentere grønne tiltag i deres arbejde. Det er en naturlig del af deres uddannelse. Der er for eksempel grønne postere i laboratorierne, som viser, hvilket engangsudstyr der kan rengøres og genbruges. Desuden skal de studerende komme med ideer til grønne tiltag, og de bedste ideer præmieres ved grønne arrangementer. Alle studerende opfordres til at gennemføre et online grønt ambassadør-træningskursus og dermed få certifikat på, at de er grønne ambassadører. På lignende vis har alle medarbejdere gennemgået kurser i forbindelse med, at laboratorierne er blevet certificerede grønt. Kurserne sætter fokus på alle ændringer, store som små, der kan bidrage til, at laboratoriedriften bliver grønnere.

For færdiguddannede laboranter er der mulighed for at tage diplomkurser inden for miljø og grøn tankegang, hvilket har gjort, at laboranter på visse arbejdspladser nu står i spidsen for implementering af grønne tiltag.

Håbet er, at de nyuddannedes grønne færdigheder kommer til gavn for deres fremtidige arbejdspladser.

Merete Norsker Bergsøe, uddannelseskoordinator
Laborantuddannelsen, Københavns Professionshøjskole

MD Scientific Aps

www.md-scientific.dk

LabDays 2025 Aarhus - Stand nr. 12



**Gonotec
Osmomat 3000**



Tosoh Bioscience EcoSEC Elite



**Advion Interchim puriFlash
with expression**



**Riggttek Dissolution
Media Preparation Station**

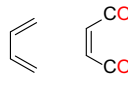
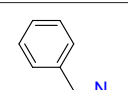
Grøn kemi, affald og plast

Grøn kemi – læren om hvordan kemi udføres bæredygtigt og sikkert – bliver kun vigtigere.

Af Christine Brænder Almstrup og Mikael Bols, Kemisk Institut, Københavns Universitet

”Grøn” kemi hentyder ikke til grønne farvede forbindelser, men til en grøn af kemien, hvor man kort fortalt forsøger at gøre kemien mere bæredygtig og ufarlig. Hvad ”grøn” kemi omfatter, blev defineret i 1990’erne af Paul Anastas og John Warner [1] med de 12 principper vist i figur 1.

Som det fremgår af figuren, har man blandt andet fokus på at mindske mængden af affald fra kemi og anvende mindre farlige kemikalier og opløsningsmidler i kemien. Skønt ”grøn” kemi altså ikke er et nyt begreb, er det kun blevet vigtigere og vigtigere siden [2]. Det skyldes, at det er blevet alment accepteret, blandt andet på grund af akkumulationen af drivhusgasser i atmosfæren med klimapåvirkninger til følge,

Reaktion	Nobelpris	Reaktionsskema	Atom-økonomi
Addition	-	$A + B \longrightarrow C \text{ (produkt)}$	100%
Substitution	-	$A + B \longrightarrow C \text{ (produkt)} + D \text{ (affald)}$	<100%
Grignard	1912	$\text{Ph}-\text{CHO} + \text{CH}_3\text{MgBr} \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} \text{Ph}-\text{CH}_2\text{OH} + \text{MgBrOH}$	50%
Diels-Alder	1950		100%
Wittig	1979	$\text{Ph}-\text{CHO} + \text{Ph}_3\text{P}=\text{CH}_2 \longrightarrow \text{Ph}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Ph}_3\text{P}=\text{O}$	27%
Klik	2022		100%

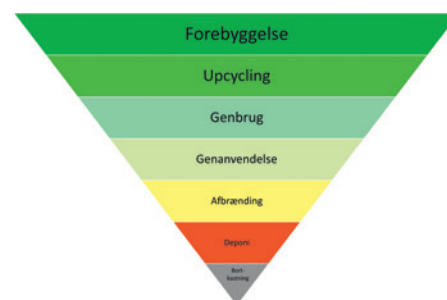
Tabel 1. Atomøkonomien for en række nyttige og berømte reaktioner.

at den nuværende menneskelige aktivitet ikke er bæredygtig.

Kemi spiller sådan en vigtig en rolle i



Figur 2. Affaldspyramiden for plast. Jo højere i pyramiden en affaldshåndterings-teknologi er, jo mere bæredygtig er den.



det moderne samfund. Det gælder i høj grad den petrokemiske industri som, udover benzin, olie og gas, leverer de fleste af de organiske kemikalier, vi anvender til fremstilling af tøj, maling, lægemidler og plast. Særligt plast og andre kemisk fremstillede materialer indgår i et utal af produkter lige fra møbler til bærbare computere og mobiltelefoner. Kemi spiller også en rolle i den grønne omstilling. Skal klimaaftrykket af det moderne samfund nedbringes, skal alle disse kemikalier gerne kunne produceres fra noget andet end olie, for eksempel fornybare råvarer som biomasse. Og man bør bruge mindre af dem for derved at forebygge affaldsproduktion.



Figur 1. De 12 principper for grøn kemi [1].



Automatisér din prøveforberedelse – med præcision og reproducerbarhed

Oplev ePrep® ONE Sample Preparation Workstation – en avanceret robotløsning der revolutionerer prøveforberedelse i kemiske laboratorier. ePrep® ONE udfører automatiserede fortyndinger, overførsler og tilsætninger med ekstrem nøjagtighed og sikrer derfor optimal gentagelsesnøjagtighed, uanset kompleksiteten i dine procedurer. For laboranter der arbejder med fundamental kemi giver ePrep® en hidtil uset kontrol over præanalytiske trin, hvor mange usikkerheder i analyser ofte opstår. Reducér fejl og spar værdifuld tid i dine daglige workflows.

Se den i aktion på LabDays 2025

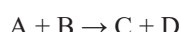
Kom forbi stand 13 og oplev ePrep-robotten live. Vi står klar til at svare på spørgsmål og vise hvordan du kan effektivisere dine analyser uden at gå på kompromis med kvaliteten. Vi holder desuden oplæg om robotten d. 10. september kl. 11:00 i Exhibitors FREE Lab Theater.



Fremtidens grønne kemi bør derfor være så effektiv som muligt, så der bruges færrest mulige kemikalier og produceres mindst muligt affald. Et vigtigt begreb i grøn kemi er atomøkonomi, angivet i tabel 1, side 6.

Atomøkonomi

En af forudsætningerne for grønne kemiske processer med lav affaldsproduktion er, at de kemiske reaktioner, der udføres, har en god atomøkonomi. Atomøkonomi er en beregning af, hvor mange af atomerne på reaktantsiden der ender i produktet i stedet for som affald eller spildprodukt. Hvis vi ser på reaktionen:



hvor A og B er reaktanterne, og C er vores ønskede produkt, så vil atomøkonomi (AØ) beregnes således:

$$AØ = \frac{\text{Molvægt C}}{\text{Molvægt A} + \text{molvægt B}} \times 100\%$$

Jo nærmere AØ er på 100 procent, jo bedre siges atomøkonomien at være. Omvendt, jo lavere procenttal atomøkonomi, jo mere affald (stoffet D) danner reaktionen. Atomøkonomien fortæller os, at visse almindelige reaktioner, som for eksempel additionsreaktioner (tabel 1, linje 1), altid vil være grønne, mens substitutionsreaktioner (tabel 1, linje 2) ofte ikke er det. Interessant er det, at vigtige kemiske reaktioner som i sin tid blev belønnet med nobelprisen, ikke nødvendigvis er særligt grønne, men kan være det. For eksempel har Wittig-reaktionen og Grignard-reaktionen (tabel 1), som er nyttige til at etablere nye carbon-carbon bindinger, en forfærdelig atomøkonomi. Til gengæld giver to andre "noble" reaktioner, klikreaktionen og Diels Alder-reaktionen så god en atomøkonomi som muligt, fordi de faktisk er additionsreaktioner.

Fremtidens kemiske processer bør ligne de sidstnævnte reaktioner. Klikreaktionen anvender ydermere katalyse, som også er et vigtigt princip i grøn kemi, fordi det giver mulighed for at forbruge færre kemikalier og derved danne mindre affald.

E-faktor

En anden parameter, der anvendes til at vurdere miljøvenligheden af kemiske processer, er den såkaldte E-faktor (står for environmental factor) [3]. E-faktor er defineret som forholdet mellem massen af det affald, der produceres, og massen af produktet

Plastikpolymer	Andel	Struktur	Monomer
Polyethylen (PE)	34%		CH ₂ =CH ₂
Polyethylen terephthalat (PET)	18%		
Polyvinylchlorid (PVC)	10%		CH ₂ =CHCl
Polystyren (PS)	5%		CH ₂ =CHPh
Polypropylen (PP)	1%		CH ₂ =CHCH ₃

Tabel 2. De mest anvendte typer af plast. Andel angiver, hvor stor en del af den totale mængde plast produceret af den pågældende polymer udgør.

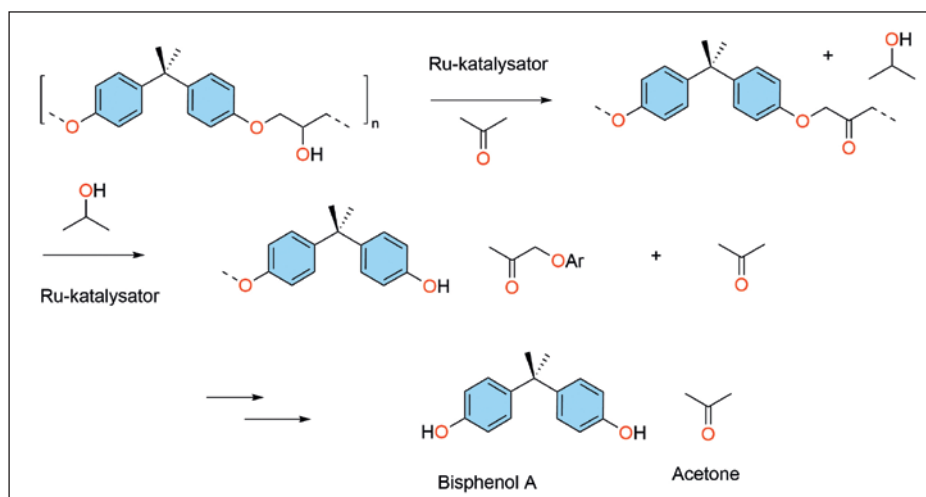
$$E\text{-faktor} = \frac{\text{Affald (i kg)}}{\text{Produkt (i kg)}}$$

Det betyder derfor, at jo lavere E-faktor, jo mindre affald producerer den, og jo mere miljøvenlig er processen som udgangspunkt. Dog med det forbehold, at miljøbelastningen af affald kan variere meget. Hvor atomøkonomien betragter kemiske reaktioner eller processer fra et teoretisk synspunkt og således ikke tager højde for effektiviteten/udbyttet eller anvendelsen af opløsningsmidler, så forholder E-faktoren sig til de faktiske forhold og udbytter i reaktionerne. En reaktion med høj atomøkonomi kan have en meget lav E-faktor, men ikke nødvendigvis. Hvis eksempelvis Diels Alder-reaktionen (tabel 1, side 6) kan foretages ved blot at blande de to reaktanter i støkiometriske mængder og giver 100 procent udbytte, så vil E-faktoren være nul, hvilket er fremragende. Men hvis man er nødt til at anvende et opløsningsmiddel, som vejer

10 gange så meget som reaktanterne, så bliver E-faktoren pludselig 10 og ikke særlig god.

Plast og affald

Et af de mest anvendte kemiske produkter er de organiske polymerer, som vi kender som plast. Den årlige produktion af plast er på 300 megaton. Skønt selve produktionen af plast har lav E-faktor og derfor fører til lidt affald, så ender det meste plast efter endt brug som affald. Af alt det plastaffald, der blev produceret i 2023, blev kun 9 procent genbrugt, 19 procent brændt af, 49 procent blev deponeret og 22 procent blev skodeslæt bortkastet. Mindre forbrug af plast, og mere genbrug af plast er klart at foretrække. Herefter er genanvendelse at foretrække, mens afbrænding, som genanvender energi, men omdanner platten til CO₂ i atmosfæren, er mindre godt, og deponi eller skodeslæt bortkastning er værre (figur 2, side 6).



Figur 3. Depolymerisering af epoxy resin efter metode af Skrydstруп og kolleger.

Ved genanvendelse vil man oftest benytte rengjort og sorteret polymer efter en simpel opvarmning og genformning – i praksis vil en sådan genanvendt plast have en lavere kvalitet på grund af urenheder. Alternativt kan man nedbryde polymeren til sine monomere byggesten og så polymerisere den til ny høj kvalitetsplast.

Ved upcycling (figur 2, side 6) konverteres monomere eller affaldsplasten til mere værdifulde produkter. En oversigt over de hyppigst anvendte plasttyper er samlet i tabel 2.

Da der bruges en bred vifte af plasttyper (tabel 2), er genanvendelse en kompliceret proces, som kræver omhyggelig sortering og rengøring. Bedst er det, hvis plasten kan recycles til monomere og så repolymeriseres. Men da de fleste plasttyper såsom PE, PP, PS og PVC fremstilles ved fri radikal polymerisering, er depolymerisering yderst vanskeligt. Kun ved polyesteren PET (tabel 2) er depolymeriseringen simpel. Derfor foregår der en rivende forskning i at finde måder at depolymerisere og upcycle plast.

Eksempelvis har John Hartvigs gruppe fra Yale vist, at man ved fiks anvendelse af en iridium-katalysator til at indføre dobbeltbindinger i polymeren og olefin metatase (en reaktion, der omfordeler alkener ved spaltning og gendannelse af carbon-carbon dobbeltbindinger) kan konvertere polyethylen til propen [4]. Da propen er monomeren, der anvendes til fremstilling af polypropylen, en mere værdifuld plast, er der tale om en upcycling af plastaffald. Tilsvarende har Troels Skrydstrups gruppe fra Aarhus Universitet fundet en metode til at depolymerisere epoxy resin til monomeren bisphenol A (figur 3) [5]. Epoxy resin er den plast, som anvendes i vindmølevinger og som efter endt brug ellers kun kan afskaffes ved deponi.

Plast er et tema, der ofte inddrages i gymnasiets kemiundervisning. Måske kan perspektiverne i grøn kemi også inddrages, hvormed man også inddrager gymnasiets formål, som indbefatter, at eleverne skal ”lære at forholde sig reflekterende og ansvarligt til deres omverden, herunder medmennesker, natur, miljø, klima og samfund, samt til deres udvikling” [6].

Denne artikel er et resume af et læringsforløb for gymnasielærere i kemi, afholdt i regi af STEM Academy Kemi i 2025.

E-mail:

Mikael Bols: bols@chem.ku.dk

Referencer

1. P. Anastas and J. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, 1998.
2. Mike Lancaster, *Green Chemistry. An introductory text*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 3rd edition., 2016.
3. R.A. Sheldon, The E factor at 30: a passion for pollution prevention, *Green Chemistry*, 2023, **25**, 1704-1728.
4. R.J. Conk, S. Hanna, J.X. Shi, J. Yang, N.R. Ciccio, L. Qi, B.J. Bloomer, S. Heuvel, T. Wills, J. Su, A.T. Bell and J.F. Hartwig, Catalytic deconstruction of waste polyethylene with ethylene to form propylene, *Science* (1979), 2022, **377**, 1561-1566.
5. A. Ahrens, A. Bonde, H. Sun, N.K. Wittig, H.C.D. Hammershøj, G.M.F. Batista, A. Sommerfeldt, S. Frølich, H. Birkedal and T. Skrydstrup, Catalytic disconnection of C–O bonds in epoxy resins and composites, *Nature*, 2023, **617**, 730-737.
6. Bekendtgørelse af lov om de gymnasiale uddannelser 2024. <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2024/1003>.

POWTECH  **TECHNOPHARM**

International Exhibition for Process Operations

**YOUR DESTINATION
FOR PROCESSING
TECHNOLOGY.**

23 – 25.9.2025 | NUREMBERG, GERMANY

Experience firsthand the latest trends and technologies
for processing powders, solids and liquids!
Take advantage of cross-industry know-how and
network for your business success.

Where industry professionals shape the future together.

powtech-technopharm.com

Together with



PARTEC

Co-located with

FACHPACK

Honorary sponsors

VDI

APV

NÜRNBERG MESSE

Kvantealgoritmer og kemisk forståelse i åbne systemer

Fra myten om den heroiske beregning til realistiske simuleringer af elektronoverførsel i åbne systemer med hukommelse.

Af Lea K. Northcote^{1,2} og Gemma C. Solomon¹

¹ Kemisk Institut og NNF Quantum Computing Programme, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

² Department of Chemistry, Massachusetts Institute of Technology

Kvantecomputere bliver ofte udråbt som løsningen på problemer, der i dag er umulige at løse i kemi og biologi. Forestillingen er fristende: At én enkelt beregning vil kunne afsløre molekylers opførsel med en hidtil uset præcision. Men sådan fungerer kemi sjældent. I modsætning til matematik og fysik, hvor en enkelt "heroisk" beregning kan føre til nye opdagelser, kræver kemi som regel mere. Her er det ofte en iterativ proces, hvor eksperimenter, teori og simuleringer arbejder sammen, guidet af en menneskelig eller kunstig procesering af data.

I et nyt studie viser vi, hvordan en særlig type kvantealgoritme, der bygger på en repeated interaction-model, kan simulere kemiske reaktioner i åbne kvantesystemer [1].

Dette bringer os et skridt nærmere realistiske kvantesimuleringer af kemiske processer. Som testcase valgte vi elektronoverførsel; en kompleks, men også velbeskrevet proces i litteraturen. Vores resultater viser, at kvantesimuleringer af kemisk dynamik med realistiske parametervalg er inden for rækkevidde, og at én beregning sjældent er nok.

Når én beregning ikke er nok

I matematik og visse former for fysik kan én beregning nogle gange ændre hele vores forståelse. Et eksempel kunne være, da Shor's algoritme viste, at kvantecomputere kan bryde moderne kryptering. I kemi opstår forståelse sjældent ud fra ét resultat, men gennem samspil mellem mange typer af data, hvor mønstre og sammenhænge gradvist træder frem.



Foto: Wikimedia

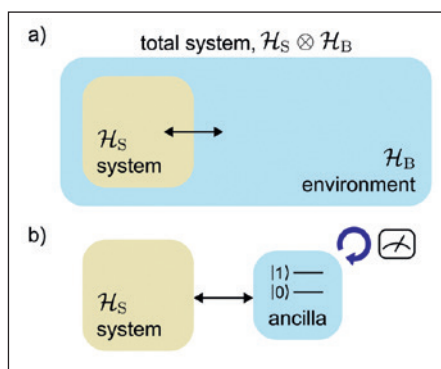
Kemiske systemer involverer ofte mange frihedsgrader, og modellerne lader sig derfor sjældent koge ned til en enkelt ligning uden grove approksimationer. Disse approksimationer er uundgåelige, når vi tager et kemisk

problem og gør det til et beregningsbart problem. Desuden findes der tit ikke én entydig struktur eller metode til at løse problemet med. Tværtimod kan der være flere mulige løsninger, eller løsningen kan være en kombination af disse.

Disse uundgåelige approksimationer betyder, at selv hvis en kvantecomputer i fremtiden kan løse alle problemer inden for matematik og fysik, er det ikke givet, at den også kan løse alle problemer i kemi eller biologi. Vidensdannelsen i disse felter er fundamentalt forskellig. Omvendt bør vi heller ikke vurdere kvantealgoritmer og computere på, om de kan løse én specifik opgave hurtigere end klassiske metoder. I stedet bør vi se dem som et nyt værktøj i den kemiske værktøjskasse. Et værktøj, der kan bidrage med nye resultater, men måske endnu vigtigere, inspirere til nye måder at tænke og analysere kemiske problemstillinger på.

