

Dansk Kemi

Nummer 6 - November 2021 / 102. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

Granskov gør måske
mere for klimaet:
partikeldannelse
fra monoterpener

Carlsbergs
patentsag på
bygmutant

Fokus på luftkvaliteten ved Københavns søer



Colly FLOWTECH
INNOVATIV FLOWTEKNIK

**UNIKKE SINGLE-USE
LØSNINGER**

www.collyflowtech.se/en

Nye tider kræver nye løsninger



PLOUGMANN VINGTOFT®



Patent 1000
Plougmann Vingtoft
Recommended Firm 2022



IP STARS
2021 TOP TIER
FIRM

Plougmann Vingtoft er et prisvindende konsulentfirma, der har specialiseret sig i håndtering, beskyttelse og kommercialisering af IPR.

WWW.PV.EU

INDHOLD



1 Forside
Frivillige har bidraget til, at Institut for Miljøvidenskab ved Aarhus Universitet har kunnet få indblik i luftkvaliteten omkring søerne i København. Læs om studiet med low-cost sensorer i artiklen på side 6. Foto: Hugo Savill Russell.

9 Kort nyt: Nobelprisen i Kemi
Læs om årets Nobelpris i kemi.

10 Profil af Gemma Solomon
Professor Gemma Solomon har modtaget Eliteforsk 2021-prisen for hendes forskning i teoretisk kemi. Vi bringer en profil med indblik i hendes forskning inden for kvanteinterferens.

12 EPO's endelige beslutning om Carlsbergs patenter på øl
En mangeårig patentsag omkring hvorvidt Carlsberg kunne få lov til at opretholde et patent på en bygmutant, er nu afgjort.

14 Carbon Capturing: muligheder og dilemma
CO₂ kan opfanges fra kraftvarmeværk, men regneregler og politik kan afgøre, om det er en attraktiv investering.

16 Fra duften af gran til luftbårne nanopartikler
Studier under anvendelse af klimakammer giver indsigt i dannelsen af partikler fra terpener.

20 5-HMF kan erstatte olie - men de bedste produktionsmetoder skal stadig findes
5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF) har et stort potentiale og brugen af ioniske væsker kan måske bane vejen for en effektiv produktionsmetode.

22 Nomenklaturnyt: Om spejlbilleder i organisk kemi og Nobelprisen

24 Jørgen Christian Schythe og landbruget
Jørgen Christian Schythe havde en livslang interesse for landbrug og skrev blandt andet en afhandling om mergelens og staldgødningens virkninger.

27 Kemi i verdensmålene
Nr 17: Partnerskaber for handling.

28 Køkkenkemisten:
Synets betydning for madoplevelsen

30 Fuldautomatisk pH-målesystem sparer tid og penge
pH-målinger på spildevand kan med fordel automatiseres.

TechMedia

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

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

Ledelse:
Adm. direktør Peter Christensen
Direktør Rikke Marott Schelde

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

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

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

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

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

Hjemmeside:
www.kemifokus.dk

Layout: Trine Plass
Tryk: PE Offset A/S

Oplag: 4.190
Online læsere: 1.279

Trykt på miljøvenligt papir
med vegetabiliske miljøfarver.

Abonnement:
Ændring/opsigelse sendes til:
abonnement@techmedia.dk

Bestil abonnement direkte på:
www.techmedia.dk

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.danskkemi.dk

Eller find Dansk Kemi på:  



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



Gift? Ja tak!

Det står i sandhed klart, at gift er blevet et bredt begreb, når vi hører om, hvordan polyfluorerede organiske forbindelser, de såkaldte PFAS, omtales som giftige kemiske stoffer. Lad mig sige med det samme, at disse stoffers giftighed ikke er på niveau med Midgårdsormens edder og forgift, som på Ragnarok dræber Thor, inden han har taget ni skridt, efter han har slået ormen ihjel med sin berømte hammer. Mere om hammeren senere. De polyfluorerede kemiske stoffer (PFAS) er forbindelser, der tværtimod er ekstremt ureaktive og uvillige til at interagere med andre stoffer, hvilket er grunden til, at man har anvendt dem som vand- og fedtafvisende og beskyttende lag på materialer som for eksempel teflon. Fordi de har været anvendt så meget, og er så resistente over for ethvert enzym og samtidigt lipofile (fedtelskende) stoffer, ophobes de i kroppen.

Man finder små mængder af PFAS i blodet hos mennesker og dyr over hele verden, men der er ikke belæg for at sige, at de er sundhedsskadelige i de mængder. Videnskabelige studier viser, at PFAS-stoffer i tilstrækkelig mængde kan føre til forringet sædkvalitet, forøget blodtryk, forøget risiko for cancer, påvirke hormonbalancen og reducere immunforsvaret. Men det gælder faktisk for alle kemiske

Og i nogle
tilfælde har vi
faktisk brug for giftstoffer

stoffer, at de bliver sundhedsskadelige, når de optages i tilstrækkelig stor mængde. Til sammenligning kan indtagelse af alkohol føre til forøget blodtryk, cancer, demens, hjerte- og leversygdomme og reduceret immunforsvar. Og dette ”giftstof” indtager danskerne jo med begejstring - vi er et af de mest alkoholdrikkende folkeslag på kloden og overtræder i den grad anbefalingen om ikke at lade under

21-årige indtage alkohol.

Den rigtige betragtningsmåde er efter min mening ikke at lade sig skræmme af kemiske stoffer, uanset at kemiske stoffer kan være giftige. Det gør ikke noget, at man udsættes for små mængder af kemiske stoffer, så længe det er langt under den giftige dosis. Vi kan selvfølgelig ikke undvære kemiske stoffer - vi er jo selv kemiske fabrikker, der lever af at indtage kemiske stoffer som sukker, protein og fedt og udnytte den kemiske energi i det. Og i nogle tilfælde har vi faktisk brug for giftstoffer.

En type giftstoffer, vi kunne bruge flere af, er stoffer, der er giftige overfor covid-19-virus. Jeg har i en tidligere leder omtalt de eksisterende stoffer, der anvendes, eller som er blevet forsøgt anvendt mod infektionen. Det mest kendte stof er Remdesivir, en nukleosid analog, der inkorporeres i virussen RNA og forhindrer dens reproduktion. Remdesivir har en effekt, men det er ikke giftigt nok overfor virussen. Men nye stoffer er heldigvis på vej. Et nyt og endnu ikke godkendt stof fra Merck og Ridgeback Biotherapeutics, har det interessante navn Molnupiravir. Molnupiravir er opfundet på Emory University i USA og er ligesom Remdesivir en nukleosid analog, idet det har cytidins struktur med en hydroxylamin i 4-positionen og en isobutyl ester i 5' positionen. Navnet kommer af Mjølner, Thors hammer, og stoffet hedder sådan, fordi det er lige så effektivt som Thors hammer: Angiveligt skulle Molnupiravir i kliniske forsøg kunne reducere antallet af hospitalsdødsfald som følge af covid-19 med 50 procent. Så lad os håbe, at denne moderne Thors hammer snart klarer de sidste kliniske forsøg og kommer på markedet og hjælper med at bekæmpe vore dages midgårdsorm.

Mikael Bols

CELEBRATING

AAF[®]
INTERNATIONAL
a member of **DAIKIN** group



BRINGING
CLEAN AIR
TO LIFE.[®]



Frivillige har målt luftforureningen omkring en af søerne i København

Det er attraktivt at gå eller løbe en tur rundt om søerne i København, da det er et naturskønt område midt i byen. Dog er de populære stier delvist omkranset af trafikerede gader. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, har kortlagt luftforureningen omkring søerne ved brug af mobile low-cost luftforureningssensorer og frivillige.

Af Louise Bøge Frederickson^{1,2,3},
Hugo Savill Russell^{1,2,3}
og Ole Hertel⁴

¹ Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

² AirLabs

³ Danish Big Data Centre for Environment and Health (Bertha), Aarhus Universitet

⁴ Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet

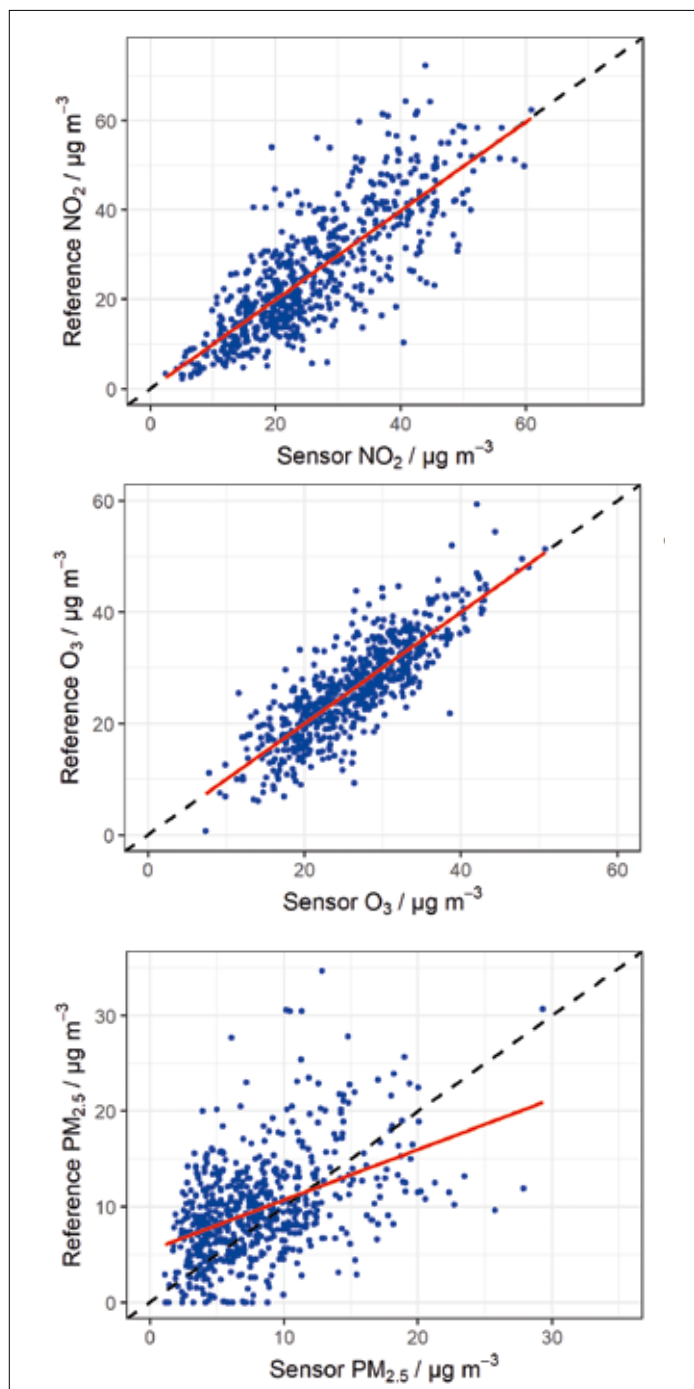
Luftforureningsovervågningen i Danmark er varetaget af Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, på vegne af Miljøstyrelsen (Overvågningsprogrammet (au.dk)). Der er placeret 18 målestationer rundt om i Danmark, som måler koncentrationer på henholdsvis gadeniveau, bybaggrund og landområder. Målingerne foregår med omkostningsrige og ressourcekrævende instrumenter, hvilket giver data af høj

kvalitet for områderne omkring målestationerne, men den rummelige og tidsmæssige opløsning er forholdsvis lav. Det er utilstrækkeligt at oprette nøjagtige eksponeringsprofiler for borgerne baseret på disse data, da borgernes daglige tidsaktivitetsmønstre fører til de forskellige miljøer og forureningsniveauer - især i byerne, da luftforureningen har vist sig at variere drastisk inden for få meter.