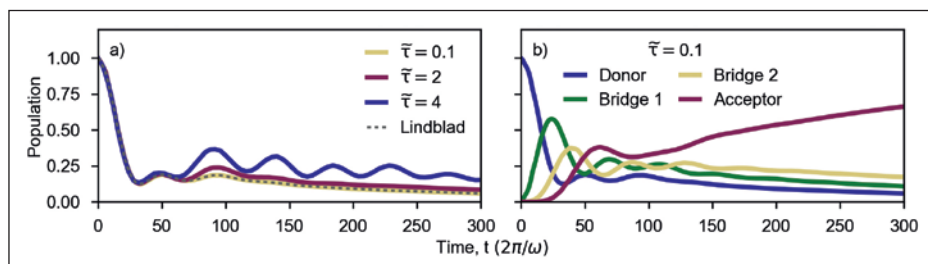
En kvantealgoritme til åbne kvantesystemer

Mens de fleste kvantekemiske simuleringer på kvantecomputere har fokuseret på at beregne energiniveauer i lukkede systemer, har vi i vores studie vendt blikket mod noget andet: Vi har valgt at studere åbne kvantesystemer, hvor miljøet spiller en aktiv rolle i dynamikken. At simu-



Figur 1. Illustration af, hvordan en generel model for et åbent kvantesystem kan modelleres med repeated interactions.

a) Et åbent kvantesystem beskrives som et delsystem H_S , der interagerer med et miljø H_B . Det totale system er tensorproduktet af de to systemer og dynamikken er typisk ikke-unitær, set fra systemets synspunkt. b) I repeated interaction-modellen simuleres miljøet med en enkelt ancilla qubit, som systemet interagerer med. Ancillaen måles og nulstilles derved efter hver iteration, hvilket skaber en ikke-unitær effekt på systemet.



Figur 2. Simuleret dynamik i et donor-bro-acceptor-system. Populationen flytter sig trinvist fra donor til acceptor via to mellemliggende tilstande. Det ses, at elektronens trinvis bevægelse fra donor til acceptor via broerne fanges af repeated interaction-modellen.

lere åbne kvantesystemer er generelt en udfordring, da problemerne ofte kræver så store matricer, at klassiske computere har svært ved at håndtere dem.

Men hvad betyder det egentlig, at et kvantesystem er åbent set fra et kemisk perspektiv? I modsætning til lukkede systemer er åbne kvantesystemer påvirket af deres miljø. Et klassisk eksempel er en elektron, der skal hoppe fra ét molekyle til et andet i et solvent. Her spiller solventet en aktiv rolle i dynamikken. Det kan give og tage energi, skabe vibrationer og introducere støj. Disse interaktioner kan være afgørende for, om og hvordan elektronen hopper videre. Hvis miljøet ovenikøbet "husker"

tidligere tilstande i systemet, kalder man dynamikken for ikke-Markoviansk. Sådanne hukommelseffekter er særligt svære at simulere, men forekommer i mange vigtige kemiske og biologiske systemer, som for eksempel elektronoverførsel i fotosyntese og enzymer og ladningstransport i organiske materialer.

Det er netop her, kvantecomputere har et særligt potentiale. En kvantecomputer er i sig selv et kvantesystem, og idéen om at bruge den til at simulere andre kvantesystemer er god. Men i oversættelsen af de klassiske algoritmer til kvantealgoritmer opstår der et nyt problem. Kvantecomputere arbejder med lukkede, unitære operationer, mens åbne

kvantesystemer også har ikke-unitær dynamik. Og i kemi er det netop ofte den ikke-unitære dynamik, såsom støj, varmetab og kobling til solvent, der styrer dynamikken. Derfor er det vigtigt at udvikle kvantealgoritmer, der kan simulere ikke-unitær dynamik.

I vores nylige studie præsenterer vi en digital kvantealgoritme baseret på en repeated interaction-model. I metoden lader man systemet, man er interesseret i, interagere flere gange med en ekstra såkaldt ancilla qubit, som nulstilles og måles mellem hver interaktion. På den måde kan man indbygge ikke-unitær, irreversibel dynamik i en ellers unitær kvantesimulering, se figur 1. Metoden er fleksibel og kan simulere flere parameterregimer og systemtyper. Den kræver ikke brede kredsløb og er naturlig modstandsdygtig over for trotteriseringsfejl. Disse er alle vigtige egenskaber for en anvendelig samt implementerbar dynamikalgoritme til en kvantecomputer.

Elektronoverførsel som testcase

Som testcase anvendte vi elektronoverførsel; en reaktionstype, der er central i både kemiske og biologiske systemer, og som samtidig er veldokumenteret

LAB AUTOMATION YOU CAN RELY ON.

Powered by Tecan.

**DISCOVER HOW
TECAN CAN
TRANSFORM
YOUR LAB.**

Learn more:

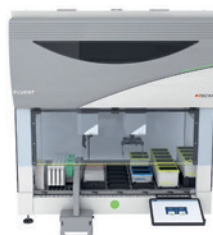
Simplify your path to innovation with Tecan automation solutions.

Our innovative technologies increase throughput and bring improved efficiency and safety to almost any laboratory process.



Veya*

Tecan's latest liquid handling platform that streamlines multiomics workflows with predeveloped scripts for quick setup, delivering efficient, consistent automation for both research and clinical labs.



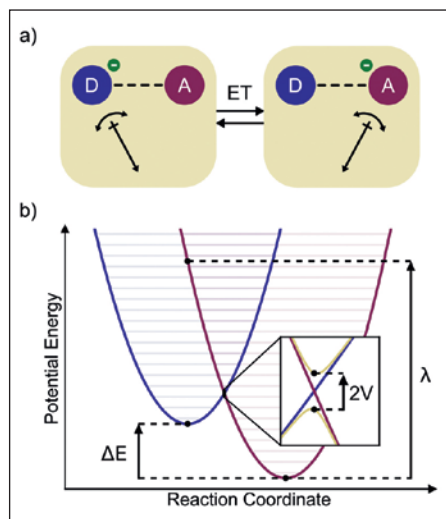
Fluent*

Tecan has reshaped liquid handling and lab automation with Fluent, a powerful instrumentation concept offering flexible workstation capacities, robotics, and application options to meet your lab's specific needs.

Don't settle. Step up. Contact us at: +46 8 7503940 · info-dk@tecan.com

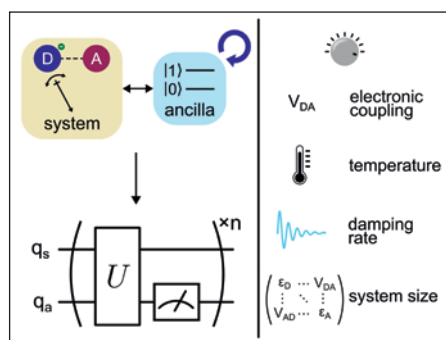
© 2025 Tecan Trading AG, Switzerland, all rights reserved. For disclaimer and trademarks please visit www.tecan.com



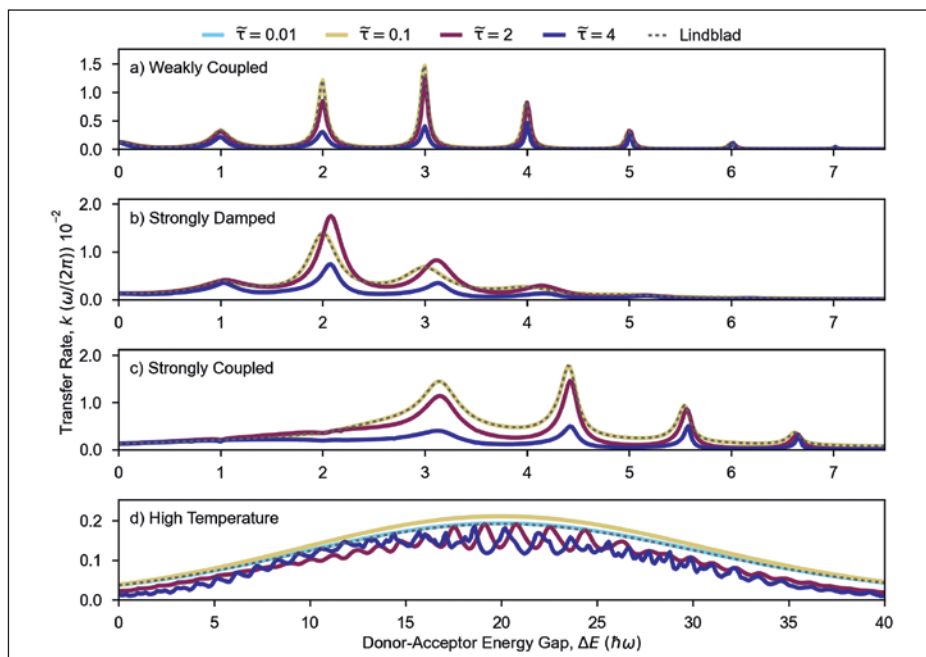


Figur 3. Visualisering af reaktionskoordinatmodellen for elektronoverførsel. De diabatiske potentialer (blå og rød linje) for donor og acceptor kobles via en harmonisk oscillator, også kaldet et reaktionskoordinat. Denne model danner det teoretiske grundlag for hele studiet, og det er denne opsætning af systemet, som introducerer ikke-Markoviansk dynamik i simuleringerne.

både eksperimentelt og teoretisk. I vores simuleringer modellerede vi både simple donor-acceptor-systemer og mere komplekse donor-bro-acceptor-systemer, hvor elektronen bevæger sig i trin via mellemiggende tilstande (figur 2, side 11). Ikke-Markoviansk dynamik blev indbygget i modellen ved at koble det elektroniske system til en harmonisk oscillator, også kaldet et reaktionskoordinat, der fungerer som en hukommelseskana for miljøet. Det gør det muligt at simulere solventens rolle og verificere, at hukommelsen bevares over tid, se figur 3.



Figur 4. Vores metode til at indbygge ikke-unitær dynamik i en kvantealgoritme baseret på repeated interaction-modellen. Et acceptor-donor system kobles til en ancilla qubit, som nulstilles ved at blive målt ved hver iteration. Parametre som elektronisk koblingsstyrke, temperatur, dæmpning og systemstørrelse kan systematisk varieres. Nederst til venstre ses en generel oversættelse af algoritmen til et kvantekredsløb, som på sigt skal udskrives og implementeres på en kvantecomputer.



Figur 5. Elektronoverførselsrater som funktion af energiforskellen mellem donor og acceptor. Figuren viser, at modellen genskaber forventet resonantadfærd samt Marcus' inverterede region ved høje energiforskel i et højtemperatursystem. De forskellige farver repræsenterer forskellige valg af interaktionsvarighed mellem systemets qubits og den interagerende qubit.

Fra modeller til molekyler

Det særligt interessante ved vores metode er, at den ikke er begrænset til ét sæt parametre og derved en klasse af systemer. Vi testede algoritmen på flere forskellige parametersæt: Stærk versus svag kobling, lav versus høj temperatur, og lav versus høj dæmpning, se figur 4. I alle tilfælde kunne vi reproducere Lindblad-dynamik, som er en meget udbredt model for dynamik af åbne kvantesystemer, med små fejl og på få iterationer.

Metoden viste sig at skalere godt for højtemperaturregimer, hvilket betyder, at den potentielt kan bruges på en bred vifte af systemtyper, se figur 5. Et andet stort plus ved metoden er, at vi undgår diagonalisering, som oftest er nødvendigt i andre algoritmer, hvilket gør metoden mere skalerbar.

Selvom resultaterne er lovende, ved vi endnu ikke, om simuleringerne vil være hurtigere eller mere præcise, når de bliver overført til en kvantecomputer. Derudover løser studiet ikke et ukendt problem, men udbygger en metode, der kan blive vigtig i fremtidens kvantekemi. Ligesom kvantecomputeren næppe bliver en tryllestav, er vores algoritme blot ét redskab blandt flere i kemikerens værktøjskasse. I dag kombinerer vi for eksempel DFT-beregninger med molekylær dynamiksimuleringer samt eksperimentelle data, og på sigt kan kvantesimulering blive en naturlig del af fremtidens workflow. Og det kan

potentielt blive et meget vigtigt værktøj, når vi arbejder med systemer, der er åbne, dynamiske, og som bliver påvirkede af deres miljø.

Konklusion: Kvantecomputeren som kemikerens kollega

Målet med artiklen var ikke at løse et kemisk problem, men at undersøge, om kvantealgoritmer kan genskabe kendte løsninger. Repeated interaction-modellen tilbyder en realistisk, programmerbar metode til simulering af åbne systemer. På sigt kan kvanteputer blive en kollega, der hjælper os med at se længere ind i molekylernes verden, enten gennem konkrete resultater, eller ved at inspirere til nye idéer. Ved at fokusere på, hvordan kvantealgoritmer kan supplere og forbedre nuværende metoder, kan vi bevæge os væk fra forestillingen om den heroiske beregning og i stedet fremme en mere realistisk og effektiv tilgang til kemisk forståelse.

E-mail:

Lea K. Northcote:
l.northcote@chem.ku.dk
Gemma C. Solomon:
gsolomon@chem.ku.dk

Referencer

1. Lea K. Northcote, Matthew S. Teynor, Gemma C. Solomon; Repeated interaction scheme for the quantum simulation of non-Markovian electron transfer dynamics. *J. Chem. Phys.* 14 June 2025; 162 (22): 224112. <https://doi.org/10.1063/5.0268071>.

Kompakt Biocontroller med power

CultiXcell har reduceret størrelsen på CultiController til **1/3-del!**

Fuldt digital biocontroller til glas, stål og single-use med alle finesser og nye funktioner til batch, fed-batch og perfusion i 1-kanals til 4-kanals tower.

Oplev de nye muligheder, få fleksibilitet og forbedringer med CultiController!



Optimering af bioprocesser med avancerede og brugervenlige løsninger.

Thermo
SCIENTIFIC

MS for fermenter offgas måling
Måler O_2 + CO_2 og alle metabolitter online med flow fra 2 ml/min og op. Tilslut 32 mikro-fermentere, rystekolber og op til m^3 -skala til den samme MS.

ABER
TRUSTED TECHNOLOGY

Viable Cell Density og OD
Online celledensitetsmåling af alle typer celler i alle slags fermenteringer og cellekultiveringer.

4Bio  **Cell**

Mest avancerede celletæller
Indbygget fortynding giver den bedst mulige præcision. Klar til Trypanblå-fri måling. Aftal en test af CellCount Pro!



CultiXcell

B I O T E C H E X C E L L E N C E

CultiXcell A/S Web: www.cultixcell.com Mail: mail@cultixcell.com Telefon: 7174 5811

Fra forskning i nanosikkerhed til mere sikker håndtering af nanomaterialer i arbejdsmiljøet

NFA har udgivet en videnskabelig artikel om NFA's samfundsmaessige aftryk på kemiområdet. Den beskriver, hvordan forskning i nanosikkerhed er omsat til mere sikker håndtering af nanomaterialer på arbejdspladser i Danmark. Det skete i tæt dialog mellem forskere, Arbejdstilsynet og arbejdsmarkedets parter.

Af Ulla Vogel, Keld Alstrup Jensen, Anne Thoustrup Saber, Niels Hadrup, Maria Helena Guerra Andersen, Karin Sørig Hougaard, Nicklas Raun Jacobsen og Ole Henning Sørensen, Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø

I 00'erne blev nanoteknologi anset for at være det nye vækst- og innovationspotentiale i Danmark og resten af Europa [1,2,3]. Nanoteknologi er forskning, design, produktion og brug af strukturer, enheder og systemer, der udnytter atomer, molekyler og materialer i nanostørrelse. 1 nm er en milliontedel af en millimeter. Nanoteknologi omfatter overflader med nanostruktur og partikler, plader og fibre i nanostørrelse, tilsammen kaldet nanomaterialer [2]. Nanoteknologi er anset for at være en "key enabling technology" for udvikling af ny teknologi [4,5,6]. Den dækker mange anvendelsesområder [4], blandt andet industrielle høj-tonnage materialer (for eksempel pigmenter) og mere avancerede materialer til sensorteknologi og medicin.

Forskere rejste tidligt bekymring om, at brug af nanomaterialer, der kunne involvere udsættelse for partikler i nanostørrelse, kunne udgøre en risiko for arbejdstagernes helbred på linje med for eksempel asbest og luftforurening

[7,8,9]. Det kemiske arbejdsmiljø er hovedsageligt reguleret via Arbejdsmiljølovgivningen og overordnet af EU, blandt andet via CLP-forordningen og REACH – European Registration, Evaluation, Authorisation, and Restriction of Chemical substances.

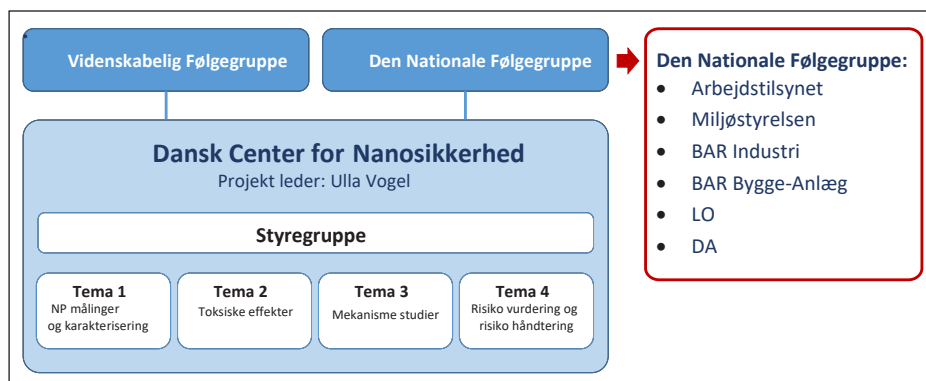
Denne artikel, og den videnskabelige artikel i Societal Impact [10], beskriver, hvordan Dansk Center For Nanosikkerhed, bevilget efter et særopslag i Arbejdsmiljøforskningsfonden, via forskning, har bidraget til et mere sikkert arbejdsmiljø. Det lykkedes gennem tæt samarbejde med myndigheder og arbejdsmarkedets parter [11]. Dansk Center for Nanosikkerhed blev finansieret af 30 millioner

kroner fra Arbejdsmiljøforskningsfonden 2012-2015.

Projektet havde til formål at hjælpe arbejdstagere i Danmark til at håndtere nanomaterialer sikkert i arbejdsmiljøet gennem:

- Bedre vurdering af eksponering
- Bedre undersøgelser af de skadelige helbredseffekter
- Bedre kendskab til de underliggende toksikologiske mekanismer
- Bedre modeller for risikovurdering og risikohåndtering.

Dansk Center for Nanosikkerhed bestod af forskere fra Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, DTU Food, DTU Miljø, DTU Nanotech, Dan-



Figur 1. Dansk Center for Nanosikkerhed.

marks Tekniske Universitet, Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet, Institut for Fysik, Kemi og Pharmaci, Syddansk Universitet samt Teknologisk Institut. Projektdiagrammet for Dansk Center for Nanosikkerhed er vist i figur 1.

Interessentinddragelse som middel til at opnå samfundsmæssigt aftryk

Projektet havde to følgegrupper; en videnskabelig og en national. Den videnskabelige følgegruppe bestod af tre internationalt anerkendte forskere inden for nanosikkerhed. De mødtes med alle projektdeltagere en gang om året.

Den Nationale Følgegruppe bestod af repræsentanter fra Arbejdstilsynet, Miljøstyrelsen, LO (som nu hedder FH), Dansk Industri, BAR Industri (nu BFA Industri), BAR Bygge & Anlæg (nu BFA Bygge & Anlæg). Der blev afholdt møder med den Nationale Følgegruppe to gange årligt back-to-back med et offentligt temamøde om et emne inden for nanosikkerhed. Temamøderne og efterfølgende diskussioner bidrog til, at alle parter fik et forskningsbaseret vi-

densgrundlag at handle ud fra. Dialogen med den Nationale Følgegruppe var helt essentiel i forhold til at skabe et samfundsmæssigt aftryk af forskningen.