Der er derfor stor interesse i at anvende luftforureningssensorer til relativt lavere omkostninger, almindeligvis omtalt som *low-cost sensorer*. Disse sensorer kan være et værdifuldt supplement til den rutinemæssige overvågning, da de er små og leverer data med høj tidsopløsning, og de lave omkostninger betyder, at de kan opsættes mange steder og dermed bidrage

til en større geografisk dækning. Dette er velegnet og attraktivt til blandt andet personlig eksponeringsvurdering, hvor low-cost sensorer endvidere potentielt kan anvendes til direkte personbårne målinger.

Igennem de seneste år har projekter tilknyttet Institut for Miljøvidenskab anvendt og valideret low-cost sensor noder - dvs. måleenheder baseret på low-cost sensorer. Low-cost sensorerne har vist relativt god overensstemmelse med instrumenterne fra de rutinemæssige målestationer, og derfor er næste step at anvende dem i feltstudier med fokus på personeksponering af luftforurening. I foråret blev low-cost sensor noder anvendt i et kampagnestudie med det formål at kortlægge luftforureningen omkring en af søerne i København.



Figur 1. Korrelationsplot for NO₂ (øverst), O₃ (midten) og PM_{2,5} (nederst) målt af en af low-cost sensor noderne versus det relevante instrument på målestationen. En lineær regressionslinje (solid rød linje) og en 1:1 linje (stiplet sort linje) er vist i alle paneler. Alle viste data er gennemsnitsværdier med en tidsopløsning på 1 time. Bemærk de forskellige aksegrænser.

Beskrivelse af sensorvalidering og målekampagnen

De low-cost sensor noder, som blev anvendt i kampagnen, er produceret af AirLabs i København, og noderne måler gasserne kvælstofdioxid (NO₂) og ozon (O₃) samt partikler opdelt i fine (partikler med en diameter under 2,5 µm, PM_{2,5}) og grove (partikler med en diameter under 10 µm, PM₁₀) (fraktionen af grove i luften defineres som forskellen mellem PM_{2,5} og PM₁₀). Koncentrationen af gasser bestemmes med metaloxidsensorer, hvor der måles på ændringen i strømmen i sensoren, når sensoren bliver eksponeret for målgassen. Derimod bestemmes koncen-

trationen af partikler med optiske sensorer, hvis måleprincip er baseret på lysspredningsegenskaberne for partikler i luften.

Kalibreringen af low-cost sensor noderne blev udført ved at placere noderne ved en af målestationerne i København og sammenligne med de rutinemæssige målinger fra overvågningsprogrammet. Low-cost sensor noderne var placeret ved målestationen på H.C. Andersens Boulevard i seks uger, hvor de første fire uger blev brugt til at træne kalibreringsmodellen for hver enkelt low-cost sensor node, hvorefter de sidste to uger blev brugt til at validere kalibreringsmodellerne. Otte low-cost sensor noder blev brugt til studiet, og de viste en korrelation (R²) med målingerne fra instrumenterne på målestationen på 0,57-0,64 for NO₂, 0,70-0,77 for O₃ og 0,25-0,30 for PM_{2,5}. Figur 1 viser korrelationsplot for NO₂ (venstre), O₃ (midten) og PM_{2,5} (højre) målt af en af low-cost sensor noderne versus det relevante instrument på målestationen. De relativt høje R²-værdier for NO₂ og O₃ indikerer, at low-cost metaloxidsensorerne er i stand til at fange variationen i luftforureningen for disse gasser. R²-værdien for low-cost partikelsensorerne er betydeligt lavere; dermed kan low-cost partikelsensorerne kun forklare en mindre del af variationen i de observerede partikelkoncentrationer.

Målekampagnen foregik omkring den ene del af Sortedams-søen over fem uger. Der blev målt i alle hverdage i myldretiden (7:00-9:00) og om eftermiddagen/aftenen (17:00-19:00). Til hver måling blev to frivillige udstyret med en rygsæk med diverse low-cost sensor noder, samt en smartphone til wi-fi-forbindelse og GPS-sporing. De to frivillige gik derefter på hver sin rute omkring søen - den ene på stien nær søen (Rute 1 på figur 2, side 8), mens den anden gik parallelt på stien nær vejen (Rute 2 på figur 2, side 8).

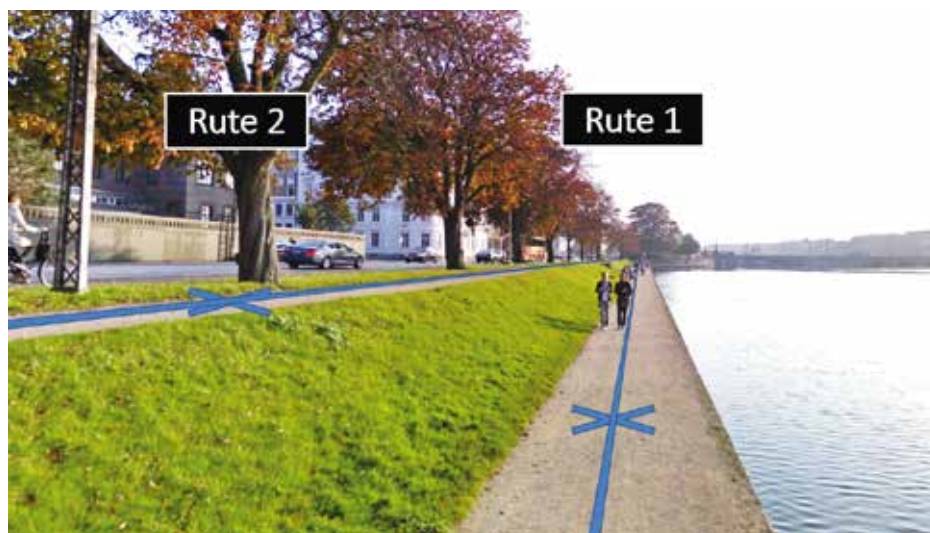
Resultater

Figur 3 på side 8 viser gennemsnitskoncentrationerne for NO₂, O₃ og PM_{2,5} på Rute 1 og Rute 2 samt baggrunden for hele måleperioden. Baggrundskoncentrationerne er målt på taget af H.C. Ørsted Institutet (HCØ) i samme periode.

NO₂-koncentrationen på begge ruter er signifikant højere end baggrundskoncentrationen set ved HCØ, hvilket stemmer overens med, at vejtrafikken er den dominerende kilde til NO₂ koncentrationsniveauet på gadeplan. Der ses en højere koncentration af NO₂ på ruten tættere på vejen (Rute 2), hvilket skyldes, at denne rute er tættere på udledningen af NO₂. Koncentrationen af O₃ var betydeligt større i baggrunden, da en del af O₃ stammer fra langtransport. Der ses en anelse højere koncentration på Rute 1 i forhold til Rute 2, da NO-udledninger fra trafikken nedbryder O₃. Koncentrationen af PM_{2,5} var lignende på Rute 1, 2 og i baggrunden. Der er både et bidrag til PM_{2,5} fra langtransport og fra lokale kilder. Især i byerne nær trafikerede veje kan der komme et bidrag til PM_{2,5} fra trafikken, da køretøjerne kan hvirvle partikler fra vejen op i luften, når de forbi passerer. I tillæg har trafikken naturligvis et bidrag fra direkte udledninger. Derudover kan de dannes i de mekaniske processer i bremserne og motoren samt mellem dækkene og vejen. Koncentrationen af PM_{2,5} er en anelse højere i bybaggrunden end ved søerne, hvilket egentlig ikke er særligt sandsynligt, men dette skyldes sandsynligvis partikelsensorernes problemer med at detektere variationen i de observerede partikelkoncentrationer.

Figur 4 på side 8 viser et eksempel på en af gåturene på Rute 2 i kampagnen. Koncentrationen af NO₂ for hvert målepunkt i de to timer er vist på kortet, og det er klart, at der er højere forureningsniveauer på den østlige side af søen i forhold til den vestlige side af søen.

Dette studie har generelt vist den lokale variation i luftforureningen, og dermed hvordan luftforureningen spredes sig fra vejkanterne og ned mod søen. Det er blevet vist, hvor meget

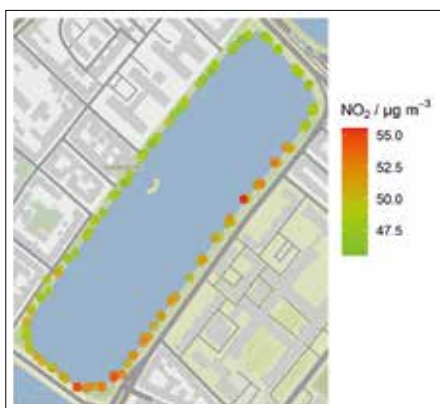


Figur 2. De to forskellige ruter omkring Sortedamssøen (venstre) og en frivillig med en rygsæk med diverse påmonterede low-cost sensor noder (højre).

man kan reducere sin egen personlige eksponering af luftforurening ved kun at benytte den vestlige side af søerne med væsentlig mindre trafik eller færdes ved søerne uden for myldretiden.

Tak

I månederne inden målekampagnen foregik en rekruttering af frivillige, og 24 personer (både studerende og erhvervsaktive) tilmeldte sig. De skal alle have en stor tak for at komme og gå rundt om søen - i alt slags vejr. Uden dem ville studiet ikke kunne lade sig gøre. Derudover skal professor Zorana Jovanovic Andersen og hendes gruppe ved Folkesundhedsvidenskab på Københavns Universitet takkes for at dele deres lokaler og kaffemaskine under målekampagnen. Til kalibrering og sam-



Figur 4. Forureningskort for en af gåturene på Rute 2 i kampagnen.

menligning blev der anvendt måledata fra det danske luftkvalitetsmåleprogram under Novana (Aktuelle målinger (au.

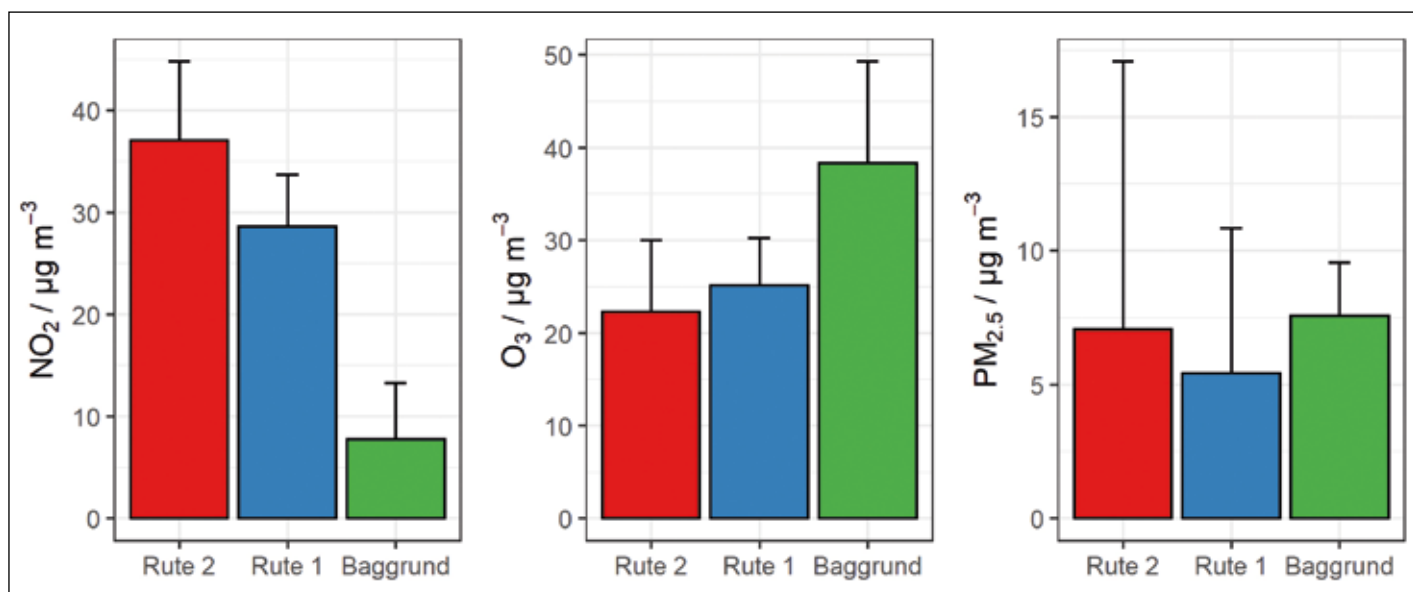
dk), Ellermann et al., 2020). Projektet blev udført som en aktivitet under Big Data Center for Environment and Health (Bertha - <https://projects.au.dk/bertha/>) støttet af Novo Nordisk Fonden.

E-mail:

Louise Bøge Frederickson:
frederickson@envs.au.dk

Referencer

Ellermann, Thomas; Nygaard, Jesper; Nøjgaard, Jacob Klenø; Nordstrøm, Claus; Brandt, Jørgen; Christensen, Jesper Heile; Kettel, Matthias; Massling, Andreas; Bossi, Rossana; Frohn, Lise Marie; Geels, Camilla; Jensen, Steen Solvang. *The Danish Air Quality Monitoring Programme: Annual Summary for 2018*. Aarhus: Aarhus Universitet, 2020. 83 s. (Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy; Nr. 360).



Figur 3. Gennemsnitskoncentrationerne af NO₂ (venstre), O₃ (midte) og PM_{2.5} (højre) for Rute 1 (blå), Rute 2 (rød) og baggrund (grøn) over hele måleperioden. Hver søjle er et gennemsnit af de forskellige sensorer på den respektive rygsæk. Bemærk de forskellige aksegrænser.

Nobelprisen 2021 i kemi – Asymmetrisk organokatalyse

Dette års Nobelpris i kemi er givet til Benjamin List fra Max-Planck-Institutet i Tyskland og David W.C. MacMillan fra Princeton University i USA.

En kemisk reaktion vil over tid finde sin ligevægt mellem reaktanter og produkter. En katalysator deltager i reaktionen ved at tilbyde en alternativ overgangstilstand for reaktionen. Dette sænker aktiveringsenergien og betyder, at reaktionen forløber hurtigere end den ikke-katalyserede reaktion. Katalysatoren forbruges ikke i reaktionen, og derfor kan en molekylekatalysator omdanne mange molekyler reaktant til produkt. Før 2000 var de fremherskende katalysatorer enten metalbaserede eller enzymbaserede. Ammoniakfremstilling til brug i kunstgødning sker fortsat i dag ved en metalbaseret katalyse kaldet Haber-Bosch processen tilbage fra 1908, og danske Haldor Topsøe er førende inden for produktionen af katalysatorer, som har gjort denne reaktion meget mere effektiv. Enzymer er meget specifikke katalysatorer, som ofte udelukkende reagerer med specifikke substrater/reaktanter. I glukoseproduktion fra majsstivelse bruges i dag få ppm enzym til denne omdannelse, og glukosen bruges efterfølgende enten til fødevarer eller ethanol.

Benjamin List og David W.C. MacMillan åbnede i 2000 op for en tredje type katalysator - nemlig organiske forbindelser. 30 år tidligere havde andre forskere vist, at aminosyren prolin kunne virke som katalysator, men forskningen fortsatte ikke nævneværdigt inden for dette felt. I år 2000 viste Benjamin List, at man kunne bruge prolin som katalysator til at danne et asymmetrisk molekyle. Samtidigt undersøgte David M.C. MacMillan brugen af forskellige organiske molekyler til at katalysere Diels-Alder reaktionen, og i disse forsøg observerede han også en iøjnefaldende asymmetrisk præference i disse katalysatorer.

Denne opdagelse af brugen af organiske molekyler som katalysatorer for at danne asymmetriske molekyler giver store muligheder, blandt andet inden for fremstilling af lægemidler, hvor en del aktivstoffer er asymmetriske. Et asymmetrisk stof vil udgøres af sig selv og et spejlbillede (enantiomerer), og sammen kaldes de en racemisk blanding. Rent kemisk vil disse to stoffer opføre sig helt ens, men for eksempel i et menneske vil de ofte have forskellig biologisk effekt, og de vil optages, virke, nedbrydes og udskilles forskelligt. Derfor har myndighederne løbende indført strengere og strengere krav til dokumentation for racemiske blandinger, så man gør rede for hver enantiomer alene. Disse dokumentationskrav for en racemisk blanding er yderst omkostningstunge, og farmaceutiske virksomheder verden over vil gå meget langt for at undgå dette. Oprensning af den aktive enantiomer er stadig en særdeles kostelig proces. Derfor kan en organisk katalysator, der selektivt danner den virksomme enantiomer, vise sig særdeles værdifuld.

Danmark har været, og er, meget stærkt repræsenteret inden for asymmetrisk organokatalyse ved professor Karl Anker Jørgensen, som også har udført særdeles banebrydende forskning inden for dette felt og publiceret et utal af artikler. Han modtog

Det er Det Kongelige Svenske Videnskabsakademi, der uddeler Nobelprisen.



således i 2019, som den første i 30 år, H.C. Ørsted Medaljen i guld, som gives for fremragende videnskabelige arbejder inden for fysikkens og kemiens områder. Der skal være tale om forskning i verdensklasse.

Kristian Krogh, medlem af fagredaktionen

OPLEV VORES VAKUUMLØSNINGER TIL LABORATORIER OG R&D

Med det største udvalg af vakuum teknologier, er Busch en unik partner til at levere pålidelige og økonomiske løsninger, der er specielt udviklet til din applikation.

Stol på en pålidelig vakuum partner. Stol på Busch.

Busch Vakuumenteknik A/S
+45 87 88 07 77
info@busch.dk
www.buschvacuum.com



Kvanteinterferens på dagsordenen

Allerede som 39-årig blev Gemma Clare Solomon hædret med Videnskabernes Selskabs sølvmedalje. Hun har også modtaget adskillige andre prestigefyldte bevillinger, for Gemma ved mere om kvanteinterferens end langt de fleste. For nylig modtog den australskfødte forsker, der nu er professor ved Københavns Universitet, den fornemme EliteForsk-pris 2021.

Af Hanne Christine Bertram,
hcb@techmedia.dk

Gemma C. Solomon er vokset op i Perth i Australien. Egentlig ville hun oprindeligt følge sin fars fodspor og være jurist, men fordi man i Australien har krav om en tværfaglig bachelor, valgte Gemma C. Solomon også naturvidenskabelige fag. Det skulle vise sig at ændre kursen og planerne, for Gemma fandt hurtigt ud af, at hendes begejstring og interesse for naturvidenskab var større end ønsket om at gå juravejen.

Teoretisk kemi på et højere plan

Gemma C. Solomon er blandt de førende forskere inden for kvanteinterferens. Hvad er det? Kvantemekanikken beskriver de effekter, der dominerer, når vi betragter tingene på atomskala. Interferens forstås bedst ved at tænke på bølger. Gemma forklarer:

- Forestil dig dråber, der falder ned i en vandpyt. Der vil dannes bølger eller ringe, som forplanter sig ud i vandoverfladen. De bølger, der dannes fra forskellige dråber, kan enten have samme udsving eller forstyrre hinanden. Der kan opstå konstruktiv interferens, hvor bølgerne forstærker hinanden, og der kan



Gemma Clare Solomon blev udnævnt til EliteForsker 2021 i foråret, mens den officielle prisoverrækning fandt sted den 23. august 2021.

opstå destruktiv interferens, afhængig af afstanden og bølgelængden, således at bølgerne næsten ophæver hinanden. Baseret på tilsvarende fænomener hos

elektroner, forsøger Gemma gennem sin teoretiske kemi at forstå, hvordan elektroner bevæger sig igennem molekyler.

- Elektroner opfører sig både som partikler og bølger, forklarer Gemma.

Blev forelsket i kvanteinterferens på 1. semester

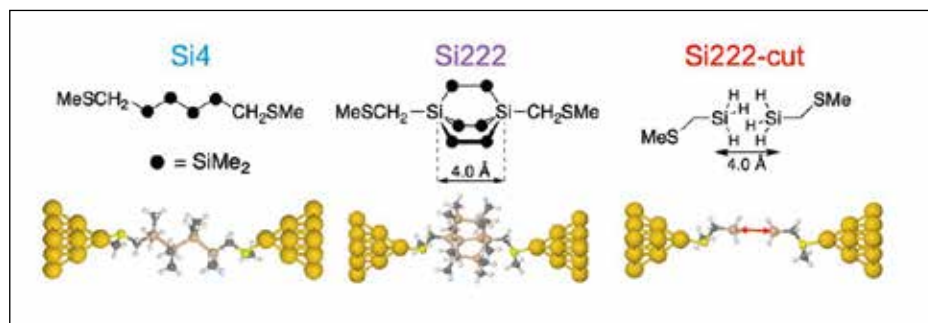
Viden om, at elektroner opfører sig som både partikler og bølger, stammer fra et klassisk eksperiment, der ofte refereres til som dobbeltspalte- eller tospalte-eksperimentet. I dette eksperiment sendes elektroner igennem to smalle spalter, og efter passage af spalterne vil elektronerne ramme en skærm, hvor man ser et interferensmønster af vekslende lyse og mørke zoner i forskellige bredder. Det afgørende i dobbeltspalte-eksperimentet er, at man forventede, at der blot kom en uklar lysplet på skærmen. Dette vil være tilfældet, hvis elektronerne opførte sig klassisk og udelukkende som partikler. Men det faktum, at der dannes et interferensmønster på skærmen, tolkes som, at elektronerne også udviser bølgeegenskaber (figur 1).

Dobbeltspalte-eksperimentet blev første gang udført af den engelske videnskabsmand Thomas Young omkring 1805 med



Foto: Wikimedia

Figur 1. Illustration af dobbeltspalte-eksperimentet.



Figur 2. Interferens kan intuitivt forstås som de ringe, der forplanter sig fra en vanddråbe i en vandpyt.



Foto: Wikimedia.

hensigten at afklare, om lys består af klassiske partikler. I 1961 blev forsøget udført med elektroner [1]. Gemma C. Solomon fik for første gang bekendtskab med disse fænomener i fysikundervisningen på hendes første år som universitetsstuderende. Gemma blev enormt fascineret af en forelæsning omkring emnet, som er blevet givet af Richard Feynman [2], og som Gemmas underviser fremviste i forbindelse med fysiktimerne.

- Jeg blev med det samme forelsket i dette fagområde, kommer det oprigtigt fra Gemma.

Si222 og Si4 som model til teoretiske gennembrud

I dag forsker Gemma og kolleger så i, om og hvordan man kan udnytte, at der opstår enten konstruktiv eller destruktiv kvanteinterferens, altså baseret på, at elektroner opfører sig både som partikler og bølger, når de sendes igennem materiale.

- Vi bruger det til at beregne, hvordan elektroner kan transporteres gennem et molekyle, noget der kaldes "transmission probability", forklarer Gemma. Et af de systemer, som Gemma har anvendt i sine teoretiske beregningsmodeller, er baseret på siliciumholdige molekyler (figur 2). Således har Gemma og hendes forskergruppe opstillet en model med et molekyle, som indeholder silicium forbundet i en lineær struktur, Si4, og en alternativ model, hvor silicium indgår som bicyclo[2.2.2]octasilaner, Si222 [3]. Baseret på teoretiske beregninger har Gemma og hendes forskergruppe vist, at transmissionen for en elektron gennem

molekyle har forskellig sandsynlighed for de to forskellige siliciumholdige molekylestrukturer.