Vi har videreført denne model på kemiområdet i både Dansk Center for Nanosikkerhed 2 og Forøget Fokus på Forskning i Kemisk Arbejds miljø (FFI-KA) 1 og 2. Vi har nu 13 organisationer, der repræsenterer arbejdsmarkedets parter, i Den Nationale Følgegruppe.

Parallelt med Dansk Center for Nanosikkerhed deltog NFA i flere end 20 EU-projekter relateret til nanosikkerhed (under FP7 og H2020) og i aktiviteter i "Working Party on Manufactured Nanomaterials" under Organisationen for Økonomisk Samarbejde og Udvikling (OECD). Dette muliggjorde tæt interaktion med førende internationale forskere inden for nanosikkerhed og sikrede en direkte dialog med europæiske og andre internationale regulatoriske autoriteter. Dette internationale samarbejde styrkede også troværdigheden i forhold til de danske interessenter. Figur 2 på næste side viser en model for mulige virkningsveje for samfundsmæssigt aftryk på internationalt og nationalt niveau.

I 2014 udførte forskere fra NFA en overordnet risikovurdering ved erhvervsmæssig udsættelse for nanomaterialer i Danmark. Den baserede sig på videnskabelig evidens og eksponeringsmålinger på arbejdspladser i Danmark. Forskerne konkluderede, at der var evidens for, at det er farligere at indånde nanopartikler end større partikler med samme kemisk sammensætning [8,12,13,14,15]. Eksponeringsmålinger viste desuden, at danske arbejdstagere var udsat for nanomaterialer og nanopartikler på arbejdet [16]. Den overordnede konklusion var, at eksponeringsniveauerne i Danmark potentielt kunne udgøre en helbredsrisiko, baseret på de foreslåede risikovurderinger af ultrafint TiO_2 og kulstof-nanorør offentliggjort af National Institute of Occupational Safety and Health, USA (NIOSH) [16,17].

Forud for dette arbejde havde arbejdsmarkedets parter i Holland, Tyskland og Finland frivilligt tilsluttet sig brugen af Nano Reference Values [18], dvs. "ikke-sundhedsbaserede grænseværdier for nanomaterialer". I Holland havde det nationale Arbejds miljøråd spillet en central rolle i forhandlingerne om Nano

LabDays 2025

- trade fair for laboratory technology

AARHUS 10-11 SEPTEMBER



PRINT FREE
ENTRANCE CARD

labdays.dk



Reference Values [19]. NFA drøftede den hollandske proces med den Nationale Følgegruppe. Medlemmerne i Følgegruppen formidlede efterfølgende, at Arbejdsmiljørådet tog problematikken om nanosikkerhed op.

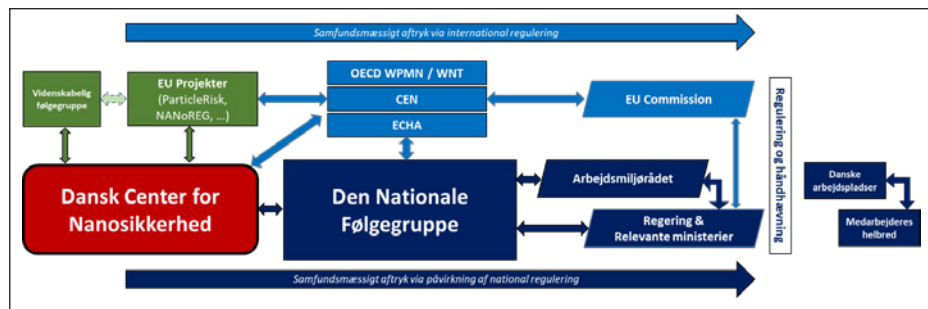
Spørgsmålet om nanosikkerhed blev præsenteret for Arbejdsmiljørådet den 10. september 2014. Efterfølgende nedsatte Arbejdsmiljørådet en nanoarbejdsgruppe. Arbejdsgruppen bestod af repræsentanter fra arbejdsgiver- og arbejdstagerorganisationer, som fik ekspertbistand fra Arbejdstilsynet, Miljøstyrelsen og NFA. Arbejdsgruppen udarbejdede 23 anbefalinger for sikker håndtering af nanomaterialer i arbejdsmæssige sammenhænge. Af disse anbefalinger blev 21 efterfølgende implementeret [20].

De 23 anbefalinger omfattede følgende temaer:

- Øget information om nanomaterialer i hele forsyningskæden.
- Øget formidling af viden om sikker håndtering af nanomaterialer.
- Obligatorisk registrering af produkter, der indeholder nanomaterialer, i det danske produktregister (dog ikke den specifikke type nanomaterialer) (at.dk/en/chemical-substances-and-materials/).
- Udarbejdelse af sundhedsbaserede grænseværdier i arbejdsmiljøet for tre specifikke nanomaterialer: de to højtonnage-nanomaterialer carbon black og titaniumdioxid samt de meget giftige kulstof-nanorør.
- Udvikling af koncepter for erhvervsmæssig eksponeringsvurdering af nanomaterialer og forbedret viden om beskyttelsesudstyr.
- Fortsat finansiering af nanosikkerhedsforskning i Danmark.

De vigtigste resulterende tiltag var:

- Arbejdsmiljørådet udgav to faktaark baseret på viden fra NFA, ét rettet mod leverandører af nanomaterialer [21], og ét rettet mod virksomheder, der anvender nanomaterialer [22].
- Arbejdstilsynet udarbejdede en vejledning om sikker håndtering af nanomaterialer [23].
- BAR Industri udarbejdede en vejledning om arbejde med nanomaterialer [24].
- Loven om det danske Produktregister blev ændret, så det blev obligatorisk at registrere, når et produkt indeholder nanomaterialer.
- Efter anmodning fra Arbejdstilsynet udarbejdede NFA dokumentation for sundhedsbaserede grænseværdier for kulstof-nanorør [25], højtonnage stofferne carbon black [26] og titaniumdioxid-partikler [27], og for dieseludstødningspartikler, som er



Figur 2. Grafisk illustration af den beskrevne model for samfundsmæssige aftryk på nationalt og internationalt niveau.

procesgenererede nanopartikler [28]. Rapporterne blev sendt til Arbejdstilsynet i 2018. I 2021 fik Danmark en grænseværdi i arbejdsmiljøet for partikeludstødning fra dieselmotorer på 0,01 mg/m³, hvilket svarede til den hollandske grænseværdi [29]. Denne blev 1. januar 2025 yderligere sænket, til 0,005 mg/m³.

- Dansk Center for Nanosikkerhed støttede udviklingen af et gratis, webbaseret kontrolværktøj til risikovurdering og risikostyring af nanomaterialer i arbejdsmiljøet: NanoSafer [30].
- Dansk Center for Nanosikkerhed 2 blev finansieret med en bevilling på 30 millioner kroner.

To anbefalinger blev ikke implementeret. Den første af disse var, at Arbejdsmiljørådet, i samarbejde med Brancheforeningerne for Produktion og Byggeri, skulle etablere et tilbud om efteruddannelse i sikker håndtering af nanomaterialer for medarbejdere, der håndterer nanomaterialer. Anbefalingen blev ikke gennemført, da det blev vurderet, at interessen for uddannelsestilbuddet ville være for begrænset. Den anden anbefaling var, at medarbejdere, der håndterer frie kulstof-nanorør, skulle gennemføre en obligatorisk arbejdsmiljøuddannelse inden arbejdets påbegyndelse. Beskæftigelsesministeren besluttede ikke at følge denne anbefaling.

Politisk, juridisk og teknologisk påvirkning

De halvårslige drøftelser af forskningsresultaternes mulige implikationer gav alle interessenter i Den Nationale Følgegruppe evidensbaseret viden på

området. Arbejdsmarkedets parter i udvalget faciliterede adgang til Arbejdsmiljørådet, som havde mandat til at foreslå tiltag til Beskæftigelsesministeren. Anbefalingerne fra Arbejdsmiljørådets nanoarbejdsgruppe indeholdt en række konkrete anbefalinger og tiltag som efterfølgende blev implementeret. Blandt andet blev det danske produktregister opdateret, og en grænseværdi for dieseludstødningspartikler blev vedtaget.

Sundhedsmæssig effekt

NFA leverede dokumentation for helhedsbaserede grænseværdier for nanomaterialerne kulstof-nanorør [25], carbon black [26] og titaniumdioxid nanopartikler [27]. Disse grænseværdier rapporteres er frit tilgængelige på NFA's hjemmeside og vil kunne anvendes af Arbejdstilsynet og arbejdsmarkedets parter i forhandlinger om nanospecifikke grænseværdier i arbejdsmiljøet. Desuden informerer de relevante producenter, arbejdsgivere og arbejdstagere om nanomaterialerrelaterede risikoniveauer.

Den nye grænseværdi for dieseludstødningspartikler forventes at nedsætte udsættelsen for dieseludstødningspartikler på både arbejdspladser og i samfundet generelt. Det er vigtigt, da dieseludstødning i 2016 blev anslået at have forårsaget 5 procent af alle arbejdsrelaterede kræfttilfælde [31]. Grænseværdier antages at bidrage til at reducere eksponeringsniveauerne [32,33], og derfor forventes den nye danske grænseværdi at mindske antallet af dieseludstødningsrelaterede kræfttilfælde i Danmark.

En direkte effekt af den fortsatte fi-

ÅR	TITLER PÅ OFFENTLIGE TEMAMØDER
2012	Virker EU's regulering af nanomaterialer i arbejdsmiljøet?
2013	Er udsættelse for nanomaterialer i arbejdsmiljøet et problem?
2013	Mulige effekter af nanomaterialer på helbredet
2013	Asbest og nanomaterialer
2014	Mulige helbredseffekter af nanofilmprodukter
2014	Nanomaterialer og reproduktionsskader
2015	Udfordringer ved karakterisering og regulering af tekniske nanomaterialer
2015	Risikovurdering og risikohåndtering af nanomaterialer

Offentlige temamøder arrangeret af Dansk Center for Nanosikkerhed.



A Techcomp Company

PREMIUM CHROMATOGRAPHY

Boost productivity and generate data confidently with our premium gas and liquid chromatography solutions.



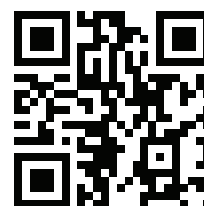
Please contact SAMSI, our regional distributor



✉ samsi@samsi.no

☎ +4735975600

🌐 www.samsi.no



SCAN TO VISIT
OUR WEBSITE

🖱 scioninstruments.com

nansiering af nanosikkerhed var etableringen af to forskningssamarbejder med industrielle partnere, som havde lokal og regional betydning. I samarbejde med DSB dokumenterede NFA, at togansatte og passagerer blev udsat for forhøjede niveauer af dieseludstødning fra diesel-lokomotiver på enkelte togstrækninger med dieseldrevne lokomotiver [34]. Disse resultater var med til at fremskynde beslutningen om at udskifte diesel-lokomotiver med elektriske lokomotiver i Danmark. Studier af farligheden af lufthavns- og flymotoremissioner [35] fremskyndede implementeringen af forskellige initiativer til at reducere flymotoremissioner ved gates i Københavns Lufthavn.

Tak

Direktør Steffen Bohni Nielsen takkes for kritisk gennemgang af manuskriptet. Finansiering: Dansk Center for Nanosikkerhed blev støttet af bevilling #20110092173-3 fra Arbejdsmiljøforskningsfonden. Dette manuskript blev udarbejdet med støtte af den målrettede forskningsindsats for kemikalier i arbejdsmiljøet (FFIKA) fra den danske regering.

E-mail:

Ulla Vogel: UBV@nfa.dk

Referencer

1. R. Society, Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties: Summary and Recommendations, Royal Society, 2004.
2. The European Commission, COMMISSION RECOMMENDATION of 10 June 2022 on the definition of nanomaterial. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022H0614\(01\), 2022. \(accessed August 9 2023\).](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022H0614(01), 2022. (accessed August 9 2023).)
3. F.T.D. Parliament), L 2 Forslag til lov om Højteknologifonden. [https://www.ft.dk/samling/20041/lovforslag/12/index.htm, 2004. \(accessed August 9 2023\).](https://www.ft.dk/samling/20041/lovforslag/12/index.htm, 2004. (accessed August 9 2023).)
4. T. Ramahandry, et al, Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/697184/EPRS_STU\(2021\)697184_EN.pdf, 2021.](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/697184/EPRS_STU(2021)697184_EN.pdf, 2021.)
5. C. Parisi, et al, Agricultural Nanotechnologies: What are the current possibilities? Nano Today. 10 (2015) 124-127. doi: 10.1016/j.nantod.2014.09.009.
6. P. Satalkar, et al, Defining Nano, Nanotechnology and Nanomedicine: Why Should It Matter? Sci Eng Ethics. 22 (2016) 1255-1276. doi: 10.1007/s11948-015-9705-6.
7. G. Oberdorster, et al, Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. Environ Health Perspect. 113 (2005) 823-839.
8. C.A. Poland, et al, Multi-wall carbon nanotubes and the asbestos fibre pathogenicity paradigm, 2009.
9. A.D. Maynard, et al, Safe handling of nanotechnology. Nature. 444 (2006) 267-269. doi: 10.1038/444267a.
10. U. Vogel, et al, Lessons from nanosafety research for effective regulation and safer handling of nanomaterials at the workplace. Societal Impact. 1 (2023). doi: doi:10.1016/j.socimp.2023.100016.
11. B. Refslund, et al, Islands in the stream? The challenges and resilience of the Danish industrial relations model in a liberalising world. Industrial Relations Journal. 47 (2016) 530-546.
12. J. Pauluhn, Subchronic 13-Week Inhalation Exposure of Rats to Multiwalled Carbon Nanotubes: Toxic Effects Are Determined by Density of Agglomerate Structures, Not Fibrillar Structures. Toxicological Sciences. 113 (2010) 226-242.
13. K.S. Hougaard, et al, Effects of prenatal exposure to surface-coated nanosized titanium dioxide (UV-Titan). A study in mice. Part Fibre Toxicol. 7 (2010) 16. doi: 10.1186/1743-8977-7-16.
14. A. Elder, et al, Effects of subchronically inhaled carbon black in three species. I. Retention kinetics, lung inflammation, and histopathology. Toxicol Sci. 88 (2005) 614-629. doi: 10.1093/toxsci/kfi327.
15. S. Halappanavar, et al, Pulmonary response to surface-coated nanotitanium dioxide particles includes induction of acute phase response genes, inflammatory cascades, and changes in microRNAs: A toxicogenomic study. Environ Mol Mutagen. 52 (2011) 425-439.
16. NIOSH, Occupational exposure to carbon nanotubes and nanofibers, in: Current Intelligence Bulletin 2013, Cincinnati, OH, 1-156.
17. NIOSH, Occupational exposure to titanium dioxide., in: Current Intelligence Bulletin Edited by C.f.D.C.a.P. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, vol. 63, Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, 2011, USA.
18. S. Dekkers, et al, Tijdelijke nano-referentiewaarden. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601044001.pdf, 2010.>
19. B. Hendriks, et al, Nano reference values in the Netherlands (English version of the article in Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 73 (2013) Nr. 10, S. 407-414). [https://www.researchgate.net/profile/Pieter-Broekhuizen/publication/264244057_Hendriks_vBroekhuizen_2013_Nano_reference_values_in_the_Netherlands/links/53d602e10cf220632f3d69b1/Hendriks-vBroekhuizen-2013-Nano-reference-values-in-the-Netherlands.pdf, 2013. \(accessed April 14 2023\).](https://www.researchgate.net/profile/Pieter-Broekhuizen/publication/264244057_Hendriks_vBroekhuizen_2013_Nano_reference_values_in_the_Netherlands/links/53d602e10cf220632f3d69b1/Hendriks-vBroekhuizen-2013-Nano-reference-values-in-the-Netherlands.pdf, 2013. (accessed April 14 2023).)
20. Arbejdsmiljørådet, Teknisk fremstillede nanomaterialer i arbejdsmiljøet - resumé af Arbejdsmiljørådets samlede anbefalinger til beskæftigelsesministeren. [https://www.amr.dk/media/18583/resume-af-amr-anbefalinger-vedr-nanomaterialer.pdf, 2015. \(accessed April 1 2023\).](https://www.amr.dk/media/18583/resume-af-amr-anbefalinger-vedr-nanomaterialer.pdf, 2015. (accessed April 1 2023).)
21. Arbejdsmiljørådet, FAKTAARK OM NANOMATERIALER I ARBEJDSMILJØET Til leverandører, importører og producenter af nanomaterialer. <https://www.amr.dk/media/18585/faktaark-om-nano-til-leverandoer.pdf, 2017.>
22. Arbejdsmiljørådet, FAKTAARK OM NANOMATERIALER I ARBEJDSMILJØET Til virksomheder der arbejder med nanomaterialer. [https://www.amr.dk/media/18584/faktaark-om-nano-til-virksomheder.pdf, 2017. \(accessed April 14 2023\).](https://www.amr.dk/media/18584/faktaark-om-nano-til-virksomheder.pdf, 2017. (accessed April 14 2023).)
23. Arbejdstilsynet, Arbejde med nanomaterialer, At-vejledning 9.3.1-1. [https://at.dk/regler/at-vejledninger/arbejde-nanomaterialer-9-3-1/, 2014. \(accessed April 14 2023\).](https://at.dk/regler/at-vejledninger/arbejde-nanomaterialer-9-3-1/, 2014. (accessed April 14 2023).)
24. B. Industri, Nanomaterialer i arbejdsmiljøet. <https://www.bfa-i.dk/kemi-og-biologi/asbest-og-nano/nanomaterialer-i-arbejdsmiljoet, 2019.>
25. S.S. Poulsen, et al, Carbon nanotubes: Scientific basis for setting a health-based occupational exposure limit, National Research Centre for the Working Environment, 2018, Copenhagen.
26. N.R. Jacobsen, et al, Carbon black: Scientific basis for setting a health-based occupational exposure limit, National Research Centre for the Working Environment, 2018.
27. A.T. Saber, et al, Titanium dioxide nanomaterials: Scientific basis for setting a health-based occupational exposure limit, National Research Centre for the Working Environment, 2018.
28. A.T. Saber, et al, Diesel exhaust particles: Scientific basis for setting a health-based occupational exposure limit, National Research Centre for the Working Environment, 2018.
29. Arbejdstilsynet, Skærpet grænseværdis for dieseludstødningspartikler. [https://at.dk/arbejdsmiljoeproblemer/kemi/arbejde-med-farlig-kemi/hvad-er-graensevaerdier-i-arbejdsmiljoet/skaerpet-graensevaerdi-for-dieseludstoeningspartikler/, 2021. \(accessed April 14 2023\).](https://at.dk/arbejdsmiljoeproblemer/kemi/arbejde-med-farlig-kemi/hvad-er-graensevaerdier-i-arbejdsmiljoet/skaerpet-graensevaerdi-for-dieseludstoeningspartikler/, 2021. (accessed April 14 2023).)
30. National Research Centre for the Working Environment, Nanosafer 1.1beta. [http://www.nanosafer.org/, 2019. \(accessed April 14 2023\).](http://www.nanosafer.org/, 2019. (accessed April 14 2023).)
31. T. Driscoll, et al, Global and regional burden of cancer in 2016 arising from occupational exposure to selected carcinogens: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. Occupational and Environmental Medicine. 77 (2020) 151-159. doi: 10.1136/oemed-2019-106012.
32. A.S. Fonseca, et al, Historical Asbestos Measurements in Denmark — A National Database. 19 (2022) 643.
33. J.W. Cherrie, et al, Health, socio-economic and environmental aspects of the possible amendments to the EU Directive on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens and mutagens at work., in: IOM Research Project., P937/99 edn, IOM, 2011.
34. M.H.G. Andersen, et al, Health effects of exposure to diesel exhaust in diesel-powered trains. Part Fibre Toxicol. 16 (2019) 21. doi: 10.1186/s12989-019-0306-4.
35. K.M. Bendtsen, et al, Airport emission particles: exposure characterization and toxicity following intratracheal instillation in mice. Part Fibre Toxicol. 16 (2019) 23. doi: 10.1186/s12989-019-0305-5.