- Det er altså meget sværere for en elektron at passere igennem Si222 end igennem Si4, ræsonnerer Gemma.
- Vi regnede også på yderligere en molekylemodel, fortsætter Gemma, og beskriver, hvordan de også lavede kalkulationer på en model, hvor der blev indsat et vakuum i molekylestrukturen. Beregningerne kunne afsløre, at det er mindre sandsynligt, at elektronen vil bevæge sig igennem molekylet med bicyclo-strukturen end vakuum.

Arbejder på at løse de problemer, vi ikke ved, vi har endnu

Så hvad kan alt dette bruges til? Basalt set forsøger kvanteinterferens at forklare ladnings- og varmetransport i molekyler og materialer.

- Jeg arbejder på at løse problemer, som vi ikke engang kender endnu, smiler Gemma. Den unikke indsigt fra de avancerede beregninger kan bruges til at forudsige materialer med lav elektrisk ledningsevne. På sigt kan forskningen måske bane vejen for udviklingen af bedre isolerende materialer, så vores computere, mobiltelefoner og anden elektronik ikke så let overopheder. Det er også et håb om, at forskning i kvanteinterferens kan bidrage til den grønne omstilling gennem udvikling af termoelektriske materialer, der udnytter temperaturforskelle i for eksempel et køleskab, så overskudsvarmen kan omdannes til strøm til køleskabet.

Giver inspiration videre

Generelt stortrives Gemma C. Solomon med at arbejde som en slags problemknuser. Vejledningen af studerende er vigtig for Gemma:

- Noget af det bedste er at tale med mine studerende og hjælpe dem helt ind i kernen af et vanskeligt problem for at finde løsninger. Gemma understreger også, at hun føler, at hun selv har haft fantastisk engagerede vejledere, der var generøse med både tid, inspiration og støtte. Og nu finder Gemma C. Solomon, at det er en gave at give dette videre. Det gør hende stolt, at hendes fagmiljø bidrager med at uddanne knivskarpe dataeksperter, der er efterspurgt i danske topvirksomheder på grund af deres evner til at arbejde struktureret med problemer, som man faktisk ikke forstår detaljerne i.

Gemma C. Solomon er også meget aktivt involveret i videnskabelig formidling. Hun besidder en post som senioreditor på det anerkendte videnskabelige tidsskrift *Journal of Physical Chemistry* og er også Deputy Editor på et nyt tidsskrift; *ACS Physical Chemistry Au*. Derudover afholder Gemma C. Solomon desuden et populært kursus på Københavns Universitet i engelsk skriftlig formidling af forskning, hvor de studerende lærer at skrive for eksempel forskningsansøgninger og videnskabelige artikler.

På hjemmefronten har Gemma en travl hverdag. Hun er mor til tre børn på henholdsvis tre, fem og syv år. Gemma er taknemmelig for den fleksibilitet, som der findes i Danmark i forhold til work-life balance, når man får børn. At kunne give sine børn en opvækst, hvor de med australsk nationalitet oplever sprog, kultur og traditioner fra både Danmark og Australien, er også noget, Gemma sætter pris på.

- Det er en gave, at mine børn helt spontant kan skifte fra dansk til engelsk uden at skulle tænke over det, forklarer Gemma. Gemma og familien tager gerne turen til Perth én gang om året, og under længere ophold i forbindelse med forældreorlov, har børnene også gået i australsk børnehave.

Referencer

1. Jönsson (1961), *Zeitschrift für Physik* **161**, 454-474.
2. Messenger Lectures: *The Character of Physical Law* Richard Feynman 1964 Lecture 6 - Probability and Uncertainty: The Quantum Mechanical View of Nature. <https://www.feynmanlectures.caltech.edu/fml.html#6>.
3. Garner et al. (2018) *Nature* **558**, 415-419.

EPO's endelige beslutning om Carlsbergs patenter på øl

EPO's appelkammer har truffet sin endelige beslutning om Carlsbergs ølpatent (EP 2373154), der nu er opretholdt som udstedt.

Af Anders Heebøll-Nielsen,
Senior European Patent Attorney,
AWA Denmark A/S

I Dansk Kemi 98 (nr. 11/12, s. 12-13) og 99 (nr. 6, s. 14-15) skrev jeg om Carlsberg Breweries A/S' og Heineken Supply Chain B.V.'s ("Carlsberg") ølpatent, EP 2373154, som beskytter øl brygget på byg med mutationer i genet for methionin-S-methyltransferase (MMT) og selve bygmutanten. Appelsagen om EP 2373154 er nu afgjort med opretholdelse af patentet som udstedt.

Carlsbergs patenterede teknologi

Patentering af planter har været i fokus i mange år, og tabel 1 viser en tidslinje med datoer for Carlsbergs patent, afgørelser fra det Europæiske Patentkontors (EPO) udvidede appelkammers (EBA) og EU-dokumenter om planter som tekniske opfindelser eller ej. Den Europæiske Patentkonvention (EPC) tillader ikke patenter på plantesorter eller i det væsentlige biologiske processer til fremstilling af planter, men for så vidt en plantemutant er frembragt ved hjælp af "tekniske værktøjer", kan frembringelsen vurderes for nyhed og for, om den er nærliggende eller har opfindelseshøjde og dermed er patenterbar.

Carlsbergs tekniske værktøjer omfatter screening af tusindvis af muterede plantelinjer på embryonstadiet for at finde en plante med en ønsket egenskab, og Birgitte Skaldhauge, en af ølpatentets opfindere, berettede om opfindelsen i Weekendavisen 21. september 2018. Ud fra en overfladisk betragtning ligner Carlsbergs metode traditionel planteforædling med krydsning af muterede planter og søgning efter afkom med interessante egenskaber, men hvor traditionel planteforædling kan kræve fem til otte år til at frembringe en ny sort, forklarer

Birgitte Skaldhauge, at deres metode kan finde en interessant variant på cirka den halve tid. På basis af en kortlægning af bygs genom kunne Carlsberg allerede på embryonstadiet identificere en byg med et muteret MMT-gen. Mutanten blev endda frembragt uden gensplejsning eller CRISPR-redigering, så den ikke blev ramt af EU's modvilje mod GMO'er. I mutanten var MMT-aktivitet fraværende, så den kunne bruges til at fremstille øl fri for dimethylsulfid (DMS).

DMS giver øl en uønsket bismag af kogt majs og er energikrævende at fjerne. Carlsbergs byg og øl brygget med den synes at opfylde betingelserne i EPC for en patentbar opfindelse, altså en bygmutant tilvejebragt med tekniske værktøjer og en øl defineret ud fra fraværet af en uønsket bestanddel.

Artikel 53(b) i EPC udelukker patentering af plantesorter, men Regel 27(b) EPC uddyber, at planter er patenterbare, hvis en opfindelse ikke er begrænset til en bestemt plantesort. EPO vurderede, at det DMS-fri øl og den MMT-fri bygmutant udgjorde en patenterbar opfindelse, og patentet blev udstedt med patentkrav omfattende øl med mindre end 20 ppb DMS og fremstillet fra en bygplante med en mutation i MMT-genet, som forårsager et totalt fravær af MMT-funktion. Den tilsvarende byg er beskyttet i et selvstændigt krav.

Modvilje fra planteforædlere

NGO'en *No patents on seeds!* taler på vegne af planteforædlere og ønsker et stop for patentering af planter, især ikke-GMO-planter, da de anser, at patenter kan blokere for en dynamisk udvikling i planteforædlingen. *No patents on seeds!* nedlagde indsigelse mod patentet. Indsigelsens væsentligste påstand var, at Carlsbergs patent stred mod EPC's udelukkelse af patenter på i det væsentlige biologiske processer til fremstilling af planter.

EU-direktivet 98/44/EF er integreret i EPC og definerer mulighederne for patentering af bioteknologiske opfindelser. Direktivet er ikke entydigt, men i 2010 uddybede EBA (i afgørelserne G2/07 og G1/08), at med en teknisk induceret mutation undgår planteforædling at falde under Art. 53(c) EPC. På trods af EBA's afgørelser var der uklarheder, og EBA uddybede mulighederne (i G2/12 og G2/13) ved at fastslå, at et planteprodukt (for eksempel en frugt) defineret ved sin fremstillingsmåde (et såkaldt *product-by-process*-krav) ikke er udelukket fra patentering, selvom selve processen er udelukket som en i det væsentlige biologisk proces.

No patents on seeds! argumenterede ud fra EBA's afgørelser og med henvisning til EU-direktivet, at kravene stred mod Art. 53(b) EPC, og at opfindelsen var nærliggende og manglede opfindelseshøjde. Argumenterne om Art. 53(b) EPC var svagt funderet i praksis hos EPO, og påstanden om manglende opfindelseshøjde var ikke underbygget.

EPO er ikke en EU-institution, men EU ønsker indflydelse på praksis hos EPO. Kort før indsigelsen udtrykte Kommissionen (i 2016/C 411/03), at tanken bag EU-direktivet var at udelukke planteprodukter opnået ved i det væsentlige biologiske processer. Kommissionens udtalelse blev nævnt i indsigelsen. EPO besvarede Kommissionens udtalelse i CA/56/17, og kort efter blev R. 28 EPC opdateret, så et planteprodukt opnået ved en i det væsentlige biologisk proces ikke er patenterbart. EBA har siden afgjort, at planter defineret ved deres fremstillingsmåde efter ændringen af R. 28 EPC, ikke længere kan patenteres (i G 3/19).

Indsigelsens afgørelse

Carlsbergs krav er ikke *product-by-process*-krav, og opretholdelse af Carlsbergs patent kunne forventes, men Kommis-

Tidslinje	
6. juli 1998	EU-direktiv 98/44/EF om retlig beskyttelse af bioteknologiske opfindelser
3. december 2009	Carlsbergs ølpatentansøgning indleveres
9. december 2010	EBA's afgørelser i G 2/07 ("Broccoli") og G1/08 ("Tomater")
25. marts 2015	EBA's afgørelser i G 2/12 ("Tomater II") og G2/13 ("Broccoli II")
20. april 2016	Carlsbergs ølpatent, EP 2373154, udstedes
8. november 2016	EU-Kommissionens meddelelse, 2016/C 411/03
19. januar 2017	No patents on seeds! nedlægger indsigelse mod EP 2373154
6. juni 2017	EPOs redegørelse CA/56/17
1. juli 2017	Regel 28 EPC opdateres
8. oktober 2018	Indsigelsen afgøres ved at indsnævre patentkravene
8. februar 2019	Indsigelsen appelleres
14. maj 2020	EBA's afgørelse i G 3/19 ("Peber")
8. juni 2021	Mundtlige forhandlinger; appellen (T0420/19) afgøres

sionens synspunkt har måske inspireret indsigelsesafdelingen til at "gøre noget". Indsigelsesafdelingen påpegede på eget initiativ, at selvom patentet beskriver, hvordan man kan frembringe yderligere mutanter uden MMT-aktivitet, pålægges den såkaldte fagmand en urimelig byrde, så opfindelsen ikke er beskrevet tilstrækkeligt til at kunne udføres (i strid med Art. 83 EPC), og desuden omfattede kravene mutanter, som kunne være opnået ved en traditionel forædling i strid med Art. 53(b) EPC.

Indsigelsen blev afgjort ved at begrænse patentets beskyttelse til en enkelt bygmutant med en veldefineret mutation

i MMT-genet og desuden ved, at bygmutanten ikke må være tilvejebragt ved en i det væsentlige biologisk proces.