LabDays 2025 i smilets by

Den 10. og 11. september byder smilets by, Aarhus, velkommen til LabDays Aarhus 2025 i Aarhus Congress Center.

Det er sjette gang, at LabDays-messen gennemføres i Aarhus. Årets udgave tegner til at kunne slå nye rekorder. Foreløbig har 97 danske og udenlandske firmaer tilmeldt sig messen. LabDays Aarhus 2025 forventes at blive helt udsolgt og det betyder, at messen formentlig bliver næsten 25 procent større end sin forgænger i 2023.

Fagligt program

LabDays Aarhus 2025 byder, ud over de mange udstillere, også på et spændende fagligt program. Begge messedage afvikles der foredrag og seminarer af 30 minutters varighed arrangeret af udstillerne. Alt dette foregår i Exhibitors



FREE Lab Theater. Blandt foredragene kan du blandt andet høre Triolab A/S, der giver inspiration til NGS (Next Generation Sequencing) workflowet gennem to forskellige foredrag ved henholdsvis Albert Wijngaard, vice president global sales, Bio Molecular Systems, og Anne Krohn, NGS strategic business developer, Triolab A/S. Mettler-Toledo holder et oplæg om titrering, og derudover indeholder det faglige program også mange andre spændende emner.

Alt dette foregår i Exhibitors FREE Lab Theater.

For yderligere information:
www.labdays.dk.



LabDays
Stand
39



NY MINIPUMPE
PRØV DEN PÅ LABDAYS



Drifton og DACOS – samlet ét sted

Drifton vokser – nu med DACOS' sortiment og ekspertise

Du får adgang til endnu mere laboratorieudstyr og forbrugsartikler, fx. cryobokse, cryorør, racks, pipetter, pipettespidser, centrifugerør, PCR-plader og -rør, flasker, apparaturer, testkits – samlet ét sted.

Og selvfølgelig vores velkendte udvalg af pumper, slanger og fittings.

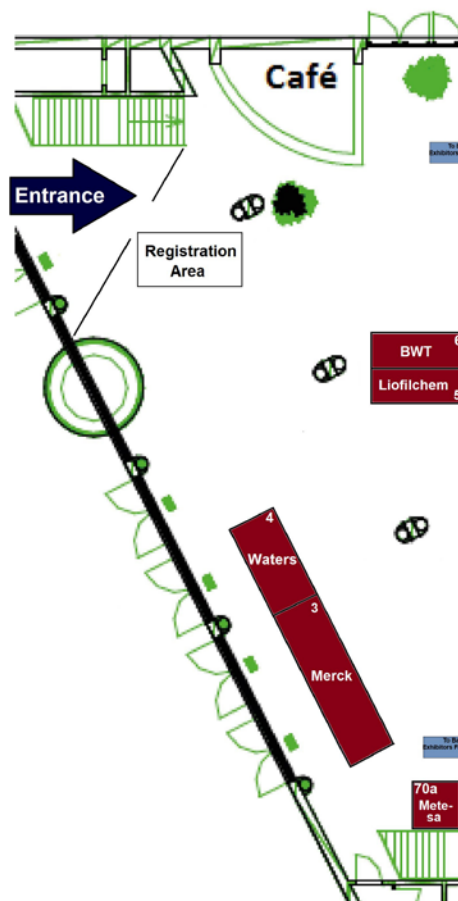


DRIFTON
THE SCIENCE OF DISPENSING

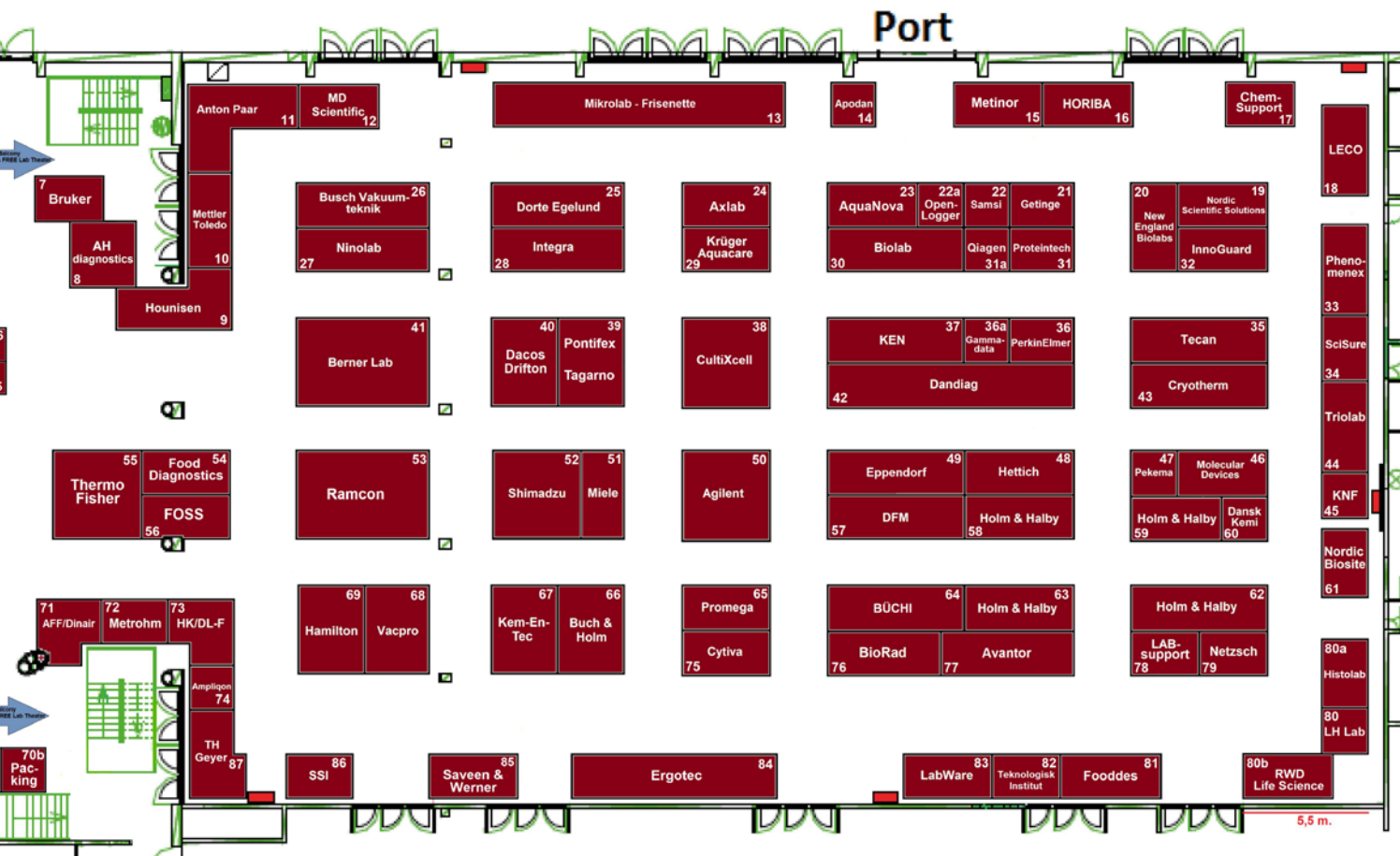
Besøg drifton.dk, eller kontakt os på 3679 0000 eller info@drifton.dk

Udstillerliste

A/S Ninolab	27	Hamilton Nordic	69		
Agilent Technologies Denmark	50	Hettich Labinstrument	48		
AH Diagnostics	8	Histolab ApS	80a		
Ampliqon	74	HK Dansk Laborant-Forening	73		
Anton Paar Danmark	11	Holm & Halby	58, 59, 62, 63		
ApodanNordic		Horiba Scientific	16		
PharmaPackaging	14	Hounisen Laboratorieudstyr	9		
Aqua-Nova	23				
Avantor	77	InnoGuard	32		
Axlab	24	Integra Biosciences Nordic	28		
		IVUS Medical	39		
Berner Lab	41				
Biolab	30	Kem-En-Tec Nordic	67		
Bio-Rad Laboratories	76	KEN Hygiene Systems	37		
Biowest Nordic	39	KNF Neuberger	45		
Bruker Nordic Denmark	7	Konsulenthuset Pontifex	39		
Buch og Holm	66	Krüger Aquacare	29		
Busch Vakuumtechnik	26				
BWT Danmark	6	LABsupport	78		
Büchi	64	LabWare Nordic	83		
		Leco Nordic	18		
ChemSupport Danmark	17	LH Laboratorie Service AS	80		
Copenhagen Nanosystems	39	Liofilchem	5	Qiagen Danmark	31a
Cryotherm & Co.	43				
CultiXcell	38	MD Scientific	12	Ramcon	53
Cytiva	75	Merck Denmark AS	3	RWD Life Science Co	80b
		Metesa	70a		
Dacos	40	Metinor	15	Samsi	22
Dandiag	42	Metrohm Nordic	72	Saveen & Werner	85
Dansk Kemi (TechMedia A/S)	60	Mettler-Toledo	10	SciSure	34
Dansk Pipette Service	9	Miele Professional	51	Shimadzu Danmark	52
DFM - Danmarks		Mikrolab - Frisenette	13	SSI Diagnostica	86
Nationale Metrologiinstitut	57	Molecular Devices	46		
Dorte Egelund	25			Tagarno	39
Drifton	40	Neogen Europe	81	Tecan Nordic	35
		Netzsch Gerätebau	79	Teknologisk Institut	82
Eppendorf Nordic	49	New England Biolabs	20	TH. Geyer	87
Ergotec	84	Nordic Biosite	61	Thermo Electron Sweden	55
		Nordic Lab Solutions	19	Thermo Fisher Scientific	55
Food Diagnostics	54			Thermo Fisher Scientific Life Technologies	55
Fooddes	81	OpenLogger Systems AB	22a	Triolab	44
Foss Nordic	56				
		Packing	70b		
Gammadata		Pekema	47	Vacpro	68
Instrument AB	36a	PerkinElmer	36		
Getinge Danmark AS	21	Phenomenex	33	Waters Denmark	4
		Promega Biotech	65		
		Proteintech Europe	31	AAF/Dinair	71



per 31. juli



Utrolig støjsvage, kompakte og oliefrie vakuumpumper. Vores HiScroll-serie.

HiScroll pumperne er kraftfulde, oliefrie og sikre vakuumpumper. De er energibesparende og deres vibrationer er få. Opdag fordelene med denne støjsvage pumpe som alternativ til dine nuværende vakuumpumper indenfor både industri, forskning og laboratorier.



Part of the **BUSCH** GROUP

PFEIFFER
VACUUM+FAB SOLUTIONS

www.pfeiffer-vacuum.com

Få inspiration til hele NGS-workflowet

På LabDays kan du møde Triolab og deres leverandører, der præsenterer en komplet portefølje af NGS-løsninger – fra prøve til nøjagtige data på rekordtid.



Onsdag 10. september
kl. 11.30-11.55:

From Sample to Sequence: Simplifying NGS with Myra

Albert Wijngaard, vice president global sales, Bio Molecular Systems. Få indblik i, hvordan automatiseret library prep med Myra sikrer effektivitet, integreret QC og intelligent workflowstyring for maksimal driftssikkerhed.

Torsdag 11. september
kl. 10.00-10.25

DNBSEQ T1+: Fast and Efficient Sequencing with Minimal Effort

Anne Krohn, NGS strategic business developer, Triolab AS.

Oplev næste generations sekvensering med MGI's DNBSEQ-T1+, der kombinerer Q40-nøjagtighed, to uafhængige flowceller og indbygget library prep for lynhurtigt, sikkert og effektivt dataoutput – også som standalone-løsning. Kom forbi til en snak og hør mere om Triolabs messetilbud på blandt andet nukleinsyreoprensingsrobotter, MIC qPCR-instrumenter og FluidLab-R100 til celletælling.

Triolab
Stand 44

Dobbelt jubilæum for Ninolab

I oktober 2025 er det 60 år siden, Ninolab slog dørene op til en spændende verden af laboratorieudstyr i Sverige, og i foråret 2026 fejrer vi 20-års jubilæum for A/S Ninolab i Danmark.

Ninolab vil vise Skandinavien, at de ikke kun er Sveriges og Danmarks førende laboratorieudstørsleverandør til branchen, men samtidig spænder bredt, som en landsdækkende servicevirksomhed. Ninolab vil skabe mere værdi til deres kunder gennem totalløsninger med kunden i fokus.

Ninolab stræber altid efter at levere

professionelle produkter af højeste kvalitet. For at fastholde den høje standard, samarbejder Ninolab kun med de bedste leverandører, og deres egne specialister og underleverandører er alle mennesker med mange års erfaring i branchen.

Besøg Ninolab på messen og se de mange spændende nyheder fra flere kendte store tyske brands som for eksempel C. Gerhardt og Zeiss samt fra engelske Avidity.

A/S Ninolab
Stand 27



Kvalitet, fleksibilitet og laboratorieløsninger samlet ét sted

På årets messe præsenterer Th. Geyer Skandinavien ApS deres tre stærke private label-serier, der tilsammen udgør et komplet og effektivt fundament for det moderne laboratorium:

- *Chemsolute* er vores omfattende sortiment af høj kvalitetskemikalier til analytisk og syntetisk laboratoriebrug. Serien spænder bredt og sikrer høj renhed, ensartethed og sporbarhed – og inkluderer desuden udvalgte green solvents, som giver laboratorier mulighed for at vælge mere miljøvenlige alternativer uden at gå på kompromis med ydeevne.
- *Labsolute* dækker forbrugsartikler og udstyr til daglig laboratoriebrug – fra pipettespidser og handsker til beholdere og rengøringsmidler. Labsolute er skabt med fokus på driftssikkerhed,



komfort og værdi for pengene, og udmærker sig ved sit brede udvalg og gode tilgængelighed.

- *Biosolute* henvender sig til life science- og molekylærbiologiske applikationer. Serien omfatter blandt andet reagenser, buffere og kit-løsninger til PCR, celledyrkning og DNA-/RNA-håndtering – udviklet med kravene til moderne forskningsarbejde for øje.

På messen kan du møde Th. Geyer Skandinavien ApS' team og høre mere om, hvordan de arbejder tæt sammen med deres kunder for at tilbyde både kvalitet, fleksibilitet og hurtig levering.

Th. Geyer Skandinavien ApS
Stand 87



Nyt fra Avantors produktportefølje

Analysemetoder, der bruges til at kontrollere mikroorganismeres vækst og smitteoverførsel, holder aldrig op med at udvikle sig. Avantor tilbyder et omfattende udvalg af produkter til hele den mikrobiologiske arbejdsgang, fra prøveudtagning og prøveforberedelse til identifikation af mikroorganismer.

På Avantors stand på LabDays vil der være mulighed for at tale med dem om specifikke mikrobiologiske analyser og se deres SAS Super ISO mikrobiologiske luftprøvetagere. Avantors SAS Super ISO luftprøvetagere bruges til at måle bakterier i luften i produktionsområder og laboratorier.

SAS Super DUO luftprøvetagere har to prøveudtagningshoveder, hvilket giver mulighed for at bruge to forskellige medier til den samme prøveudtagningscyklus (for eksempel TSA eller PCA for totalt bakteriel og SDA for gær og skimmelsvampe). Det er også muligt at opnå repræsentative resultater, når du bruger samme type medie i begge hoveder. Prøveudtagning med de to hoveder kan også halvere prøveudtagningstiden, hvilket er en fordel for opsamling af mange luftprøver per dag.

Er certificeret i henhold til ISO 14698 og USP 1116 Farmakopé.

Anvend WoodSafe affaldsbeholdere – og nå dine klimamål

WoodSafe's innovative beholdere til farligt affald er baseret på bæredygtige råmaterialer fra skoven og reducerer CO₂-udledningen med 66 procent. WoodSafe er fremstillet af Stora Enso biokomposit, som er optimeret til at erstatte en bred vifte af polymerer og samtidig opnå meget høj trækstyrke.

Fordelene ved polymeren er formbarhed, holdbarhed, fleksibilitet og designfrihed. Fordelene ved træfibren er dens styrke, naturlige udseende og fornemmelse, lave CO₂-aftryk samt det faktum, at det er et bæredygtigt råmateriale.

Bæredygtighedsforpligtelse

Avantors bæredygtighedsforpligtelse sikrer, at deres daglige handlinger har en positiv indvirkning på miljøet og samfundet. Avantor er stolte af at have modtaget EcoVadis' bronzemedalje, som placerer Avantor blandt de bedste 35 procent af virksomheder globalt.



Avantor
Stand 77



Vælg en ekspert — få en ny i teamet

Analytisk renhed af dine laboratorieglasser — med vores **ExpertLine**.

Ud over den effektive rengørings-effekt ved høj kapacitet giver det imponerende, intuitive farvedisplay hurtig adgang til favoritprogrammerne. Der kan foretages individuelle indstillinger, og programmets status er tydeligt angivet og let at forstå.

Når det gælder tørring, tilbyder vores eksperter ekstra tilbehør som AutoOpen-funktionen og DryPlus-varmlufttørring.

- ♦ Til alle **brancher og specialer**
- ♦ **15.000** testede driftstimer
- ♦ **EASYLOAD** — Fleksibel, hurtig og meget effektiv
- ♦ **Bæredygtig** — med optimerede programmer
- ♦ **Intuitiv og hurtig touchbetjening**



ExpertLine

Miele Professional
Erhvervsvej 2
2600 Glostrup

Telefon 4327 1510
E-mail: professional@miele.dk
miele-professional.dk

Holm & Halby byder indenfor til faglig fordybelse



Når Aarhus Congress Center den 10.-11. september 2025 slår dørene op for LabDays, er Holm & Halby til stede, og præsenterer også en række faglige miniseminarer, der giver messen et ekstra lag af værdi.

På Holm & Halbys stand præsenteres en række produkttyper – blandt andet det nytænkte LAF-kabinet *Berner Claire*

neo, den kraftfulde *HX-65 G2 autoklave fra Systec*, og innovative løsninger som *Spectral Blue* desinfektion med blå lys og en *UV-D robot* fra Ocean Robotics. Det bliver et mekka for laboratorienørder og teknologientusiaster.

Som noget nyt har Holm & Halby også sammensat et program af faglige miniseminarer, der finder sted i et mødelokale på Radisson BLU Scandinavia Hotel – placeret lige ved siden af messeområdet. Her inviterer Holm & Halby til korte og skarpskårne oplæg og workshops på blot én time – for dig, der vil have en faglig fordybelse med.

Emnerne spænder bredt og bygger videre på vores populære seminarformater – blot i miniformat. Pladserne er gratis, men få – maks. 16 deltagere per session – så tilmelding anbefales.

Du finder programmet og tilmelding på: holm-halby.dk/aktuelt/se-nyheder-fra-holm-halby/faglige-miniseminarer.

Holm & Halby A/S
Stand 58, 59, 62, 63

Instrumenter til kemisk analyse

På LabDays kan du opleve den fulde OMNIS-pakke – Metrohms alt-i-én-løsning designet til at strømline hele din QC-analyse på én enkelt, modular platform. OMNIS NIRS beregner automatisk kalibreringsmodeller og analyserer væsker og faste stoffer på få sekunder.

Med OMNIS har du én software til at styre alle processer, vise resultater og sikre problemfri integration med dit LIMS, samt fleksibiliteten til at udvide og skræddersy din løsning, når dine behov udvikler sig.

PFAS – få det totale billede

Med mere end 10.000 kendte sundhedsskadelige stoffer er detektion af PFAS et stort problem. Med Combustion IC (CIC) får du hurtige og pålidelige resultater for alle PFAS'er.