Appelsagen (T0420/19)

En EPO-afgørelse kan appelleres, hvis den der går en imod. Med afgørelsen i indsigelsen havde planteforædlerne bag *No patents on seeds!* frie hænder til at frembringe bygsorter ved traditionel forædling, men ikke til at brygge øl, da kravet om en øl brygget med byggen ikke havde denne begrænsning. Både *No patents on seeds!* og Carlsberg appellerede afgørelsen. Mulighederne for at udbygge en sag ved en appel er begræn-

sede, og *No patents on seeds!* var bundet til deres oprindelige, svage indsigelse.

EPO's appelkammer inviterede parterne til mundtlige forhandlinger og udtrykte sin foreløbige mening. Den foreløbige mening er et oplæg til parterne, så de ved, hvad de kan fokusere på i opgøret om at få ret. Appelkammeret mente, at Carlsbergs krav opfyldte betingelserne i Art. 53(b) EPC, og de gav Carlsberg ret i, at opfindelsen var tilstrækkeligt beskrevet. Til gengæld anså de, at Carlsbergs krav var nærliggende. Appelkammeret forventede, at *No patents on seeds!* ville få ret, og patentet ville blive omstødt.

Ved de mundtlige forhandlinger afvises argumenterne om utilstrækkelig beskrivelse kortfattet, og ligeledes brugtes kun få ord om Art. 53(b) EPC. Diskussionen om opfindelseshøjde fyldte mest, men Carlsberg "vandt" diskussionen. Patentet blev opretholdt som udstedt.

Moralen i sagsforløbet

No patents on seeds! kunne måske have vundet med bedre underbyggede angreb på opfindelseshøjden. Hvis et patent ligger i vejen, skal man forberede sig grundigt fra start og gennemarbejde sine argumenter, helst med tanke på risikoen for at sagen havner i appel. Man skal også huske at tænke ud over patenter. Carlsbergs MMT-mutation findes i deres Null-LOX3G-byg, og fraværet af patenter giver ikke frie hænder i forhold til eksisterende sortsbeskyttelser.

E-mail:

Anders Heebøll-Nielsen:

anders.heeboll-nielsen@awa.com



I gang med kemi er en nyskabende grundbog til kemi C. Bogens systematiske gennemgang af det kemiske kernestof kombineres med perspektiverende temaer med supplerende stof.

Temaerne tager især udgangspunkt i biologiske problemstillinger, og viser hvordan kemi indgår i såvel hverdagsnære som i globale sammenhænge.

Forfatter: Lone Als Egebo

276 sider. pBog: kr. 300, eBog: kr. 80, iBog: fra kr. 65.

Alle priser er ekskl. moms



Videre med kemi er en efterfølger der løfter kemien fra C- til B-niveau. Den systematiske behandling af kernestoffet fortsættes, og det supplerende stof samles nye spændende temaer.

Forfattere: Lone Als Egebo og Hanne Wolff

360 sider. pBog: kr. 320, eBog: kr. 90.

Alle priser er ekskl. moms

Se mere på nucleus.dk

Bogens seks kapitler:

- I gang med kemi
- Molekyler – når elektroner er fælles
- Organiske forbindelser og stofmængdeberegninger
- Ionforbindelser og koncentrationer
- Når det er surt eller basisk
- Redoxreaktioner – når elektroner flyttes

Bogens otte kapitler:

- Farvede forbindelser og lys
- Kemiske ligevægte
- Syre-basereaktioner og pH-beregninger
- Udvalgte organiske forbindelser
- Adskillelse af stoffer
- Carboxylsyrer og estere
- Nitrogenholdige forbindelser
- Reaktionshastighed

Grundbøger til kemi

nucleus

nucleus forlag ApS · Lundingsgade 33 · 8000 Aarhus C · 86190455

Carbon Capturing:

Muligheder og dilemmaer

Ammongas har de sidste tre måneder fanget CO₂ fra 1 procent af røgen på Kraftvarmeværk Thisted med et af sine små biogas-opgraderingsanlæg.

Af Anker Jacobsen, direktør, kemi ing., Ammongas A/S

Anlægget på Kraftvarmeværk Thisted har fra dag 1 udtaget CO₂ med den ønskede effektivitet (>99 procent). Dette er i sig selv ikke forbavsende, da Ammongas har leveret over 20 opgraderingsanlæg til biogas, der netop fjerner CO₂ fra gassen, og tilsammen p.t. udseparerer over en halv million tons 99 procent ren CO₂/år. Det udstiller imidlertid en masse aspekter omkring hele klimaproblematikken.

Processen er klar, men er incitamentet der?

Anlægget i Thisted er et absorber-stripper-anlæg, hvori CO₂ fanges ved en syre-base-reaktion med en vandig opløsning af en svag base (typisk en amin), og efterfølgende uddrives CO₂ fra væsken igen ved hjælp af varme.

Denne robuste proces har været kendt og brugt på raffinaderier til fjernelse af CO₂ og H₂S i ganske mange år. Processen er supereffektiv, men bruger en del varme. Eller rettere, den reducerer temperaturen på en del varme. Kunsten er således at integrere processen varmemæssigt. På et biogasanlæg genbruges varmen til at holde de store reaktorer (fermentorer) opvarmede. Og på et anlæg, der producerer fjernvarme, skal genbrugsvarmen ud til forbrugerne billigst muligt.

Den i Thisted demonstrerede mulighed for at udtage CO₂ fra

■ Priser på carbon capturing (CC)

Ifølge Energistyrelsens teknologikatalog fremgår det, at CC uden kompressor på store udenlandske anlæg, koster 19,5 millioner kroner/ton CO₂/h i anlægsmkostninger, Capex.

Til sammenligning koster et stort komplet biogasopgraderingsanlæg (fra Ammongas) 6 millioner kroner/ton CO₂/h i Capex. Og et komplet biogasanlæg inkl. opgradering vil kunne bygges for de 19,5 millioner kroner/ton CO₂/h.

De høje priser på Energistyrelsens refererede anlæg skyldes antageligt i høj grad den dyre installationsintegrering i kraftværkerne.

Potentialet for CO₂-opsamling fra affaldsbaserede biogasanlæg i Danmark er cirka 3 millioner ton/år.



Test af CC på Kraftvarmeværk Thisted. CO₂ fra 1 procent af værket udskilles med op til 99 procent effektivitet på et anlæg udlånt af Ammongas A/S. Ammongas A/S har netop modtaget Fjernvarmeprisen 2021 sammen med SEG A/S.

røggas rejser imidlertid en række videregående spørgsmål. Er det for eksempel samfundsmæssigt rigtigt at lave carbon capturing (CC) på røggas, når biogasanlæggene kan levere CO₂ gratis? (al CO₂ er i kemisk - og dermed klimamæssig henseende ens). Er Power-to-X (PtX) i det hele taget den optimale vej at gå i henseende til klimaet? Og er måden, vi vurderer klimateffekterne på i det hele taget den rigtige?

De to overordnede processer i naturen; fotosyntese og forbrænding har i millioner af år sørget for en balance mellem den CO₂ planter kan fjerne og den CO₂, der frigives, når de spises eller på anden måde omsættes (rådnere). Med den store tilførsel af fossilt kulstof til kredsløbet de seneste 100 år, dør planterne imidlertid p.t. med at følge med.

Øvelsen består jo derfor i at erstatte det fossile energistof med grønt energistof. Det kan principielt enten gøres ved at optimere produktionen fra de grønne planter eller ved PtX-processer drevet af ikke fossile energikilder som for eksempel vindmøllestrøm.

I Danmark bruger vi allerede meget bioenergistof til at reducere brugen af fossilt energistof (træflis, biogas, biodiesel, bioethanol, tilsammen Danmarks største energikilde), der typisk

kan produceres til halv pris i forhold til forventningerne for PtX-produkter.

Ikke desto mindre tales der meget lidt om at booste produktionen af bioenergistof i forhold til mulighederne for at fremstille PtX.

Regneregler giver hindringer

Denne nedvurdering af bioenergi skyldes antageligt, at FN-organisationen IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) har fået lavet nogle regneregler for CO₂-emission, hvori der arbitrært er valgt at fokusere på brugen af bioenergistof i stedet for på fremstillingen, der negligeres. Ifølge IPCC er det således lige meget, om en landmand dyrker blomsterstriber eller energiroer, hvorfra der kan produceres bioenergistof svarende til 30 tons CO₂/ha, hvorimod anvendelsen af bioenergistoffet i stedet for fossilt stof giver maks. point hos IPCC.

Dette skisma synliggøres kraftigt ved handel over landegrænser. Når vi eksporterer biogas til Sverige, er det således svenskerne, der får point i deres CO₂-regnskab.

Et lignende skisma kan man også forestille sig, vil opstå omkring PtX. Skulle vores nye energi-øer få så meget succes, at vi for eksempel kan eksportere grøn metanol, vil det tælle i modtagerlandets CO₂-regnskab, hvorimod vi i teorien kan investere formuer, uden det kan ses på det danske klimaregnskab. Vælger vi imidlertid den kortsigtede løsning; at stoppe CO₂ ned i et hul i jorden, eller sprede trækul på markerne, vil Danmark få klimapoint. Jeg tør slet ikke tænke på, hvem der får pointene, hvis et dansk firma leverer CO₂ til et borehul i den norske kontinental-sokkel i internationalt farvand.

Af ovennævnte grunde vil jeg således stærkt opfordre til

at nedprioritere IPCC-regnemodellerne og opprioritere sund fornuft. For eksempel ved, at alle større klimabeslutninger ikke alene vurderes ud fra IPCC-reglerne, men også ud fra RCI, Real Climate Impact!

Til forskel fra IPCC's modeller må man konstatere, at EU's kvotesystem har potentiale til at fungere rigtig godt. Her mangler imidlertid, efter min mening, en form for "national-bank", der, ved at købe og sælge kvoter, kan sikre en langt mere jævn og stabil kursudvikling, uafhængig af diverse kriser og opsving, så investorer i energisektoren, herunder i CC, bedre kan vurdere og agere langsigtet.

■ Biopotentialer

Fotosyntesen: $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{lys} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (sukker) + 6 O_2 viser ved støkiometrisk regning, at der ved planternes produktion af et tons sukker optages 1,47 tons CO₂ (lidt mere for stivelse og cellulose), der ved udnyttelse som energi kan fortrænge en tilsvarende mængde fossilt CO₂.

KWS oplyser, at som alternativ til en normal hvedemark, der producerer cirka 10 tons tørstof/ha/år (inkl. halmen), kan produktion af sletgræs give 14 tons tørstof/år, majs hedsæd 16 tons tørstof/år og roer inkl. top 29 tons tørstof/år.

Yara oplyser, at ved produktion af 1 kilo kvælstof i gødningsform emitteres 3,7 kilo CO₂. Udbringningen mv. emitterer yderligere 5,2 tons CO₂. Til gengæld optager de dyrkede planter så 75 kilo CO₂ ekstra (der jo, om ønsket, kan frigøres til energi jf. ovenstående).

Miljøvenlig rengøring og desinfektion

Hvad er ECA?

ECA dannes ud fra almindeligt husholdningssalt (NaCl) og vand (H₂O), som elektrolysebehandles og omdannes til hypoklorsyre. Den aktive komponent i ECA er hypoklorsyre (HOCl), som er det mest effektive desinfektionsmiddel i klorfamilien.

Hvad er fordelene ved ECA?

- » Godkendt som desinfektionsmiddel uden afskylning.
- » Minimal miljøbelastning ved produktion og afskaffelse af ECA.
- » Rengøring og desinfektion i én og samme arbejdsgang.
- » Da pH er 8 er der intet krav om værneudstyr.
- » ECA kan produceres in situ.
- » Biofilmreducerende effekt.