Fordele ved den nye standardmetode:

- Selektiv bestemmelse af AOF, AOCl, AOBr og AOI i forskellige vandprøver.
- AOF som en hurtig, ikke-målet screening for PFAS'er.
- Effektiv med meget lidt vedligeholdelse.
- Let at bruge, robust og pålidelig.

Håndholdt Raman: MIRA XTR og MISA

MIRA XTR giver dig hurtig identifikation af ukendte materialer som kemikalier, sprængstoffer og narkotika. Det store udvalg af måleprober gør det muligt at måle væsker, faste stoffer og pulvere gennem emballage, på afstand eller fjernstyret med robot eller drone.

MISA er den pålidelige løsning til at opdage fødevarerindehold, for eksempel i form af almindelige pesticider, tilsætningsstoffer, kunstige farvestoffer og ulovlige materialer, der findes i hverdagsmad.

Metrohm Nordic A/S
Stand 72



Fremtidens laboratorieudstyr



Sig hej til "the HPLC Made for Tomorrow" – den nye Infinity III-serie, se også den nye GC 8850 – "Small Size, Big Impact" på Agilent-standen. Intelligent design og banebrydende features, der gør hverdagen i laboratoriet nemmere for enhver bruger. Let's Go Further Together With Mass Detection, kom og hør om vores helt nye State-of-art LCMS single quads samt Next generation QTOF.

I år vil Agilent have rigtig meget at vise frem og snakke om på messen.

**Agilent Technologies Denmark
Stand 50**

ApodanNordic
PHARMAPACKAGING
COMPLIANCE IN PACKAGING



ApodanNordic PharmaPackaging A/S

Kigkurren 8M • 2300 Copenhagen S • Denmark
+45 3297 1555

packaging@apodanpharma.dk • www.apodanpharma.dk

Established in 1962



Samsi på LabDays 2025

Samsi er nordisk distributør med over 26 års erfaring inden for kromatografi, og deltager på LabDays 2025 i Aarhus på stand 22. Samsi tilbyder produkter inden for væske- og gas-kromatografi, hvilket inkluderer skræddersyede løsninger og applikationssupport.

- **HPLC og LC 6000-serien:** Avancerede systemer for præcis og pålidelig væskrokromatografi.
- **GC 8300/8500 og GC-MS (8700 SQ, 8900 TQ):** Gaskromatografisystemer og massespektrometri for avancerede kemiske analyser.
- **Headspace-analyse (HT3 og VERSA):** Løsninger for flygtige forbindelser i prøver uden behov for omfattende prøveforberedelser.
- **Bruker BioSpin:** Produkter for TD-NMR og EPR/ESR, særligt nyttige inden for fødevareranalyser.
 - **Tids-Domæne Kernemagnetisk resonans (TD-NMR)** tilbyder en række hurtige og ikke-destruktive analytiske metoder for bestemmelse af nøgleparametre i fødevarer som for eksempel SFC (Solid Fat Content), totalt fedt- og vandindhold, dråbestørrelsesfordeling i emulsioner (smør, margarine, mayonnaise, etc.). Samme TD-NMR-udstyr kan også bruges inden for R&D til at undersøge vandbindingsevne i produkter, forstå ændringer i struktur under forskellige processtrin og lagring.
 - **Elektronisk Paramagnetisk resonans (EPR/ESR)** spektroskopi er et stærkt værktøj inden for fødevarerproduktion og bruges til hurtig analyse af oxidativ stabilitet og anti-oxidantkapacitet i mad- og drikkevarer, bestemmelse af strålingsdosis og deres effekter på produkter. Mere generelt kan teknikken anvendes til detektion og evaluering af nedbrydning, stabilitet og holdbarhed, reaktionsovervågning og sterilisering.
- **F-DGSi COSMOS-serien:** Modulære gasgeneratorer (H₂, N₂, Zero Air) med høj fleksibilitet og sikkerhed for GC/GC-MS-brug.

Samsi tilbyder et bredt spektrum af moderne, tilpassede laboratorieløsninger inden for analytisk kemi med fokus på præcision, brugervenlighed og avanceret teknologi.



**Samsi AS
Stand 22**

Få dine kemikalier leveret til tiden



Besøg Hounisen på LabDays og hør om alle dine muligheder, blandt andet vials til kromatografi og HPLC fra tyske Macherey-Nagel.

Hounisen er officiel leverandør af Honeywell og Carlo Erba Reagents og giver adgang til mere end 8000 kemikalier med direkte levering fra dansk

varelager. Derudover tilbyder Hounisen dag til dag-levering af kemikalier fra brands som Chromasolv, Hydranal og Erbadry.

Med en fast leveringsaftale fås gratis lagerhotel og fri fragt til valgfri adresse i Danmark. Dermed sparer du plads og øger sikkerheden ved ikke at skulle opbevare kemikalier selv. Hounisen vejleder også gerne om muligheden for levering i returbeholdere, så du sparer glasaffald og ekstra emballage. På www.hounisen.com finder du et udpluk af det fulde sortiment, og du er altid velkommen til at kontakte Hounisens kundeservice, hvis du har brug for et specifikt kemikalie med en bestemt renhedsgrad.

Hvad skal vi tage på lager til dig?

Vi har plads til dine vigtigste kemikalier på et sikkerhedsgodkendt kemilager i Skanderborg. Få et skræddersyet leveringstilbud enten med fast leveringsdato eller som aftræk.

Hounisen Laboratorieudstyr A/S
Stand 9

Pipettering på den nemme måde



Integra Biosciences producerer pipetter og andre instrumenter til væskehåndtering. Her finder du nemme og enkle løsninger til dit workflow. Integra Biosciences har pipetter fra 1 til 384 kanaler i voluminer fra 0,5 µL til 5 mL. Derudover er der for nylig blevet lanceret pipettesugere, der kan pipettere fra 0,1 mL til 100 mL – med automatisk dispensering.

Hos Integra Biosciences finder du danske salgs- og produktspecialister samt teknisk service, som er udekørende i hele landet. Hovedkontoret i Schweiz fokuserer på produktudvikling, høj kvalitet og implementering af feedback fra kunderne.

Integra Biosciences
Stand 28

Histolab Products ApS lancerer ny immun-histokemisk platform

Histolab er stolte af at præsentere NeoPATH Pro: en ny, innovativ og kraftfuld platform til IHC, ISH og FISH, udviklet til at imødekomme de høje krav fra nutidens diagnostiske laboratorier.



NeoPATH Pro kombinerer fleksibilitet, effektivitet og præcision:

- Kapacitet til op til 42 objektglas og 56 reagenser.
- Kontinuerlig og tilfældig adgang for optimeret arbejdsgang.
- Sporing i realtid for øget kontrol og sikkerhed.
- En samlet platform for IHC, ISH og FISH.
- Over 300 præoptimerede RTU-antistoffer tilgængelige.

NeoPATH Pro er en løsning, der gør det muligt for dit team at arbejde



smartere, hurtigere og med større kvalitetssikring.

Histolab Products ApS
Stand 80A

Drifton og Dacos samles

To veletablerede aktører inden for laboratorieudstyr, Drifton A/S og Dacos A/S, indleder nu et tættere samarbejde. Begge virksomheder er en del af Diatom A/S og kombinerer deres styrker for at gøre det nemmere for dem, der arbejder i laboratiemiljøer, at få adgang til et bredt og komplementært sortiment. Samarbejdet retter sig mod professionelle i pharma-, kemikalie-, hospitals- og undervisningssektoren og skal sikre større tilgængelighed, bedre service og en mere effektiv indkøbsproces.

Samarbejdet præsenteres officielt på LabDays Aarhus, hvor Drifton og Dacos deler stand 40. Her kan du møde det samlede team og få inspiration blandt et bredt udvalg af laboratorieudstyr og forbrugsvarer – med fokus på kvalitet, funktionalitet og faglig rådgivning.

Dacos-produkter bliver løbende tilgængelige

Som en del af samarbejdet er Dacos' sortiment af laboratorieforbrugsvarer ved at blive integreret i Driftons internationale webshop. Udvalget omfatter blandt andet pipettespidser, cryo-produkter, reagensrør, centrifugerør, sprøjter, filtre og plast-artikler. Produkterne bliver løbende tilgængelige via Driftons webshop – også for brugere uden for Danmarks grænser.

Ét samlet sted til dine laboratoriebehov

Hos Drifton finder du i forvejen teknisk laboratorieudstyr såsom peristaltiske pumper, vortex-mixere og centrifuger. Dette



udvalg bliver nu udvidet og suppleret med et stærkt sortiment af laboratorieforbrugsvarer fra Dacos. Det samlede udvalg gør det lettere for dig at samle indkøbene ét sted og få adgang til både produkter og rådgivning fra én og samme leverandør.

Med fælles lager, samordnet kundeservice og en stærk digital platform bliver det nu endnu lettere at finde de rette produkter – hurtigt og effektivt. Samtidig styrker samarbejdet mulighederne for at tilbyde bæredygtige og konkurrencedygtige løsninger til laboratoriearbejde i både Danmark og udlandet.

Drifton A/S - Dacos A/S
Stand 40



Mikrolab - Frisenette A/S tilbyder fleksibilitet

Mikrolab - Frisenette A/S er et uafhængigt firma med både udvikling, produktion, lager og salg i Danmark. Mikrolab - Frisenette A/S udnytter deres fleksibilitet til at skabe de bedste betingelser for deres kunder.

På standen kan du blandt andet opleve automatiseringskonceptet Opentrons FLEX – en komplet pipetteringsrobot.

Der fremvises desuden et stort udvalg af forbrugsartikler og basisudstyr fra de mange leverandører, herunder blandt andet Nerbe, Deltalab og Ohaus.

Mikrolab - Frisenette A/S
Stand 13

LABORANTER CAND.ALT

Mød Dansk Laborant-Forening/HK
på Labdays Aarhus 2025

Vi ses på
stand nr. 73

Hvem er du – fagligt?

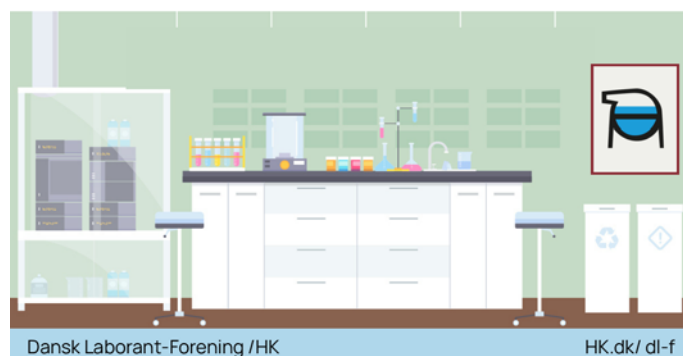
Tag quizzen "Kender du typen?"

– og bliv klogere på dine karriereveje.

Besøg os:

- Få en snak om dit arbejdsliv, efteruddannelse og fremtiden for faget.
- Er du studerende? Hør mere om, hvordan vi støtter dig og din faglige rejse.

Vi er Danmarks største netværk for laboranter
– og vi glæder os til at møde dig.



Dansk Laborant-Forening /HK

HK.dk/ dl-f

Pfeiffer Vacuum+Fab Solutions lancerer den nye HiCube Neo RGA

Pfeiffer Vacuum+Fab Solutions, en del af den globale Busch Group, præsenterer HiCube Neo RGA, en kompakt og alsidig løsning til restgasanalyse (RGA).

HiCube Neo RGA kombinerer en HiCube Neo-vakuumpumpeenhed med et PrismaPro-massespektrometer og er optimeret til restgasanalyse.

PrismaPro kan levere data til procesovervågning og kvalitetskontrol. Systemet understøtter et bredt tryk-område, og er velegnet til en lang række anvendelser, herunder coating-processer og forskellige analytiske opgaver inden for forskning og industri.

Et system med integrerede sikkerhedsfunktioner

HiCube Neo RGA er udstyret med flere sikkerhedsmekanismer, som sikrer stabil drift og beskytter systemkomponenter. En integreret vakuummåler overvå-

ger kontinuerligt det totale tryk i systemet. Hvis trykket overstiger en defineret sikkerhedsgrense, aktiveres en beskyttelsesfunktion, der slukker for glødetræden i massespektrometeret. Denne funktion forhindrer skader på glødetræden som følge af eksponering for et for højt tryk, og bidrager til at forlænge dens levetid.

Fleksible tilslutningsmuligheder til procesovervågning

HiCube Neo RGA tilbyder flere tilslutningsmuligheder for integration af eksterne sensorer og overvågningsudstyr. Systemet understøtter både digitale og analoge ind- og udgange, hvilket gør det muligt at integrere data fra ekstrakomponenter – såsom yderligere vakuummålere – direkte i analyseprocessen.

En touchskærm giver brugeren adgang til live-målinger og viser realtids-



Den nye HiCube Neo RGA til restgasanalyse fungerer over et bredt tryk-område – fra atmosfærisk tryk til fint vakuum. Kilde: Pfeiffer Vacuum+Fab Solutions.

signaler fra tilsluttede enheder. PV MassSpec-softwaren giver desuden nem adgang til data og konfiguration.

Busch Vakuumtechnik A/S
Stand 26

Fokus på præcision, sporbarhed og ny viden

DFM hjælper laboratorier, virksomheder og myndigheder med at få styr på deres målinger gennem akkrediteret kalibrering, måleteknisk rådgivning og adgang til sporbare målinger og referencematerialer. Disse ydelser understøttes af DFM's arbejde med at etablere og vedligeholde nationale primær- og referencenormaler.

Hvert år tilbyder DFM nye og forbedrede services baseret på forskning i fundamental metrologi – forskning, som målrettes mod de behov og udfordringer, virksomheder står over for. Derudover har DFM et stærkt fokus på at sikre



kvalitet og international anerkendelse af danske kalibreringer og prøvninger gennem tæt samarbejde med laboratorier, industri og myndigheder.

Når LabDays Aarhus løber af stablen i september, er DFM naturligvis til stede. På messen kan du møde DFM's eksperter og få en faglig snak om akkrediteret kalibrering inden for termometri, elektrokemi samt renrums- og partikeludstyr og mange andre områder. DFM formidler viden om metrologi gennem både undervisning og konsulenttydelser – og er klar til at dele konkrete erfaringer og inspiration til, hvordan du sikrer pålidelige og dokumenterbare målinger i dagligdagen.

DFM A/S
Stand 57

Slut med besvær med manuel håndtering af skruelåg

Azenta's nye Decapper/Recapper IntelliXcap S1 skruer låg på og af dine rør på et øjeblik – helt automatisk.

Apparatet kan betjenes med én hånd, og reducerer dermed belastningen af dine fingre og hænder, samtidig med at du sparer tid og sikrer hurtig og ensartet af- og påsætelse af skruelåg.

IntelliXcap S1 passer til en bred vifte af rørtyper med en diameter på 11-40 mm, både med indvendigt og udvendigt

gevind, som for eksempel centrifugerør, mikrocentrifugerør og cryorør – helt uden at du skal skifte "gripper".

Kom forbi Saveen & Werners stand og få en demo af IntelliXcap S1 – du er selvfølgelig velkommen til selv at prøve.

Saveen & Werner
Stand 85





Laboratorieløsninger fra Waters

Waters Corporation er en global leder inden for avancerede analytiske instrumenter, forbrugsvarer og software. I mere end 60 år har Waters Corporation drevet innovation inden for kromatografi, massespektrometri og imaging – med løsninger målrettet life science, fødevareranalyse, miljø og materialeforskning. Hver dag hjælper Waters Corporation laboratorier verden over med at opnå mere præcise og pålidelige resultater.

På dette års LabDays inviterer Waters A/S dig til at besøge dem på stand 4, hvor du blandt andet kan møde *Andrew+* – vores robotløsning til automatiseret pipettering. *Andrew+* kombinerer præcision, fleksibilitet og brugervenlighed og er designet til at øge effektiviteten og reproducerbarheden i laboratoriet.

Du kan også opleve den nyeste generation af benchtop massespektrometri: *Xevo MRT* – et Multi-Reflecting Time-of-Flight (MRT) system, der leverer samme følsomhed som en high-end triple quadrupole. Med 100.000 i opløsning, 100 Hz scanningshastighed i MS/MS-mode og <500 ppb massenøjagtighed, muliggør *Xevo MRT* både targeted og untargeted analyser i én og samme kørsel. Det gør systemet ideelt til fødevareranalyse, kvalitetskontrol og forskningsformål – og markerer et teknologisk gennembrud for laboratorier, der ønsker høj datakvalitet uden at gå på kompromis med hastighed eller brugervenlighed.

Waters A/S
Stand 4

Har du brug for et skud energi?



- og en god snak om dit lab? Så kom forbi bAHrista! Kaffen er god og varm, og AH Diagnostics-teamet står klar til at brygge den til dig. Så har du lyst til en snak om dit seneste projekt eller finde ud af, hvordan du kan optimere dit laboratorium, så besøg os på LabDays.

AH Diagnostics
Stand 8

Berner Lab - din nordiske laboratoriepartner

Ekspertise. Udstyr. Support.

Berner Lab Denmark leverer avancerede løsninger til food, analytisk kemi, life science og laboratorieautomation.

Som en del af den nordiske Berner-koncern forener vi lokal tilstedeværelse med stærk teknisk knowhow og førsteklasses service.

- Eksklusiv distributør af ex. Teledyne Labs og SOTAX
- ISO 9001 & 14001 certificeret
- GMP-erfaren teknisk support – national dækning
- Alt fra pipetter til reaktionsstationer og avanceret måleudstyr

Skræddersyede løsninger til pharma, industri og forskning. Lad os tage hånd om jeres næste laboratorie-investering.

info@bernerlab.dk | +45 89 87 10 77
bernerlab.dk

BERNER
LAB

Kryolit

Verdens eneste kryolitbrud, som er i Sydgrønland, er for nylig blevet diskuteret i medierne, men hvad er kryolit, hvorfor er det så specielt, og hvorfor er der hidtil kun fundet én større forekomst?

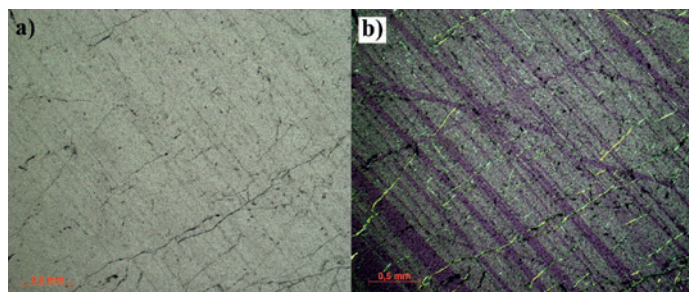
Af Ida Lykke Fabricius og Ole Skursch,
Institut for Miljø- og Ressourceteknologi, DTU



Figur 1. Kryolit fra Ivittuut. Bemærk brudfladerne i flere retninger.

Kryolit blev kort før år 1800 beskrevet af P.C. Abildgaard [1]. Det er et farveløst mineral med glasglans, der ofte fremtræder hvidt på grund af interne brudflader (figur 1) [2]. På Mohs skala har kryolit en hårdhed på 3-3½. Det vil sige, at mineralet er lidt hårdere end kalcit (trigonal CaCO_3). De interne brudflader i kryolit gør dog, at det kan forekomme blødere end kalcit. Det forekommer også tungere, da massefylden er 2,96-2,98 g/cm^3 , mens kalcit har en massefylde på 2,71 g/cm^3 .