Læs mere om ECA her:



Vi stræber mod
en **KEMIFRI** fremtid

Food Diagnostics A/S | Søndre Kajgade 7-9, 8500 Grenaa | info@fooddiagnostics.dk | Tlf.: +45 87591666

Følg os på LinkedIn - Food Diagnostics A/S

Fra duften af gran til luftbårne nanopartikler

Kombination af klimakammerstudier, teoretiske beregninger og kemisk analyse giver ny forståelse af partikeldannelse fra monoterpener.

Af Ditte Thomsen, Jonas Elm, Merete Bilde og Marianne Glasius, Institut for Kemi, Aarhus Universitet

Klima er kommet på dagsordenen, men ikke kun drivhusgasser er vigtige. Organiske aerosoler spiller en stor rolle og kan virke kølende på Jorden, fordi de

virker som kim for dannelsen af skyer. Organiske aerosoler, dannet i atmosfæren fra naturlige kilder, er vigtige i klimaregnestykket, men svære at tage hensyn til.

Partiklers virkning på klimaet

I august i år udkom FN's klimapanel med en ny klimarapport, som beskriver status på klimaet nu og i fremtiden [1]. Udgivelse af klimarapporten er sædvanligvis en stor og vigtig begivenhed i forskerkredse, men opnår normalt ikke den store mediebevågenhed. I år var det helt anderledes. FN's klimarapport har fået omfattende opmærksomhed i de danske medier, fordi den almene befolkning udviser større interesse for Jordens klima og klimaforandringer.

Klimarapporten sætter fokus på nogle af de problematikker, som vi forsker i på Institut for Kemi på Aarhus Universitet, heriblandt aerosoler i atmosfæren og dannelsen af skyer. Aerosoler udgør en af de største usikkerheder i klimamodeller [1]. En aerosol er en suspension af våde eller tørre partikler i luft, altså en samling af partikler i luft. Generelt bruges begreberne aerosoler og partikler i flæng.

Aerosoler har to typer af klimaeffekter - en direkte og en indirekte. Den direkte effekt er refleksion eller absorption af indkommende stråling fra Solen. Den indirekte effekt er deres evne til at virke som kim for dannelsen af skydråber. Aerosoler består af uorganiske salte, blandt andet ammoniumsulfat og ammoniumnitrat, og omkring 20-40 procent af partikelmassen udgøres af organiske forbindelser [2]. Klimaeffekten af aerosoler relativt til før industrialiseringen er nedkølede, dvs. at aerosoler delvist maskerer den globale opvarmning fra drivhusgasser [1].

Organiske aerosoler kan være både primære og sekundære. Pollen er et eksempel på en primær partikel, mens sekundære partikler dannes ved oxidationsreaktioner i atmosfæren. Flygtige organiske forbindelser oxideres i atmosfæren af ozon, hydroxylradikaler eller nitratradikaler [3]. De dannede produkter har typisk et lavt damptryk og kan derved overgå til partikelfasen.



Foto: Alberto Cattani, Unsplash



Figur 1. Klimakammeret (Aura), som bruges til simuleringer af reaktioner og processer i den nederste del af atmosfæren. (A) Klimakammeret set ude fra laboratoriet. (B) Klimakammeret set inde fra kølerummet. Teflonposen hænger på metalstativet, som har lamper foroven og -neden til at simulere sollys.

Oxidationsmekanismerne er komplekse og resulterer i partikler i luften, der kan bestå af flere tusind forskellige kemiske forbindelser [3].

For at kunne forudse, hvordan organiske aerosoler påvirker klimaforandringer, er det vigtigt at vide, hvordan de sekundære organiske aerosoler dannes og hvilke parametre, der påvirker deres dannelse og vækst.

En bid af atmosfæren

På Aarhus Universitet ved Institut for Kemi er der gennem de seneste år udviklet et unikt temperaturreguleret klimakammer (Aura) [4], hvor man kan simulere atmosfærekemi for at undersøge, hvordan et stof bidrager til

sekundære organiske aerosoler. Det kan for eksempel være α -pinen, som mange kender som duften af gran. Klimakammeret, som er en stor teflonpose ophængt på et metalstativ i et kølerum [4] (figur 1), fyldes med en given koncentration af ozon, hvorefter udgangsstoffet tilsættes. Partikeldannelsen overvåges med flere forskellige instrumenter - for eksempel en *scanning mobility particle sizer* (SMPS), som måler partiklernes størrelse og antal, og et aerosol massespektrometer, som løbende giver information om partiklernes kemiske sammensætning. Derudover opsamlers vi partikler på et filter, som en bid af denne atmosfære, som ekstraheres og analyseres med højtydende væskkromatografi koblet til massespektrometri (LC-MS). Her benyttes et quadrupol time-of-flight massespektrometer, som giver både kvalitativ og kvantitativ information om den kemiske sammensætning af partiklerne.

Duften af granskov

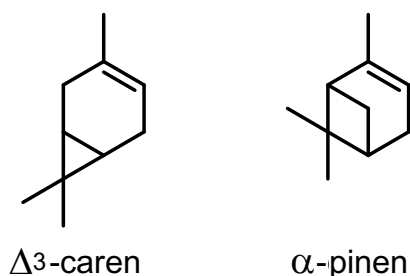
Monoterpen er en underklasse af terpen, som er stoffer med formelen $(C_5H_8)_n$. Monoterpen består af to terpen-enheder ($n=2$). Monoterpen produceres af planter og udsendes til atmosfæren som flygtige organiske forbindelser. Nogle af de mest velkendte monoterpen er α -pinen og limonen. Limonen kommer for eksempel fra citrusfrugter og har både naturlige kilder, men også menneskeskabte kilder, da limonen ofte bruges i rengøringsmidler og parfume.

α -Pinen kommer næsten udelukkende fra nåletræer og er den monoterpen med højest koncentration i atmosfæren [5]. Sekundære organiske aerosoler dannes ved oxidation af monoterpen i atmosfæren blandt andet med ozon. Da α -pinen er den mest forekommende monoterpen, er den undersøgt grundigt og efterhånden er α -pinens oxidations-system velkarakteriseret [4,6]. En anden monoterpen fra granskove er Δ^3 -caren, som strukturmæssigt er næsten identisk med α -pinen (figur 2). Tidligere har man antaget, at α -pinen og Δ^3 -caren vil reagere ens med ozon og derved også danne sekundære organiske aerosoler på samme måde, men meget få har egentlig undersøgt det. I granskove kan emissionerne af Δ^3 -caren være på højde med α -pinen [7] og derfor har Δ^3 -caren også en væsentlig rolle i dannelsen af sekundære organiske aerosoler. Vi har derfor undersøgt dannelsen af sekundære organiske aerosoler fra ozonolyse af Δ^3 -caren.

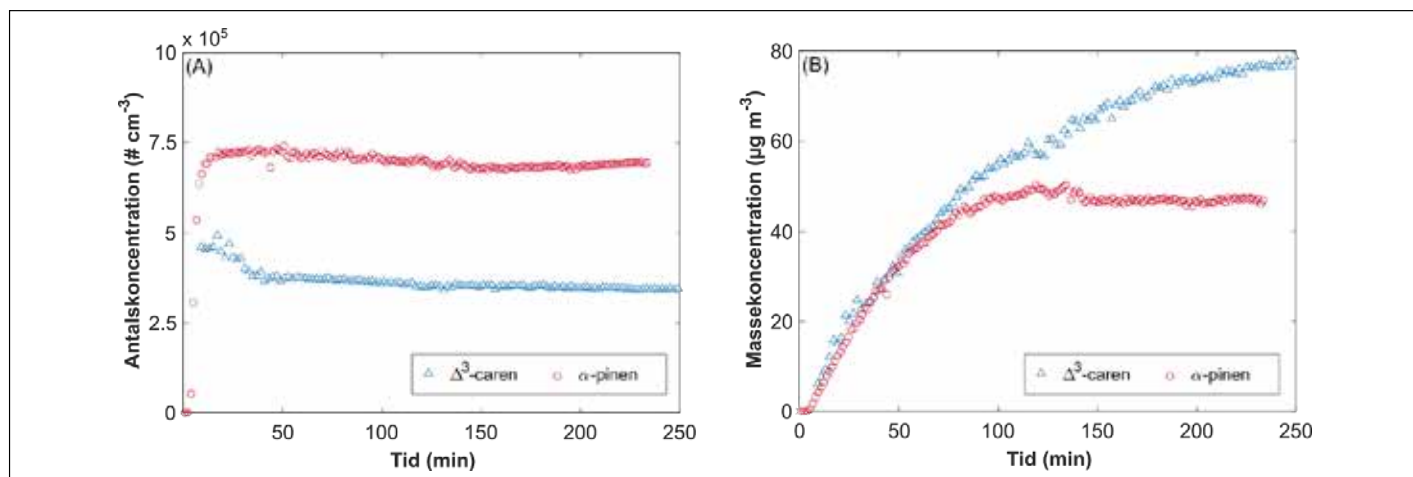
Lille forskel - stor betydning

Selvom de kemiske strukturer af α -pinen og Δ^3 -caren er næsten ens, har vi fundet ud af, at dannelsen af sekundære organiske aerosoler er meget forskellig [8]. Fra partikelmålingerne med SMPS kan vi se, at Δ^3 -caren danner færre partikler end α -pinen under samme forsøgsbetingelser (figur 3a). Samtidig ses det, at Δ^3 -caren danner større partikler, som resulterer i en større total partikelmasse (figur 3b) [8]. Både partikelantal, -størrelse og -masse er vigtige parametre for at kunne vurdere klimaeffekterne af partiklerne. Når disse parametre ikke er ens for partikler fra de to stoffer, betyder det formentlig også, at klimaeffekterne er forskellige. Den kemiske analyse på LC-MS kan vise nogle oxidationsprodukter fra Δ^3 -caren og α -pinen og om de er ens for de to systemer. Oxidationsprodukterne fra α -pinen er som tidligere nævnt velkarakteriserede [4,6], mens der kun er få klimakammerstudier af oxidationsprodukterne fra Δ^3 -caren [9].

I analysen af de sekundære organiske aerosoler fra oxidation af Δ^3 -caren har vi identificeret fire carboxylsyrer og tre dimerer [8]. En lignende analyse af sekundære organiske aerosoler fra oxidation af α -pinen resulterede i identifikationen af 16 carboxylsyrer og op til 30 dimerer [6]. Oxidationsproduktfordelingerne målt med LC-MS er altså vidt forskellige (figur 4) [8]. Oxidation af Δ^3 -caren resulterer i en simpel fordeling, som er domineret af carboxylsyrer, mens oxidation af α -pinen resulterer i en kompleks fordeling, som er domine-



Figur 2. Molekylestrukturer af henholdsvis Δ^3 -caren og α -pinen. Begge stoffer har sumformel $C_{10}H_{16}$ og er opbygget bicyklisk. Begge stoffer har en seksring med en endocyklisk dobbeltbinding og en methylsubstitueret. Δ^3 -caren har en treledet ring i den sekundære struktur, hvor α -pinen har en firedet ring.



Figur 3. Partikelkoncentrationer målt med SMPS, som tæller antal partikler og bestemmer partiklernes størrelse. (A) Partikelantalskoncentration som funktion af eksperimenttid. Tiden 0 er det tidspunkt, hvor den flygtige organiske forbindelse (VOC) introduceres til Aura-kammeret. α -pinen producerer langt flere partikler end Δ^3 -caren per mol forbrugt VOC. (B) Partikelmassekoncentration som funktion af eksperimenttid. Δ^3 -caren producerer langt mere partikelmasse end α -pinen [1]. Gengivet med tilladelse fra ACS Publications.

ret af dimerer. Dimerer er identificeret som en vigtig kilde til sekundære organiske aerosoler, fordi deres damptryk er ekstremt lavt og de derfor bidrager til dannelse af nye partikler og i større grad overgår fra gas- til partikelfasen [10].

Det kan forklare, hvorfor α -pinen resulterer i et større partikelantal i forhold til Δ^3 -caren. En anden forskel mellem de to monoterpener, er, at oxidationsprodukterne fra Δ^3 -caren er symmetriske, mens oxidationsprodukterne fra α -pinen er asymmetriske. Det har stor betydning for, hvordan stofferne kondenserer på allerede eksisterende aerosoler i atmosfæren. Oxidationsprodukterne fra Δ^3 -caren kan danne energimæssigt fordelagtige carboxylsyre-carboxylsyreinteraktioner på grund af deres symmetri. Det betyder,

at de kondenserer nemmere på allerede eksisterende partikler i forhold til oxidationsprodukter fra α -pinen [8]. Dette kan også forklare den simple oxidationsproduktfordeling fra Δ^3 -caren, da oxidationsprodukterne vil kondensere på partikler, før de når at reagere videre i gasfasen. Den mere komplekse produktfordeling fra α -pinen kan til dels skyldes, at oxidationsprodukterne forbliver længere tid i gasfasen og reagerer videre, før de kondenserer. Resultaterne er for nyligt publiceret i ACS Earth and Space Chemistry [8].

E-mail:

Ditte Thomsen, ditte.th@chem.au.dk

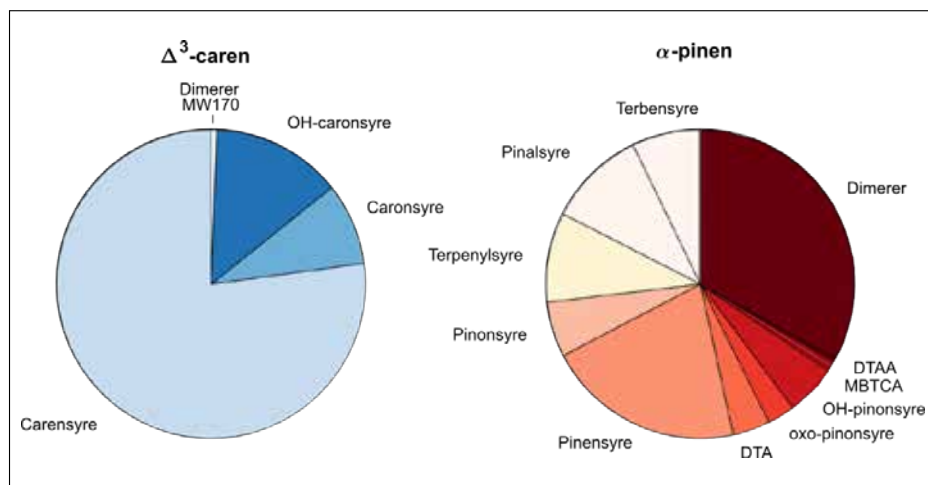
Jonas Elm, jelm@chem.au.dk

Merete Bilde, bilde@chem.au.dk

Marianne Glasius, glasius@chem.au.dk

Referencer:

1. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2021).
2. Putaud, J.-P., Raes, F., Van Dingenen, R., Brüggemann, E., Facchini, M.C., Decesari, S., Fuzzi, S., Gehrig, R., Hüglin, C., Laj, P., Lorbeer, G., Maenhaut, W., Mihalopoulos, N., Müller, K., Querol, X., Rodriguez, S., Schneider, J., Spindler, G., Brink, H. t., Tørseth, K. & Wiedensohler, A. A European aerosol phenomenology—2: chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe. *Atmos. Environ.* **38**, 2579-2595, doi:doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.01.041 (2004).
3. Hallquist, M., Wenger, J.C., Baltensperger, U., Rudich, Y., Simpson, D., Claeys, M., Dommen, J., Donahue, N.M., George, C., Goldstein, A.H., Hamilton, J.F., Herrmann, H., Hoffmann, T., Iinuma, Y., Jang, M., Jenkin, M.E., Jimenez, J.L., Kiendler-Scharr, A., Maenhaut, W., McFiggans, G., Mentel, T.F., Monod, A., Prévôt, A.S.H., Seinfeld, J.H., Surratt, J.D., Szmigielski, R. & Wildt, J. The formation, properties and impact of secondary organic aerosol: current and emerging issues. *Atmos. Chem. Phys.* **9**, 5155-5236, doi:10.5194/acp-9-5155-2009 (2009).
4. Kristensen, K., Jensen, L.N., Glasius, M. & Bilde, M. The effect of sub-zero temperature on the formation and composition of secondary organic aerosol from ozonolysis of alpha-pinene. *Environ. Sci.: Processes Impacts* **19**, 1220-1234, doi:10.1039/c7em00231a (2017).
5. Guenther, A., Hewitt, C.N., Erickson, D., Fall, R., Geron, C., Graedel, T., Harley, P., Klinger, L., Lerdau, M., McKay, W.A., Pierce, T., Scholes, B., Steinbrecher, R., Tallamraju, R., Taylor, J. & Zimmerman, P. A global model of natural volatile organic compound emissions. *Journal of Geophysical Research* **100**, 8873-8892, doi:10.1029/94jd02950 (1995).
6. Kristensen, K., Jensen, L.N., Quéléver, L.L.J., Christiansen, S., Rosati, B., Elm, J., Teiwes, R., Pedersen, H.B., Glasius, M., Ehn, M. & Bilde, M. The Aarhus Chamber Campaign on Highly Oxygenated Organic

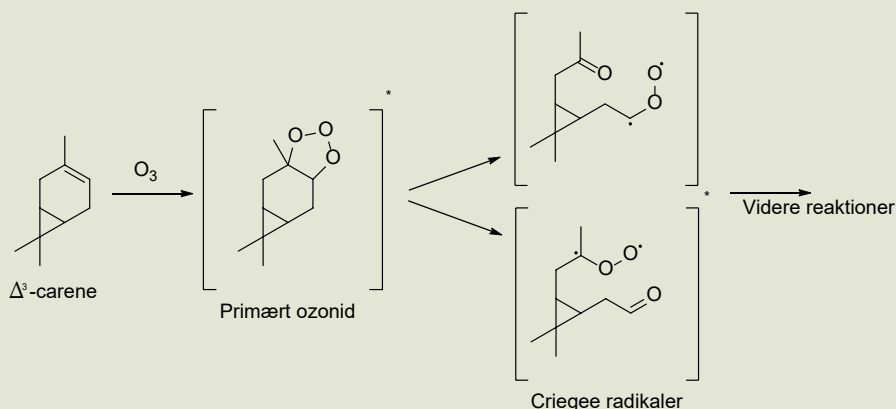


Figur 4. Produktfordelinger i partikelfasen fra oxidation af de to monoterpener, Δ^3 -caren og α -pinen. Oxidationsproduktfordelingen for Δ^3 -caren er ret simpel og domineret af et carboxylsyreprodukt, cis-carensyre. Oxidationsproduktfordelingen af α -pinen er i modsætning kompleks og består af mange forskellige carboxylsyreprodukter og dimerer. Dimererne dominerer produktfordelingen [1]. Gengivet med tilladelse fra ACS Publications.

- Molecules and Aerosols (ACCHA): particle formation, organic acids, and dimer esters from α -pinene ozonolysis at different temperatures. *Atmos. Chem. Phys.* **20**, 12549-12567, doi:10.5194/acp-20-12549-2020 (2020).
7. Bäck, J., Aalto, J., Henriksson, M., Hakola, H., He, Q. & Boy, M. Chemodiversity of a Scots pine stand and implications for terpene air concentrations. *Biogeosciences*, 689-702, doi:doi.org/10.5194/bg-689-2012 (2012).
 8. Thomsen, D., Elm, J., Rosati, B., Skönager, J.T., Bilde, M. & Glasius, M. Large Discrepancy in the Formation of Secondary Organic Aerosols from Structurally Similar Monoterpenes. *ACS Earth and Space Chemistry* **5**, 632-644, doi:10.1021/acsearthspacechem.0c00332 (2021).
 9. Glasius, M., Lahaniati, M., Calogirou, A., Di Bella, D., Jensen, N.R., Hjorth, J., Kotzias, D. & Larsen, B.R. Carboxylic Acids in Secondary Aerosols from Oxidation of Cyclic Mono terpenes by Ozone. *Environ. Sci. & Technol.* **34**, 1001-1010, doi:10.1021/es990445r (2000).
 10. Kristensen, K., Watne, Å.K., Hammes, J., Lutz, A., Petäjä, T., Hallquist, M., Bilde, M. & Glasius, M. High-Molecular Weight Dimer Esters Are Major Products in Aerosols from α -Pinene Ozonolysis and the Boreal Forest. *Environ. Sci. Technol. Lett.* **3**, 280-285, doi:10.1021/acs.estlett.6b00152 (2016).
 11. Ma, Y., Porter, R.A., Chappell, D., Russell, A.T. & Marston, G. Mechanisms for the formation of organic acids in the gas-phase ozonolysis of 3-carene. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **11**, 4184, doi:10.1039/b818750a (2009).

Ozonolyse

Den oxidationsmekanisme, der er anvendt i den række forsøg, der beskrives her, kaldes ozonolyse. Ozonolyse er en reaktion med ozon. Ozon kan reagere med dobbeltbindingen i α -pinen og Δ^3 -carene, hvorved der dannes et primært ozonid. Ozonidet er ustabil og omdannes til et reaktivt intermediat, som kaldes et Criegee intermediat opkaldt efter Rudolf Criegee, som først beskrev dem [11]. De første reaktionstrin af ozonolyse af Δ^3 -caren er vist.



Ozonolyse af flygtige organiske stoffer resulterer i mange tusind produkter, blandt andet carboxylsyrer, dimerer, ketoner og estre. LC-MS-analysen, der er foretaget i dette projekt, fokuserer på at identificere og kvantificere carboxylsyrer og dimerer. Normalt kvantificeres mellem 20-70 procent af partikelfasen ved

Vi hjælper også gerne med
APPLIKATIONER
MetodeUDVIKLING
MetodeOPTIMERING



ANALYSER

Tilpasset netop dit behov

Hos MSCi har vi både udstyret og erfaringen til at hjælpe dig med at analysere dine prøver.

Vores kompetancer er:

- kvalificeret hjælp til at finde den rette løsning
- specialanalyser med individuelle løsninger
- hurtig og direkte kontakt til lab'et
- små såvel som store prøveserier
- rådgivning
- GC/GCMS m. HS, DHS, SPME, TD m.fl.



5-HMF kan erstatte olie - men de bedste produktionsmetoder skal stadig findes

Ioniske væsker har potentiale til at forbedre produktionen og oprensningen af 5-HMF.

Af Steffen Domy, Yuqiu Chen og Xiaodong Liang, Cere og KT Consortium, DTU Kemiteknik

5-Hydroxymethylfurfural (5-HMF) betegnes som den sovende kæmpe ("sleeping giant") i kemiindustrien [1]. Dens enorme potentiale på fremtidens marked gør 5-HMF til en spændende aktør i den kemiske branche. 5-HMF har mange anvendelsesmuligheder, som kan erstatte oliebaserede produkter, som industrien gerne skal bevæge sig væk fra af hensyn til klimaet. Faciliteter, der producerer 5-HMF, eksisterer allerede, men der skal stadig forskes i forskellige produktionsprocesser for at gøre det mere konkurrencedygtigt.

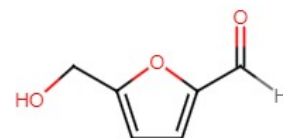
Hvorfor er 5-HMF så interessant?