Den umiddelbart tydeligste forskel er imidlertid symmetrien, idet kalcit ikke bare vokser i flotte trigonale krystaller, men også let spalter efter romboederflader. Kryolit derimod har monoklin symmetri, men fremtræder kubisk på grund af brudflader i tre praktisk taget vinkelrette retninger. Mens kalcit har høj lysbrydning og høj dobbeltbrydning (berømt fra islandsk dobbeltspat): $n_o = 1,658$, $n_e = 1,486$, svarende til en maksimal dobbeltbrydning på $\delta = 0,172$, har kryolit meget lavere lysbrydning og meget lille dobbeltbrydning: $n_\alpha = 1,3382$, $n_\beta = 1,3383$, $n_\gamma = 1,3392$, svarende til en maksimal dobbeltbrydning på $\delta = 0,001$ (optiske data for kryolit varierer lidt, disse er fra Pauly [3]). Til sammenligning har koldt havvand et lysbrydnings-



Figur 2. Tyndslib (30 μm) af kryolit i petrografisk mikroskop, a) i enkeltpolariseret lys, b) i dobbelt polariseret lys (der er polariseret under og (vinkelret herpå) over prøven). Tvillinger er tydelige i dobbelt polariseret lys, fordi mineralet er anisotropt og tvillinger har forskellig krystallografisk orientering og derfor har forskellige lysbrydninger vinkelret på lysstrålens retning. Det giver lyset forskellig farve efter anden polarisator. Tvillingerne ses her som lyse og mørke striber. De lysegrønne tynde striber er brudflader, som har tendens til at følge tvillingernes orientering.

indeks på $n = 1,34$ [4]. Dette skulle være baggrunden for, at kryolit siges at være så velegnet til at tynde fangstnet ned i havet, idet mineralet er så godt som usynligt under vandet og praktisk taget uopløseligt i vand.

Brudfladerne skyldes ikke egentlig spaltelighed, men derimod at krystallerne har tætliggende tvillinger (figur 2). Tvillinger i et mineral består af enkeltkrystaller med forskellig, men symmetrisk orientering, så de deler gitterelementer. Der er i kryolit teoretisk mulighed for tvillinger efter ikke mindre end 13 love, og otte blev observeret af Bøggild [5,6]. Når naturlig kryolit har så omfattende tvillingdannelse, tyder det på, at mineralet er udkrystalliseret som kubisk β -kryolit, der ved afkøling til under 560°C ikke kan opretholde den høje symmetri og i fast fase omdannes til monoklin α -kryolit. Tvillingerne er orienteret på en måde, så mineralet stadig fremtræder kubisk, men opnår en højere massefylde. Den termiske sammentrækning under afkølingen gør så, at tvillingerne trækkes fra hinanden og brudfladerne opstår [7].

Hvorfor var det så økonomisk vigtigt?

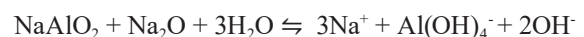
Nu er kryolit ikke bare økonomisk interessant på grund af evnen til at holde fangstnet på plads i havet, nok så vigtigt har mineralet den kemiske sammensætning: Na_3AlF_6 . Røntgendiffractionsdata viser, at otte AlF_6 -oktaedre, der hver bidrager med $\frac{1}{8}$, danner en primitiv enhedscelle, hvor et drejet oktaeder danner centrum. Na-atomerne har hver kontakt til seks fluor-atomer, og hvert fluoratom har tilsvarende kontakt til tre Na-atomer (figur 3).

Kryolitforekomsten i Ivittuut er iøjnefaldende, og den første beskrivelse stammer allerede fra 1806 [8]. Forekomsten er meget ren og ligger tæt ved havet (figur 4). Med placeringen i Grønland taget i betragtning, er den let tilgængelig, så det var nærliggende at tænke på brydning med henblik på den kemiske industri. Den første tanke var på natriumindholdet og i 1853 fik Julius Thomsen patent på fremstilling af kryolit-soda. Processen involverer flere trin [9]:

Kryolit males til pulver og blandes med kalk. Blanding opvarmes, til den er rødglødende:

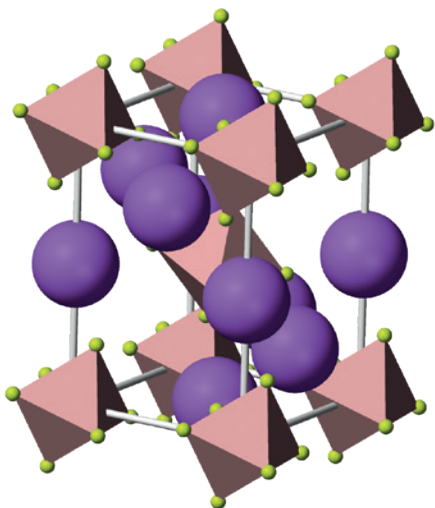


og blandingen udluges med vand:



Opløsningen gennembobles herefter med CO_2 , og lerjorden (uren $\text{Al}(\text{OH})_3$) udfældes først, derefter kan der inddampes til meget rent Na_2CO_3 . Lerjorden blev anvendt til garvning, fluoriten (CaF_2) i glasindustrien. Der blev etableret en omfattende produktion af kryolitsoda på fabrikken Øresund, men processen blev i løbet af de næste årtier udkonkurreret af sodafremstilling ud fra halit (NaCl).

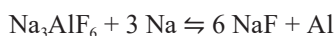
Tietgen havde imidlertid fået øje på muligheden for at producere aluminium ud fra kryolit, hvor metoden med inspiration



Figur 3. Kryolits krystalstruktur tolket ud fra røntgendiffraktionsdata [17]. Fluoratomerne er vist alt for små, som grønne kugler, natriumatomerne for store som lilla kugler. Aluminiumatomerne sidder inden i de brune oktaedre.

fra Julius Thomsen blev udviklet af Henrich Rose i 1855 [10]:

Findelt kryolit lægges i lag med natrium i en jerndigel, og KCl tilføjes som flusmiddel. Herefter kraftig opvarmning:



Det ville have været rentabelt med de tidlige 1850'eres prisniveau, men inden produktionen kom i gang, blev det klart, at det var billigere at fremstille aluminium ved at reducere aluminiumchlorid med natrium [11]. Aluminiumspriserne faldt yderligere, da aluminium i 1880'erne vistest at kunne udvindes fra bauxit, som er en relativt tilgængelig forvittringsmalm.

Bauxit er en blanding af flere aluminiumhydroxidminerale og udvindingen kræver først Bayer-processen, hvor bauxiten renses og omdannes til Al_2O_3 . Herefter kræves elektrolyse af Al_2O_3

for at fremstille rent aluminium (Hall-Héroult-processen). For at fremme denne proces kræves et flusmiddel, og her viste kryolit sig at være velegnet, da det i smeltet tilstand (over 1000°C) opløser aluminiumoxid, så elektrolysen derefter kan forløbe.

Der kom fra 1920'erne for alvor gang i kryolittbrydningen. Kryolitten blev fra Ivittuut transporteret til København, hvor fabrikken Øresund fik rettighederne til at forhandle rensat kryolit. Hovedaftageren var amerikanske Pennsalt. I løbet af 1900-tallet blev kryolitten fra Ivittuut efterhånden afløst af syntetisk kryolit fremstillet ud fra fluorit, men produktionen i Ivittuut nåede ikke at blive urentabel, før minen var helt udtømt omkring 1990 [12].

Hvor findes kryolit, og hvorfor er det ikke mere almindeligt?

Den eneste forekomst af kryolit med en størrelse, som har gjort den økonomisk relevant, er i sydgrønlandske Ivittuut. Denne kryolitforekomst er relateret til Gardarprovinsen, som er en udsukt riftzone, der blev dannet som en begyndende (men afbrudt) opsplitning af den grønlandske kontinentalskorpe for godt en milliard år siden (figur 4a). I en aktiv riftzone vil opsplitningen af kontinentalskorpen give plads til varmt, opstigende materiale fra Jordens kappe, som delvist smelter til magma på grund af tryk-aflastningen. Riftzoner er karakteriseret af alkaline magmaer, dvs. smelter med relativt højt indhold af alkalimetaller i forhold til silicium. Under opstigningen fra kappen mod overfladen udvikler den kemiske sammensætning af magmaet sig gennem forskellige processer.

En vigtig proces er fraktioneret krystallisation. Dette begreb dækker over, at magmaer krystalliserer inkongruent over temperaturintervaller i størrelsesordenen hundreder af grader. Hvis tidligt dannede mineraler isoleres fra systemet,

vil magmaet gradvis ændre sammensætning, for eksempel vil alkalimetallerne opkoncentreres. En anden proces er assimilation, hvor det krystalliserende magma frigiver varme, som smelter det omgivende skorpemateriale, som derefter bliver blandet ind i magmaet. Meget tyder på, at der, for at kryolit kan dannes, kræves en vis dybde i en riftzone og de helt rigtige geokemiske forhold. For at kryolitten kan ses ved jordoverfladen, kræves derfor, at riftzonen, efter den er udsukt, hæves op, så de øverste kilometer eroderes væk. Udsukte riftzoner er ikke så almindelige og de skal altså også være eroderet ned til den rigtige dybde.

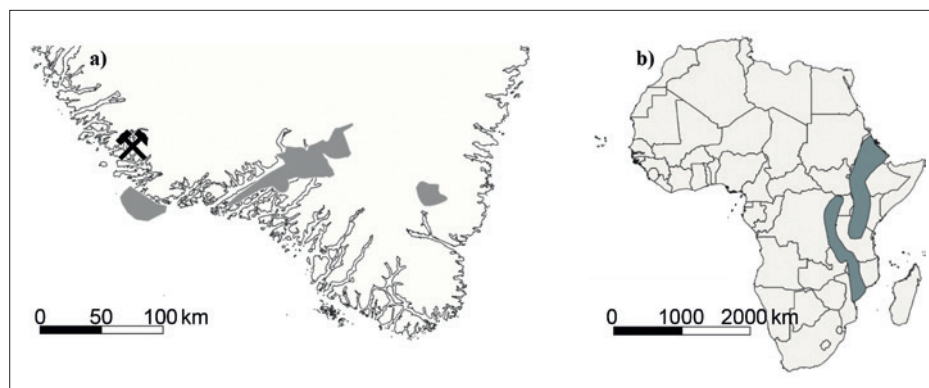
Gardarprovinsen kan ses som en gammel ækvivalent til den nutidige østafrikanske rift (figur 4b), hvor det østlige Afrika er ved at splittes fra resten af kontinentet. Her observerer vi i dag overfladefænomener som dale (med de store afrikanske søer), aktive vulkaner med alkaline magmaer og jordskælv. I Gardarprovinsen er overfladefænomenerne eroderet væk, og de fleste bevarede magmatiske bjergarter er krystalliseret i flere kilometers dybde.

Ivittuut-forekomsten er en cylinderformet zone i jorden, hvor omdannelsen af den omkringliggende granit bliver mere og mere udtalt væk fra et centrum, som udgøres af ren kryolit (figur 5, side 32). Omkring den rene kryolit findes mineralselskaberne siderit-kryolit og fluorit-kryolit. Desuden er der kryolitfrie mineralselskaber og greisen. Greisen repræsenterer granit, som er stærkt omdannet af hydrotermale fluider, der typisk frigives under størkningen af et magma.

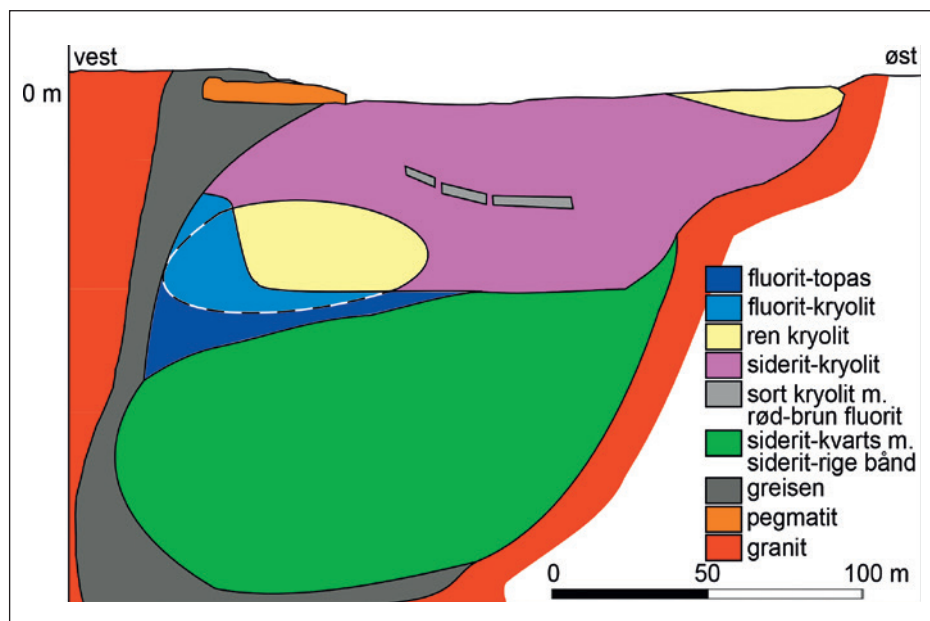
Et mineral vil være sjældent, hvis (1) det har et begrænset stabilitetsfelt i tryk-temperatur-kemisk sammensætningsrummet, (2) dets stabilitetsfelter i selvsamme rum kun sjældent optræder på Jorden, og/eller (3) det er meget ustabil ved overfladeforhold [13].

Fasediagrammer baseret på geokemiske forsøg illustrerer, at kryolit er stabil under meget høje F^- - og Na^+ -aktiviteter (figur 6b, side 32), og under meget høje forhold mellem Na^+ - og Ca^{2+} -aktiviteter (figur 6a). Dette er i kontrast til Jordens gennemsnitlige kontinentalskorpe, der indeholder sammenlignelige mængder Ca og Na: 3,59 vægt% CaO , 3,27 vægt% Na_2O og meget beskedne 524 $\mu\text{g/g}$ F [14].

Ivittuut-forekomsten må være dannet i en proces, hvor meget F-rige fluider er blevet udskilt fra et silikatmagma [15,16]. Et granitmagma kan i sig selv have bidraget til at opkoncentrere kryo-



Figur 4. Kort, der viser den observerede udbredelse af (a) Gardarriften (grå) og (b) den østafrikanske riftzone (grå) [18,19]. Kryolitforekomsten i Ivittuut er markeret med minesymbolet (hammer og mejsel).



Figur 5. Skematisk profil gennem kryolitforekomsten ved Ivittuut [15]. Topas er et ortorombisk nesosilikat med den kemiske sammensætning $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})_2$. Siderit er trigonal FeCO_3 . Pegmatit har meget store krystaller og kan have granitisk sammensætning.

litkomponenterne (Na, Al, F) gennem fraktioneret krystallisation. På et eller flere tidspunkter er der afblandet F^- - og CO_2 -rige fluider, enten (a) på grund af trykafkastning under opstigning gennem jordskorpen eller (b) stigende koncentration af fluider.

Fluidafblanding giver en pludselig volumenudvidelse, som kan medføre eksplosiv vulkanisme. I toppen af Ivittuut-forekomsten findes således bjergarter, hvor stykker af allerede krystalliseret granit er indlejret i kryolit, samt andre mineraler, der må være dannet fra en fluidfase i en såkaldt intrusionsbreccie. Dette tyder netop på en eksplosiv udvidelse af magmakammeret.

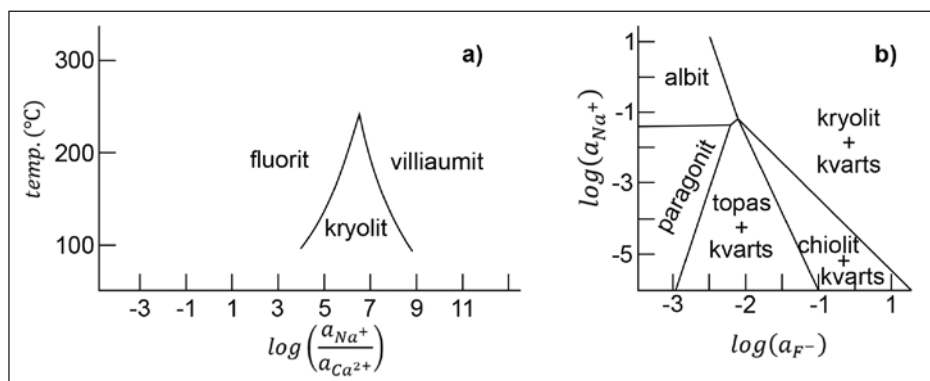
De meget høje F-aktiviteter, som er nødvendige for stabiliseringen af kryolit, er ikke almindelige i geokemiske systemer, men kan muligvis forekomme, når granitten relativt tidligt har afblandet en CO_2 - og HCl -rig fluid, som også var rig på H_2O , der dog kan være tilført fra jordoverfladen [15,16]. Efter

at disse komponenter var blevet udskilt, har granittens magma kunnet undergå en høj grad af fraktioneret krystallisation inden en fornyet fluidafblanding. Uanset processen må den nye fluid have været tilstrækkelig F-rig til at stabilisere kryolit [15]. Det underbygger denne tolkning, at kryolit forekommer sammen med topas og med fluorit, som svarer til grænsen mellem stabilitetsfelter i fase-diagrammet (figur 6).

E-mail:
Ida Lykke Fabricius: ilfa@dtu.dk
Ole Skursch: olsku@dtu.dk

Tak til Helge Kragh for kritisk gennemlæsning.
Referencer

1. Abildgaard (1799). Norwegische Titanerze und andre neue Fossilien. Allgemeines Journal der Chemie 2: 502.
2. <https://www.mindat.org/min-1161.html> (juni 2025).
3. Pauly, H. (1977). Cryolite, chiolite and cryolithonite: optical data redetermined. Bull. geol. Soc. Denmark 26: 95-101, <https://doi.org/10.37570/bgsg-1976-26-07>.



Figur 6. Stabilitet af kryolit (udvalgte fase-diagrammer efter [20]).

4. <https://research.engr.oregonstate.edu/parrish/index-refraction-seawater-and-freshwater-function-wavelength-and-temperature> (juni 2025).
5. Bøggild, O.B. (1912). Krystalform og Tvillingdannelser hos Kryolit, Perovskit og Boracit, Meddelelser om Grønland 50: 1-95.
6. Bøggild, O.B. (1912). Iagttagelser over kryolitgruppens mineraler. Meddelelser om Grønland 50: 105-129.
7. Pauly, H. (1985). Mechanical properties of cryolite from Ivigtut, South Greenland. Bull. geol. Soc. Denmark 33: 401-413.
8. Johnstrup, F. (1878). Gieseckes mineralogiske rejse i Grønland. Bianco Luno, København. 1-332.
9. <https://www.lenntech.com/chemistry/cryolite-soda-process.htm> (juni 2025).
10. Kragh, H. (1995). From curiosity to industry: The early history of cryolite soda manufacture, *Annals of Science* 52(3) 285-301, DOI: 10.1080/00033799500200241, se også: Kragh H. (2016). Julius Thomsen: A Life in Chemistry and Beyond, Videnskabernes Selskab. Scientia Danica. Series M, Mathematica et physica, vol. 2.
11. Sainte-Claire Deville, H-E. (1856). Mémoire sur la fabrication du sodium et de l'aluminium, *Annales de chimie et de physique*, 46: 415-58. Wikipedia.
12. Topp N.-H. (2009). Kryolit, en udtømt naturressource. *Erhvervshistorisk Årbog* 2009: 153-176 ISSN0071-1152.
13. Hazen, R.M. & Ausubel, J.H. (2016). On the nature and significance of rarity in mineralogy. *American Mineralogist*, 101(6): 1245-1251, <https://doi.org/10.2138/am-2016-5601CCBY>.
14. Rudnick, R.L. & Gao, S. (2003). Composition of the continental crust. I: Holland, H.D. & Turekian, K.K. (redaktører): *Treatise on geochemistry*. Elsevier, Oxford, pp 1-64 (2003). DOI: 10.1016/B0-08-043751-6/03016-4.
15. Pauly, H. & Bailey, J.C. (1999). Genesis and evolution of the Ivigtut cryolite deposit, SW Greenland. Meddelelser om Grønland, Geoscience 37. Copenhagen, The Commission for Scientific Research in Greenland. DOI: <https://doi.org/10.7146/moggeosci.v37i.140693>.
16. Köhler, J., Konnerup-Madsen, J. & Markl, G. (2008). Fluid geochemistry in the Ivigtut cryolite deposit, South Greenland. *Lithos* 103 (3-4): 369-392. DOI: 10.1016/j.lithos.2007.10.005.
17. Benjah-bmm27 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1978299> (juni 2025).
18. Upton, B.G.J. (2013). Tectono-magmatic evolution of the younger Gardar southern rift, South Greenland. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 29: 1-128.
19. Musiba, C., Gidna, A. & Alene, M. (2023). The Dawn of Humanity: What can paleoanthropologists and geoscientists learn from one another? *Elements* 19(2): 75-81 (2023). doi: <https://doi.org/10.2138/gselements.19.2.75>.
20. Prokof'ev, V.Y., Semenov, Yu.V., Ryabenko, S.V. & Korytov, F.Ya. (1987). Hydrothermal conditions of formations of mineral assemblages containing cryolite. *Geochemistry International* 25(1):62-70.

Chr. Hansen A/S, osteløbe og teknologispring

– en virksomhed, der har en historie med mange facetter.

Af Kurt Jacobsen, dr.phil.

Den 29. januar 2004 fusionerede de to danske virksomheder, Novozymes A/S og Chr. Hansen A/S, og dannede et nyt selskab med navnet *Novonesis A/S*. Det fortsættende selskab var Novozymes, der var klart det største af de to selskaber, mens Chr. Hansen blev opløst som et selvstændigt selskab blot otte uger inden sin 150-års fødselsdag 24. marts 2024.

En virksomhed med en særlig historie

Det er usædvanligt, at erhvervsvirksomheder overlever i 150 år, men Chr. Hansen har opereret på verdensmarkedet fra det industrielle gennembrud i Danmark i 1800-tallet op gennem hele det 20. århundrede til de første årtier i 21. århundrede. Det lykkedes således Chr. Hansen at klare sig igennem en både langvarig og omskiftelig periode med blandt andet to verdenskrige, recessionen i 1930'erne, den kolde krig, østblokkens sammenbrud samt globaliseringen. Hertil en kolossal økonomisk og teknologisk udvikling.

Chr. Hansens udvikling rummer både familiehistorie, ejerskabshistorie, finansiell historie, teknologihistorie samt ledelses- og organisationshistorie, der – vævet ind i hinanden – har skabt en unik historie om et dansk industriikon til tider turbulente udvikling gennem tre århundreder.

Det bærende grundlag gennem størstedelen af hele udviklingen har været produktion og salg af osteløbe, der var det absolutte hovedprodukt frem til 1980'erne, hvor bakteriekulturer blev et stort og voksende forretningsområde, og hvor udviklingen af de første probiotika kom til at pege frem mod fusionen med Novozymes.

Chr. Hansen opstod på grundlag af et teknologispring, hvor det for første gang lykkedes at fabriksfremstille en ensartet animalsk osteløbe, og siden blev selskabet udfordret i 1960'erne og 1980'erne af to yderligere teknologispring. Hovedemnet for denne artikel er, hvorledes Chr. Hansen håndterede disse

to teknologispring; først fremkomsten af såkaldt mikroløbe fremstillet ved fermentering af mikroorganismer, og derefter fremkomsten af såkaldt genløbe fremstillet ved fermentering af genmodificerede mikroorganismer.

Succesens begyndelse

I et foredrag i april 1874 kunne apoteker Christian Hansen meddele, at det var lykkedes ham som den første at udvikle en standardiseret osteløbe med stabil og konstant styrke, og at den ydermere kunne fremstilles fabriksmæssigt. Allerede måneden inden havde han stiftet Chr. Hansens Teknisk-Kemiske Laboratorium (Chr. Hansen) med fabrik på Frederiksberg og kontor i det indre København.

Det er enzymet chymosin, der får mælken til at koagulere og blive til ost, og det var derfor komplicerede problemer, Chr. Hansen uden nutidens kendskab til pH-værdier og proteinkemi måtte overvinde i udviklingen af metoder til ekstraktion af chymosin fra kalvemaver og til enzymkoagulering, så der kunne fremstilles en osteløbe.

Det lykkedes, og Chr. Hansens osteløbe gik hurtigt sin sejrsgang, ikke kun i Danmark, men over det meste af Europa, hvor den blev rost og præmieret på den ene udstilling efter den anden. Samtidig voksede salget med en hast, som formentlig først er set senere med potensmidlet Viagra og væggtabspræparatet Wegovy.

Salget i Europa foregik gennem agenturer og repræsentationer, men i 1878 tog Christian Hansen springet over Atlanten til USA og oprettede som den første danske industrivirksomhed en fabrik og en repræsentation i det forjættede land, Chr. Hansens Laboratory – og succesen var hjemme – også i Amerika.

Chr. Hansen havde også andre produkter i porteføljen, blandt andet smørfarve og ostefarve. Han forsøgte også at udvikle en såkaldt syrevækker – en rendyrket bakteriekultur til fremstilling af syrnede mælkeprodukter, men det mislykkedes. Først i midten af 1890'erne kunne selskabet markedsføre en syrevækker, man havde købt rettig-



I 1907 tog Chr. Hansen en nyopført fabrik i Fanøgade i brug. Fabrikken havde tre etager plus et højt loft og var indrettet, så osteløbeproduktionen foregik i en samlet proces ned gennem bygningen fra findeling af de tørrede kalvemaver på loftet til aftapning af den færdige osteløbe i stueetagen. Selve ekstraktionen af chymosinen foregik i store trækar med anvendelse af saltlud bestående af 9 procent kaliumklorid tilsat 1,3 procent borsyre.

hederne til, uden produktet dog blev den store succes.

Osteløben forblev det altdominerende produkt, og det kom til løbende udvidelser af produktionen i både Danmark og USA for at kunne følge med den konstant voksende efterspørgsel.

Krige og mellemkrigstid

Da Christian Hansen døde i 1916, omdannedes selskabet året efter til et aktieselskab med Christian Hansens enke, Agnes Hansen, som enejer og sønnen, cand.polyt. Johannes Hansen, som administrerende direktør og selskabets stærke mand. Ved Agnes Hansens død i 1930 gik aktierne ligeligt i arv til de seks børn, og de næste knap 60 år var Chr. Hansen A/S kontrolleret af familien.

Under 1. verdenskrig var der oprettet nye fabrikker i England og Canada, og med fabrikkerne i Danmark og i USA var det nyoprettede Chr. Hansen A/S verdens ubetinget største producent af osteløbe.

Efter nogle vanskelige år under efterkrigstidens lavkonjunktur var der igen stærk fremgang – og fortsat med osteløbe som det altdominerende produkt. ►

Også under 1930'ernes økonomiske krise voksede både omsætning og overskud, og der oprettedes nye fabrikker i Tyskland og Italien. Også 2. verdenskrig kom Chr. Hansen helskindet igennem, men efter nogle efterkrigsår med vækst, stagnerede salget op gennem 1950'erne og ind i 1960'erne, til selskabet mødte en udfordring af en helt ny karakter end kriser og krige.

Ny teknologi og konkurrence

Sommeren 1964 foreslog det danske firma Danisco A/S et samarbejde om udvikling af et mikrobiologisk enzym, der kunne erstatte animalsk osteløbe, så Chr. Hansen ikke længere var så afhængig af leverancer af kalvemaver og deres pris. Danisco arbejdede allerede med teknologien, hvor enzymer dannes ved fermentering af mikroorganismer som bakterier og svampe. Forslaget blev afvist, men to år senere begyndte Chr. Hansens

somheder Miles Laboratories og Pfizer havde mikroløber på vej, og det samme havde en japansk konkurrent. Et samarbejde med Novo Nordisk ville kunne give Chr. Hansen et forspring, men internt i selskabet – og især hos administrerende direktør Frits Schousboe – var der en stærk mistro til mikroløbe og dens forretningspotentiale – selvom man havde sit eget udviklingsprojekt. Tilbudet blev derfor afvist, og da man erfarede, at Novo Nordisk også baserede sig på Mucor miehei-stammen og var kommet først med en patentansøgning, standsede man sit eget udviklingsprojekt.

Det standsede dog ikke konkurrenterne, og i takt med at anvendelsen af mikroløbe blev stadig mere udbredt og billigere, øgedes presset på Chr. Hansen. Det endte derfor med, at man krøb til korset og så sent som 13. februar 1973 indgik en licensaftale om fremstilling og salg af Novo Nordisks mikroløbe,

bejde, man havde indledt med Carlsberg Laboratorium, hvor man med anvendelse af en ny teknologi, genmodificering, tilførte en svamp eller en bakterie evnen til at producere chymosin, kaldet genløbe, der var helt identisk med enzymet i kalveløbe.

Chr. Hansen spillede imidlertid på flere heste, da man i 1982 yderligere indledte samarbejde med de amerikanske firmaer Dow Chemical Company og Corning Glass Works, hvor sidstnævnte samarbejdede med det amerikanske biotekfirma, Genentech.

I slutningen af 1982 fik Chr. Hansen meddelelse om, at det var lykkedes et fællesejet datterselskab af Corning Glass Works og Genentech, Genencor Inc., at fremstille chymosin ved hjælp af en genmodificeret skimmelsvamp.

I januar 1983 modtog man de første prøver fra USA, der viste, at der var tale om ægte chymosin, og samme forår indgik selskabet en aftale med Genencor, hvorefter Genentech skulle stå for produktionen, mens Chr. Hansen fik eneret til global markedsføring af den nye genløbe, som man forventede – som de første i verden – at kunne sende på markedet allerede i 1983.

Det gik anderledes, da der opstod problemer med enzymets stabilitet, og i stedet forsøgte Genencor at fremstille chymosin ved genmodificering af en ny mikroorganisme, hvilket lykkedes i sommeren 1985 – men kun i laboratorieskala.

Det havde således fortsat lange udsigter, inden en genløbe kunne sendes på markedet, og da Chr. Hansen i foråret 1986 blev kontaktet af hollandske Gist-Brocades, der tilbød et samarbejde om en færdigudviklet, fermenteret genløbe, stillede man sig positiv og indgik i forhandlinger. Samtidig gennemførtes en række positive ostningsforsøg med genløben, men da det hollandske firma, som led i en aftale, forlangte en betydelig aktiepost i Chr. Hansen med et perspektiv om at overtage selskabet, standsede Chr. Hansen forhandlingerne.

Gist-Brocades besluttede derfor selv at markedsføre genløben, der allerede var godkendt i Schweiz, og Chr. Hansen kom dermed ikke først. Til gengæld stod selskabet over for en betydelig udfordring, og man vendte derfor tilbage til Genencor, hvis økonomiske krav om yderligere finansiering, man accepterede, da projektet blev set som eneste mulighed, hvis ikke det skulle gå med genløben, som det var gået med mikroløben.

I juni 1989 kunne Genencor endelig indsende en ansøgning til de amerikanske myndigheder, FDA, om godkendelse



Til brug for fremstillingen af bakteriekulturer købte Chr. Hansen i 1993 en grund i Avedøre og opførte en frysetørningsfabrik med tilhørende fermenteringsenhed og lagerfaciliteter. I 2006 indledte man på nabogrunden opførelsen af en ny kulturfabrik, så fremstillingen af de 25 største kulturprodukter var samlet på ét og samme produktionsanlæg. På billedet trækkes frysetørrede kulturer ud af et frysetørningskammer.

forskningsafdeling i København selv at arbejde med udvikling af en brugbar mikroløbe, som det blev kaldt, baseret på skimmelsvampen Mucor miehei.

I medicinalvirksomheden Novo Nordisk, der i forvejen anvendte fermentering til fremstilling af penicillin og industrielle enzymer, arbejdede man imidlertid også med udvikling af en mikroløbe. I foråret 1967 tilbød selskabet et samarbejde, hvor Chr. Hansen fik licens til forhandling af en nyudviklet mikrobiologisk osteløbe, som fysisk-kemisk lå meget nær op ad animalsk osteløbe, og som ifølge Novo Nordisk havde givet udmærkede resultater i praktiske ostningsforsøg.

Også de amerikanske medicinalvirk-

Rennilase, som allerede blev markedsført af flere konkurrenter – og af Novo Nordisk selv.

Presset på Chr. Hansen aftog derfor ikke, tværtimod, og derfor – og for at frigøre sig fra afhængigheden af Novo Nordisk – satte selskabet i sommeren 1975 et nyt udviklingsprojekt i gang baseret på Mucor pusillus lindt-stammen. Det blev lukket ned i februar 1980, da markedet for mikroløbe var mere end mættet, og et nyt produkt derfor ikke kunne forventes at blive rentabelt.

Udviklingen af chymax

Chr. Hansen fik således ikke udviklet sin egen mikroløbe, men til gengæld så man store perspektiver i et samar-

af genløben – efter at både Pfizer og Gist-Brocades havde indsendt ansøgninger. Mens Pfizers genløbe, Chymax, blev godkendt i marts 1990 og Gist-Brocades' i marts 1992, trak det ud med godkendelsen af Genencors, der først blev godkendt i maj 1993. Til gengæld fik Chr. Hansen allerede i juni 1989 godkendt Chymogen, som blev produktnavnet, i Sverige, der blev fulgt af Danmark i 1991 og to år efter af endnu en række europæiske lande.

Hermed var besværlighederne ikke ovre, da patentsituationen var uafklaret med retssager på kryds og tværs mellem aktørerne, hvilket resulterede i nye konstellationer, hvor det lykkedes Chr. Hansen at få greb om markedet. I september 1996 indgik Chr. Hansen og Genencor således en licensaftale, hvorefter Chr. Hansen overtog hele genløbeprojektet, og måneden efter købte Chr. Hansen Pfizers løbeproduktion inklusive Chymax-navnet, som man fremover også anvendte til sin egen genløbe, mens navnet Chymogen blev skrottet.

Genencor skulle stadig fremstille genløbe til Chr. Hansen, men i slutningen af 1990'erne overtog selskabet selv hele produktionen og flyttede den til en fabrik i Nienburg i Tyskland. Hermed havde selskabet – om end ad kringlede veje – sikret sig en fortsat plads som en globalt ledende leverandør af osteløbe i en tid, hvor animalsk løbe ikke længere var hovedproduktet.

Bakteriekulturområdet

Samtidig med at Chr. Hansen kæmpede for teknologisk fornyelse af sin osteløbeproduktion og for at bevare sin førende position på markedet, begyndte man i 1970'erne at udvikle nye produktområder for at komme fri af den store afhængighed af osteløbe. Et gennembrud kom, da man i 1976 efter flere års udvikling indledte produktionen af en ny type syrevækkere, såkaldte DVS-kulturer (Direct Vat Set) til brug ved osteproduktion.

DVS-kulturerne betød et teknologisk spring i osteproduktionen, da produkterne kunne hældes direkte i mælken, og fordi osten fik en ensartet kvalitet, ligesom produktionsekonomien blev mærkbart forbedret. DVD-kulturerne blev hurtigt en succes på begge sider af Atlanten, og samtidig tilførtes hele bakteriekulturområdet en ny impuls, da fødevarerkoncernen Danone i midten af 1980'erne henvendte sig med et ønske om at få udviklet kulturer til sin yoghurtproduktion.

Det førte til udvikling af en bred vifte af forskellige yoghurtkulturer, herunder

en række særlige probiotiske kulturer med en sundhedsfremmende virkning, og op gennem 1980'erne voksede salget af mejerikulturer, så det i 1992 var lige så stort som osteløbesalget, hvortil kom et mindre salg af kød-, vin- og brødkulturer. Selv betegnede Chr. Hansen sig som ”den globalt førende virksomhed inden for udvikling, produktion og salg af mælkesyrebakterier”.

Andre forretningsben

Parallelt med opdyrkelsen af kulturområdet havde Chr. Hansen også forsøgt at udvikle to nye forretningsben. I midten af 1970'erne begyndte man således at udvikle bakteriekulturer til brug i landbruget, hvor produkterne blev tilsat dyrefoder for at fremme væksten og forebygge sygdomme. Til at drive udviklingen oprettedes i 1981 datterselskabet Bio-Systems A/S, der dog aldrig blev en succes og derfor blev nedlagt i 1999.

I 1979 købte man det danske medicinalfirma ALK A/S, der udviklede og solgte allergivacciner, men selskabet blev aldrig integreret i Chr. Hansen, ligesom der ikke opnåedes synergi-effekter. Da ALK i 2004 nærmede sig afslutningen i udviklingen af en ny generation af allergivacciner, kom det til en opsplitning.

På det tidspunkt var Chr. Hansen kontrolleret af Lundbeckfonden, som i 1979 havde købt familieaktierne, og mens Lundbeckfonden ved opsplitningen fastholdt ejerskabet af ALK, blev Chr. Hansen sat til salg og året efter solgt den franske kapitalfond, PAI.

Turnaround og strategisk nybrud

Fra 2005 til 2010 gennemførte PAI en gennemgribende turnaround af Chr. Hansen, hvor forretningsområdet smagsstoffer, som var tilkøbt i 1990'erne, blev frasolgt, mens især kulturområdet blev styrket, blandt andet med oprettelse af en Helbreds- og Ernæringsdivision, hvori indgik fremstilling af probiotika.

I 2010 blev Chr. Hansen introduceret på Børsen, da PAI indledte et salg i flere omgange af sine aktier i selskabet, og i januar 2013 fulgte en strategisk nyorientering med afsæt i Helbreds- og Ernæringsdivisionen og med tråde tilbage til de første probiotika i 1980'erne: ”Hvor Chr. Hansen i dag er et ingrediensfirma med en lille hale, der hedder life science, kunne vi om ti år være et life science selskab med en lille hale, der hedder ingredienser. Det er den rejse, vi er på”, lød det i et interview i *Børsen* med bestyrelsesformand Ole Andersen og administrerende direktør Lars Frederiksen.

De to pegede på betydningen af tarmfloraen, der udgør størstedelen af det humane biom, der består af alle mikroorganismer i og på den menneskelige krop. Langt de fleste af bakterierne i tarmfloraen er harmløse, mens nogle er sygdomsfremkaldende – og så er der de gavnlige eller ”gode” bakterier, der forebygger eller beskytter mod sygdomme. Det var den sidste gruppe, der havde Chr. Hansens interesse, da de kunne anvendes til udvikling af antibiotika til at holde de skadelige mikroorganismer i skak.

Også i Novozymes, der historisk – som en del af Novo Nordisk frem til 2000, hvor divisionen blev et selvstændigt selskab – havde koncentreret sig om udvikling af enzymer til brug i industriel produktion, fattede man interesse for det humane biom og de ”gode” bakterier. I begge firmaer udviklede engagementet sig efterhånden til at arbejde med bakterielle løsninger, ikke kun i forbindelse med sygdom, men også i forhold til dyrevelfærd og landbrugsdrift, samt bredere samfundsmæssige spørgsmål som forurening og klimaforandringer.

Det var en udvikling, som de to selskabers konkurrenter på ingrediensområdet også slog ind på, og efter flere store internationale fusioner modnede tanken om at fusionere Chr. Hansen og Novozymes med henblik på at skabe en stor og konkurrencedygtig dansk spiller på det nye globale marked for bakterielle løsninger. Da den fælles meddelelse om fusionen blev udsendt i december 2022, hed det, at man ville vise verden ”the true power of biosolutions”.

Efter myndighedsgodkendelse i USA, EU og andre berørte lande, kunne fusionen til Novonosis gennemføres i slutningen af januar 2024, hvilket med selskabets egne ord skabte ”a leading global biosolutions partner”.

Novonosis producerer dog fortsat enzymer til både mejeri- og fødevarerindustrien samt en lang række andre industrier – og der produceres stadig osteløbe, både animalsk løbe, mikroløbe og genløbe.

Artiklen bygger på bogen ”Chr. Hansen. 150 års industrieventyr for bedre fødevarer og sundhed”, som blev udgivet i 2024. Bogen er skrevet af dr.phil. Kurt Jacobsen, samt ph.d. Morten Lind Larsen og ph.d. Troels Riis Larsen i regi af en forskningsaftale mellem Chr. Hansen og CBS. Den er baseret på fri og uhindret adgang til hele Chr. Hansens arkiv og fuld forfatterfrihed.

E-mail:
Kurt Jacobsen: kj.bhl@cbs.dk

Sulfitter. Sulfo. Sulfonater og sulfater. Sulfa. Sulfy. Sulfider. Sulfan

Hvad er fælles for indholdet af de to flasker på billedet? Der er svovlforbindelser i begge, og i begge giver de pågældende forbindelser lidt nomenklaturmæssigt hovedbrud.

Svovl er et af oldtidsgrundstofferne, så der har været god tid for både forgængerne til ordet **svovl** og for det latinske **sulfur** (eller sulphur) til at generere en kompliceret etymologihistorie. Men: i hvert fald siden 1959 [1], og sikkert længere, har IUPAC kun medtaget stavemåden med 'f' i grundstofnavnet sulfur og i alle afledninger (i modsætning til, hvad der står i den engelske Wikipedia [2]). I Nomenklaturudvalgets betænkning fra 1952 [3] anførtes ved siden af 'svovl' navnet 'sulfur' primært til anvendelse ved dannelse af afledninger som dem, vi ser på nedenfor. Så ikke mere om 'ph' i svovlnomenklatur i denne omgang. (Historien om phosphor og 'ph' er en helt anden, blandt andet fordi grundstoffet først blev opdaget i 1669, og navnet for det blev konstrueret ud fra græsk. Det græske *θειον* for svovl genkendes i øvrigt i den systematiske nomenklatur brug af 'thia' (se nedenfor) og 'thio', og begge sproglige rødder findes i navnet thiosulfat).

Sulfitter

På rødvinflasker står der på dansk altid 'indeholder sulfitter' (naturvin dog undtaget). Hvorfor denne flertalsform? De EU-tilladte tilsætningsstoffer, som er sulfitter i bred forstand, står sådan her på E-nummerlisten:

E 220, svovldioxid; E 221, natriumsulfit; E 222, natriumhydrogensulfit; E 223, natriumdisulfit; E 224, kaliumdisulfit; E 226 calciumsulfit; E 227 calciumhydrogensulfit; E 228 kaliumhydrogensulfit.

Det her er desværre ikke en artikel om vinfremstilling, så hvordan 'sulfitterne' ender i vin og hvorfor, må læserne læse om et bedre sted, for eksempel i [4] eller i [5], hvor det hedder "In enology, the terms "sulfites", " SO_2 ", and "sulfur dioxide" are often used interchangeably", hvorefter det er præcis, hvad der sker i bogen. Intet sted i den 550 sider lange monografi er det beskrevet, hvad det faktisk er, der tilsættes, men det beskrives, at den dominerende sulfitspecies i vin er hydrogensulfit, HSO_3^- , som forfatterne i øvrigt desværre konsekvent kalder 'bisulfite'. Hvad er det nu, der er galt med det (og med 'bicarbonat', nu vi er ved det)? Det er, at det latinske 'bi' i nomenklatur betegner en doubling af en enhed, ligesom det græske 'di' også gør, og netop derfor kan man let forveksle bisulfit og disulfit. Problemet med de to mulige betydninger af disvovlsyring og disulfit og det mystiske 'metabisulfit' er beskrevet i en tidligere artikel her i bladet [6]. Det kan også anbefales at læse om det i den nu lettilgængelige og reviderede *Blue Book* [7]. Men altså: i EU-forordninger (ikke nærmere analyseret her)/E-nummerlisten/CAS-registret bruges 'disulfite' om den asymmetriske struktur.

Flertalsformen 'sulfitter' kunne måske lidt søgt forsvares



ved, at der qua en række sekundære og/eller naturlige reaktioner i vin faktisk findes flere forskellige sulfitforbindelser ud over hydrogensulfit i flasken – som grundigt beskrevet i [5]. Vinkyndige læsere, hjælp!

Sulfo (sulfonater og sulfater)

Den 3. marts 2025 var der en gigantisk overskrift i *Politiken* med netop ordet 'Sulfo'. Under den fortalte Marianne Rathje (MR) fra Dansk Sprognævn i sin ugentlige klumme, hvordan dette ord er på retur til fordel for 'opvaskemiddel'. Hendes indlæg giver anledning til et par kommentarer.

Hvad forstår vi som kemikere ved 'sulfo'? Det er et *præfix*, der i systematisk nomenklatur betegner en substituerende sulfonsyregruppe $\text{HO}_3\text{S}-$, når der i strukturen er en overordnet substituent, der har forrang til at blive betegnet med *suffiks*. Altså for eksempel 4-sulfocyclohexan-1-carboxylsyre, $4-(\text{HO}_3\text{S})\text{C}_6\text{H}_{10}\text{COOH}$.

Hvad har sulfo så med opvaskemidler at gøre? Hæng på, forklaringen er lidt lang.

Til tøjvaskemidler udviklede man under 2. verdenskrig

råoliebaserede **sulfonater**, primært alkylbenzensulfonater, da klassiske *sæber* (salte af langkædede alifatiske carboxylsyre) blev en mangelvare. Også alkyl**sulfater** og ethoxylerede alkyl**sulfater** blev efterhånden brugt, disse også i håndopvaskemidler. Formelt er de svovlsyreestere og *ikke* sulfonater. (Denne forfatter bekendt har man ikke brugt sulfonater i håndopvaskemidler, men hvis læsere har information om dette, hører jeg meget gerne om det). *Den Danske Ordbog* [8] forklarer 'sulfo' som 'syntetisk (op)vaskemiddel', men definerer det ikke præcist kemisk. Under alle omstændigheder kom sulfaterne ved en dobbelt sprogforvirring til at blive betegnet som **sulfosæbe(r)**, selv om de altså hverken var sæber eller sulfoforbindelser (i betydningen sulfonater), nok fordi 'sæbe' uden for snævre fagkredse ofte bruges i flæng om vaskemidler (som MR også gør til slut: "sæben til vaskemaskinen"). Deraf (formentlig) så den korte form 'sulfo' brugt om håndopvaskemidler. Det interessante er nu, at udviklingen ifølge MR går i retning af at bruge det mere besværlige ord 'opvaskemiddel' i dagligsproget. (NB: Maskinopvaskemidler er en anden historie; deri anvendes absolut ikke sulfo eller sæbe!).

MR har ret i, at forskellige kilder definerer 'sulfo' forskelligt, og at der til dels anføres modstridende oplysninger. Det ellers ærværdige og vist aldrig overtrufne værk *Meyers Vareleksikon* [9] fik allerede i 1952 rodet lidt rundt i sulfater og sulfonater i beskrivelsen af 'syntetiske vaskemidler'.

Nærværende forfatter finder det naturligt at opfatte sulfo og sulfosæbe i betydningen håndopvaskemiddel som ubøjelige materialebetegnelser. Det synes *Retskrivningsordbogen* og dermed COR (Det centrale Ordregister) [10] dog ikke; 'sulfo' har ovenikøbet både intetkøn og fælleskøn dér. Efter en hurtig korpusinspektion indrømmer Peter Juel Henriksen imidlertid, at formen 'sulfoet' ikke synes at blive brugt, hvorimod der er mange dokumenterede eksempler på 'sulfoen'. Ligesom MR fandt han dem i aviser og ugeblade. Faktisk havde lex.dk [11] også formen 'en sulfo' (i betydningen 'et sulfonat'). I Nomenklaturudvalget er vi så småt i gang med at etablere COR.KEMI (jf. igen [10]) og skal så forholde os til, hvad der skal stå dér om 'sulfo' og 'sulfosæber'.

Bemærkning. Det er interessant, at hele historien om sulfo i Dansk Sprognavn angiveligt startede med, at nogle af MR's kolleger, der spiser havregrød til frokost, satte havregrødsgrøden i blød i sulfo. Som overfladeaktive stoffer, hvis struktur er designet til at fjerne fedt- og olieholdige besmudsninger (som korrekt anført af DDO [8]), ikke carbohydratbaserede aflejringer som havregrød, forventes sulfo ikke at være meget mere anvendeligt end bare vand, medmindre grøden var tilberedt med mælk... Men hov, dette var en erhvervsskade og har intet med nomenklatur at gøre!

Sulfa

I *systematisk* kemisk nomenklatur er der ikke noget, der hedder 'sulfa'. Men sulfonamider baseret på grundstrukturen 4-aminobenzen-1-sulfonsyre, der har trivialnavnet **sulfanil**-syre, kom til at blive kaldt **sulfapræparater**, og forstavelsen 'sulfa' optræder i en hel række lægemiddelstoffers INN (*international non-proprietary names*), for eksempel sulfamethizol og sulfathiazol (sådanne kan findes i DKN-databasen). Interessant i denne sammenhæng er, at K.A. Jensen, som ikke behøver nærmere introduktion i nomenklaturssammenhæng, tidligt bidrog til udviklingen af sulfapræparater med syntesen af blandt andet sulfamethizol [12]. Den ret fascinerende historie om sulfonamiderne blev beskrevet detaljeret i den lille bekvemme bog [13], som vore ældre læsere nok kender, men allerede på det tidspunkt var de på retur som antibakterielle midler på grund af resistensproblemer og bivirkninger [14].

NB: Der *er* skam bud efter 'a'-former i visse typer af systematiske navne, men dér benyttes 'thia', for eksempel netop i heterocykel-navne som ovennævnte **thiazol**.

Sulfy

Dette er ikke en vittighed og ikke en analogi til en 'smiley'! Til kæde- og ringforbindelser med mange atomer fra grupperne 13-17, men helst ikke for mange hydrogenatomer, har man udviklet en særlig nomenklatur, der klarer en række tilfælde, hvor både klassiske uorganiske og organiske nomenklatursystemer må give op. Bare et enkelt eksempel her: Lad os se på forbindelsen $\text{ClSiH}_2\text{SiH}(\text{CH}_3)\text{NSO}$. Rygraden ClSiSiNSO navngives i denne nomenklatur med 'y'-former for de enkelte atomer, og derefter anføres sidegrupperne, som her hedder hydrido og methyl, så man får det færdige navn 2,2,3-trihydrido-3-methyl-4-azy-1-chloro-6-oxy-2,3-disilyl-5-sulfo-[6]catena ('catena' for kæde – og dér kom så også 'sulfy'). Man kan let indse, at med en traditionel kæde med mange hydrogenatomer kunne samme system principielt godt bruges, men navnet ville blive meget langt med en masse lokanter for hydrido. Læs mere i den seneste 'Røde Bog' [15].

Sulfider

Hvad er det mest berømte sulfid? Måske (di)**hydrogensulfid**, i fordums tid (ja, og stadig hist og her) 'svovlbrinte' og som fornemt stamhydridnavn **sulfan**.

Vi erindrer lige om, at endelsen 'id' (som i sulfid) og suffikset 'id' (som i sulfanid) er systematiske anionindikatorer. Det er derfor, vi prøver hårdt på at komme væk fra 'lanthanider' til fordel for 'lanthanoider' – lad os nu stå sammen om dét her i de sjældne jordarters tidsalder.

*Ture Damhus, formand for Kemisk Forenings
Nomenklaturudvalg*

*editor@kemisknomenklatur.dk
(erhvervsskade: arbejdede i flere årtier med vaskemiddelformuleringer hos Novo Nordisk og Novozymes)*

Referencer

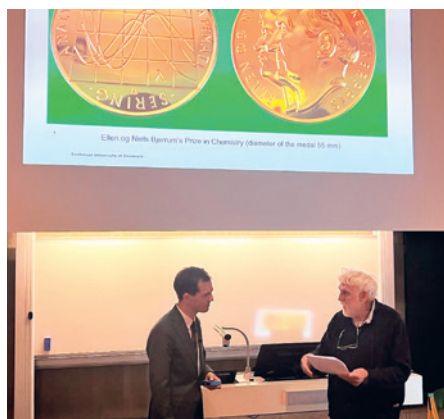
1. IUPAC Nomenclature of Inorganic Chemistry 1957 [Butterworths 1959]. Den første "Røde Bog".
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur> (besøgt 5/6-2025).
3. Betænkning fra det af Kemisk Forening den 12. november 1940 nedsatte nomenklaturudvalg. Udgivet af Kemisk Forening 1952. Findes som særtryk af Kemisk Maanedssblad og Nordisk Handelsblad for kemisk Industri nr. 7-8/1952 i bogen Dansk Kemisk Nomenklatur, der er tilgængelig på det nuværende Nomenklaturudvalgs hjemmeside her: <https://kemisknomenklatur.dk/dkn1978.pdf>.
4. F. Jensen, J.E.T. Andersen, J.B. Christensen, R. Hazell: Grundlæggende Kemi [Gyldendal 2016]. Se boks 18.8, s. 384.
5. A.L. Waterhouse, G.L. Sacks, D.W. Jeffery: Understanding Wine Chemistry [2nd Ed., Wiley 2024].
6. T. Damhus: Er syrlinger særlinge? Er de svæklinge? Dansk Kemi 103 #1(2022)18-20. Artiklen kan også læses her: https://kemisknomenklatur.dk/DK_scans/DK_2022_1_18.pdf.
7. <https://iupac.qmul.ac.uk/BlueBook/PDF>. Se afsnit P-67.3.2.
8. <https://ordnet.dk/ddo> (besøgt 5/6-2025).
9. K. Meyer: Vareleksikon [6. udg., Aschehoug 1952].
10. Jf. T. Damhus, P.J. Henriksen: Nybrud i kemisk retskrivning, Dansk Kemi 106 #1(2025)22-24.
11. Opslaget 'sulfo' på lex.dk (besøgt 5/6-2025).
12. H. Kragh, H.J. Styhr Petersen: En nyttig videnskab – Episoder fra den tekniske kemis historie i Danmark [Gyldendal 1995].
13. E. Hoff-Jørgensen: Vitaminer, sulfonamider og antibiotika [Berlingske Leksikonbibliotek 1962]. I afsnittet om sulfonamider forekommer ordet sulfapræparat interessant nok slet ikke.
14. Opslaget 'sulfonamider' på lex.dk (besøgt 13/6-2025).
15. https://iupac.org/wp-content/uploads/2016/07/Red_Book_2005.pdf. Se afsnit IR-7.4, Inorganic chains and rings.

Kemisk Forenings Årsmøde 2025

Årsmødet 2025 var flyttet fra den fine Oticon-sal på DTU til nye og flotte rammer i Mærsk Tårnet. Årsmødet er på turné, og næste år bliver det afholdt på SDU.

Den første præsentation på mødet var "Application of biocatalysis in organic chemistry" af Sabine Flitsch. Hun fortalte blandt andet om udviklingen af databasen RetroBioCat, som kan bruges til at designe og foreslå "grønne" reaktioner, som anvender enzymer med kendte specificiteter i stedet for adskillige kemiske reaktioner, der kræver brug af mange forskellige kemikalier. Flere praktiske eksempler blev fremhævet, herunder et antistof til cancerbehandling, hvor antistoffets glykosylering kan funktionaliseres, uden at selve antistoffet får nogle kemiske modifikationer overhovedet. Et andet eksempel var specifik acylering, hvor udvalgte aminer i peptider (for eksempel insulin) kan modificeres, så de kan funktionaliseres uden at introducere andre ændringer på selve peptidet.

Cyclodextriner anvendes i forskellige cremer og produkter i fødevarerindustrien, da forskellen i hydrophobicitet mellem ringens inder- og yderside gør det muligt for dem at binde forskellige stoffer. Samtidigt er de forholdsvist stabile på grund af deres ringstruktur.



Sophie Beeren demonstrerede, hvordan man enzymatisk kan skabe forskellige ringstørrelser, samt hvordan man elegant kan styre disse ringstørrelser og deres fordeling. Med en patenteret proces kan de nu, som de første, lave delta-cyclodextrin. Et andet spændende forskningsområde er inkorporering af forskellige monosakkarider i cyclodextriner for at funktionalisere dem.

Under frokosten var der også mulighed for at besøge en masse flotte poster, som posterdommerformanden (Sabine Flitsch) også roste for deres høje videnskabelige niveau under eftermiddagens posterevaluering.

Eftermiddagens program var helliget de enkelte selskaber, og et nyt visionært

selskab blev etableret. Det nye selskab har til formål at støtte unge forskere med deres karrierer gennem et netværk, hvor man kan få hjælp til valg af fondsansøgninger, entreprenøraktiviteter, patentbeskyttelse og karrierevejledning.

Ellen og Niels Bjerrums Kemikerpris uddeles hvert andet år. I år blev prisen uddelt for 33. gang, og modtageren var Kasper S. Pedersen (DTU). Kasper holdt åbningspræsentation til Kemisk Forenings Årsmøde i 2024, så han præsenterede sit arbejde "med en ny titel", men også med en ny vinkel i en rigtig spændende præsentation. Kvantecomputere i dag kræver temperaturer under 0,5K. Dette kan opnås med en heliumisotop, som er ekstrem sjælden. Faktisk er den så sjælden, at nogle firmaer overvejer at isolere den på månen, hvor koncentrationen er lidt højere på grund af solvindene. Denne nedkøling kan også ske med "Kaspers" "spinfustrerede" elektroner i Eu^{2+} -organiske netværk, hvor temperaturen kan reduceres ved at nedkøle til 1K efterfulgt af et magnetisk felt på 1 Tesla. Når det magnetiske felt fjernes, sænkes temperaturen samtidig til det nødvendigt lave niveau.

Alt i alt var det et rigtigt godt årsmøde i Kemisk Forening.

Kristian Krogh (Fagredaktion, Dansk Kemi)



Nyt kemisk-biologisk concept til CO₂-fangst og omdannelse

Oldgamle CO₂-ædende mikroorganismer kan fange CO₂ direkte fra skorstensrøg og omdanne kulstoffet til grønne molekyler. Menneskeskabte CO₂-udledninger slår endnu engang rekordniveauer.

1. oktober, IDA Aarhus, Mariane Thomsens Gade 2F, 3. sal

Læs mere og tilmeld dig fysisk her: ida.dk/arrangementer/361465

Læs mere og tilmeld dig online her: ida.dk/arrangementer/361469.

Ingeniørforeningen, IDA | Kalvebod Brygge 31-33 | 1780 København V | Tlf.: 33 18 55 23
Luka Katrine Agerbo | website: ida.dk | e-mail: luka@ida.dk

Savner du også det store overblik?

PFAS

Mød os på
LabDays
og hør
mere

Med Combustion IC (CIC) får du den totale mængde PFAS i dine prøver.

Med mere end 10.000 forskellige PFAS er det vigtigt at få det fulde billede.

Få hurtige og pålidelige resultater - for alle PFAS.

Med CIC efter den nye standardmetode DIN-38409-59 får du:

Selektiv bestemmelse af AOF, AOCl, AOBr og AOI i forskellige vandprøver

AOF som en hurtig, ikke-målet screening for PFAS'er

Effektivt system med meget lidt vedligeholdelse

Let at bruge, robust og pålideligt



Afsender: TechMedia A/S, Naverland 35, DK-2600 Glostrup, tlf. 43 24 26 28 | Abonnementshenvendelser: abonnement@techmedia.dk

Intelligent Chemistry Biolab A/S Automation Specialist

Biolab A/S Custom Solutions

Liquid dispensing - Vial handling - Measurement of weight- pH - and a lot more...

JASCO

Advanced Spectroscopic & Purification Solutions

SP Scientific

Automated Sample Concentration - Freezedrying

Gilson and Hudson Robotics Inc.

Advanced Automation solutions.



The only limitation is your imagination

Vi ses på LABDAYS Aarhus 10 - 11 Sept. 2025

Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov
+45 8621 2866
sales@biolab.dk
www.biolab.dk