Det er det amerikanske energiministerium, som tilskriver 5-HMF det store potentiale i en rapport om forskellige biomasse-baserede kemikalier [2] as considered for this analysis, are molecules with multiple functional groups that possess the potential to be transformed into new families of useful molecules. The twelve sugar-based building blocks are 1,4-diacids (succinic, fumaric and malic. 5-HMF har mange anvendelsesmuligheder grundet de organiske grupper i dens struktur, som kan ses i figur 1. Ofte er 5-HMF et mellemprodukt til andre kemikalier, som for eksempel levulinsyre og myresyre, men kan også bruges som solvent i forskellige produktionsprocesser [3]. Det er specielt inden for energi- og tekstilindustrien, der er meget stort potentiale, da det kan erstatte plastik og brændstof fra konventionel olie. 5-HMF kan også

produceres ved at bruge biomasse, hvilket også giver muligheden for en mere bæredygtig, lokal og uafhængig produktion af de kemikalier, der bruges i hverdagen. Figur 2 viser, hvilke kemikalier der kan dannes med 5-HMF [4].

Produktionsmetoder og aktuelle udfordringer

Den simpleste måde at danne 5-HMF på er ved at dehydrere fruktose, hvorved også vand dannes som biprodukt. Af både etiske og økonomiske årsager kan det være bedre ikke at bruge produkter fra fødevarerindustrien, men at anvende cellulosebaseret biomasse i stedet for. Det giver også muligheden for brug af

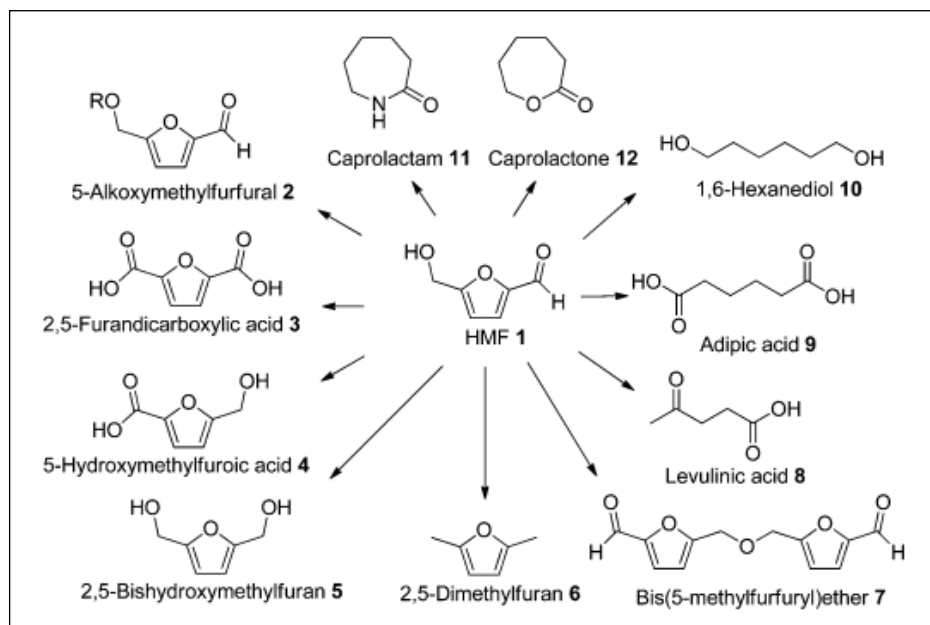


Figur 1. Strukturen af 5-HMF.

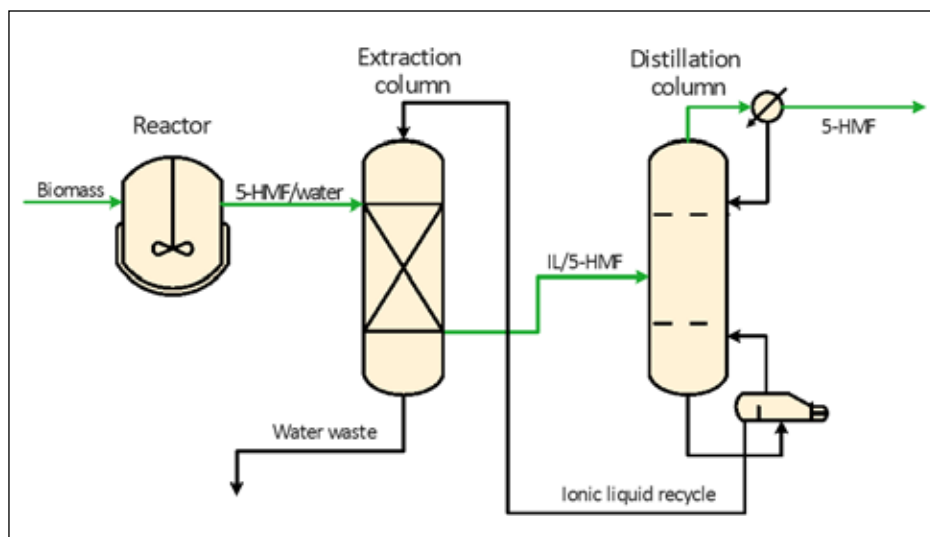
biomasseaffald, der ellers ikke ville blive brugt. Cellulosen fra biomassen kan hydrolyseres til glukose, hvilket derefter kan isomeriseres til fruktose. Det kan både gøres ved brug af forskellige syrer, men enzymer er også en mulighed. I den endelige dehydreringsreaktion skal der anvendes Brønsted-syrer. Derefter skal 5-HMF ekstraheres og renses, hvilket kan gøres på forskellige måder. Der er



Foto: Wikimedia Commons.



Figur 2. Forskellige produkter, hvor 5-HMF bruges som platform. Figuren er gendtrykt med tilladelse fra Van Putten et al. Chem. Rev. 113 (2013) 1499-1597. © 2013 American Chemical Society.



Figur 3. Proces flowdiagrammet viser et muligt design, hvor ioniske væsker bruges til produktionen af 5-HMF.

mange muligheder til valget af solvent under processen, men vand er ret oplagt, da dannelsen af vand under syntesen ikke er særlig forstyrrende der.

Et af de store problemer ved produktionen af 5-HMF er dens tilbøjelighed til at danne mange forskellige karbon-baserede biprodukter, på engelsk kaldet humins, hen ad vejen. Disse humins har i mange år været grunden til det lave udbytte fra reaktionerne. Her viser vand sin ulempe, da vand som solvent er det, der skaber de fleste biprodukter af alle solventer. Et andet stort problem ved produktionen er downstream-processen. Det er meget svært at separere 5-HMF fra solventen og de andre stoffer. En stor del af forskningen har primært beskæftiget sig med separationsproblemet.

Destillering er en ofte brugt metode, men koster for meget energi, når det er vand, der skal destilleres. Af den grund

har man forsket meget i væske-væske ekstraktion. Ekstraktionen giver først og fremmest muligheden for at isolere 5-HMF fra biprodukterne, og destillering bliver en mulighed, hvis man bruger flygtige, organiske ekstraktionssolventer. Det kan være fordelagtigt at kombinere reaktionen og ekstraktionen i én procesenhed, hvor 5-HMF ekstraheres lige efter, det er blevet dannet.

Der er blevet forsket i mange forskellige kombinationer af katalysatorer, solventer og rensningsmetoder. Her er det favorabelt at bruge processimuleringer til at finde de bedste designs og evaluere deres effektivitet.

Procesdesign med ioniske væsker

En relativ ny metode er at bruge ioniske væsker, som potentielt kan skabe en mere energieffektiv proces og samtidig øge renligheden af 5-HMF. Ligesom 5-HMF anses ioniske væsker også som et stof, der kan skabe en grønnere fremtid. Ioniske væsker er salte, der består af en organisk kation og en organisk eller uorganisk anion. De er flydende ved relativt lave temperaturer, normalt under 100°C, og har samtidig en meget lav flygtighed. De har mange anvendelsesmuligheder som solventer eller i separationsprocesser, og de har vist katalytiske evner i nogle reaktioner. Den lave flygtighed gør det oplagt at bruge dem i destilleringer. I produktionen af 5-HMF kan det kombineres med væske-væske ekstraktion, hvorefter 5-HMF destilleres fra den ioniske væske. Ved andre destilleringer med 5-HMF er det solventen, der fordampes, men her er det omvendt. Fordampningen af 5-HMF skaber problemer i forhold til den termiske denaturering af 5-HMF, som har et kogepunkt på 291°C. Trods dette er der forskning, der viser et potentiale for dette ved brug af tilsætningsstoffer og lavt tryk under destilleringen [5].

Pipettecenteret

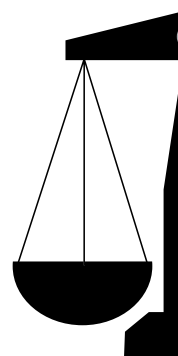
Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

Salg af pipetter og laboratorie varer.



Pipettecenteret
Skovkanten 41 · 4700 Næstved
Tlf. 55 73 62 05 · Mobil 30 33 32 49
Email: nielslindgaard@stofanet.dk
www.pipettecenteret.dk

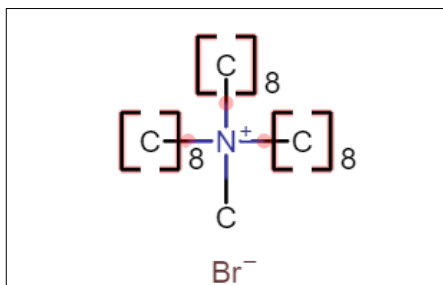


Figur 3 på side 21 viser et potentielt design af processen på større skala.

Fakta

Ioniske væsker anses som et miljøvenligt alternativ, der kan erstatte mange organiske solventer på grund af deres lave flygtighed og høje termiske stabilitet. De første ioniske væsker, der blev fremstillet for over 100 år siden, havde ikke gode egenskaber, men en ny generation af ioniske væsker har vakt opmærksomhed de seneste år. I produktionen af 5-HMF kan nogle ioniske væsker også bruges som solvent i reaktoren [6].

Det interessante ved ioniske væsker er, at man kan designe dem ved at kombinere forskellige kat- og anioner. Dermed kan man designe dem til at have de egenskaber, man skal bruge. Der findes så mange ioniske væsker, at det kan være svært at finde den perfekte væske til forskellige processers specifikke behov. Computerstøttet design og screening kan bruges til denne opgave. Et problem er dog, at de fleste processimuleringsprogrammer ikke har integreret ioniske væsker i deres databaser. En mulig ionisk væske, der kan bruges til væske-væske ekstraktion, er N1888BR, som vises i figur 4.



Figur 4. Strukturen af den ioniske væske N1888BR, som har potentiale til at bruges som ekstraktionsmiddel i væske-væske ekstraktion.

Der er stadig mange usikkerheder ved produktionen af 5-HMF, og det kan være svært at tage de rigtige valg i de forskellige dele af processen. Valget af solvent, katalysator eller kombination af de to har stor indflydelse på, hvilken downstream-proces der er mest effektiv og bæredygtig. Processen skal som helhed være bæredygtig, så derfor er det også nødvendigt at teste dem som helhed. Det kan være ret vanskeligt, når stoffer som ioniske væsker bliver brugt. Der er metoder til at overkomme denne hindring, men de kan være upålidelige, og eksperimentelle data er nødvendige. Det er derfor stadig svært at analysere

effektiviteten af færdige processer, hvor ioniske væsker bruges.

5-HMF's fremtid

Meget af forskningen omkring 5-HMF er fokuseret på enkelte enhedsoperationer, som for eksempel reaktoren eller destilleringen, men der mangler stadig analyser og vurderinger af større processer. Mange publikationer har for eksempel fokuseret på monosakkarider som substrat og ikke på cellulose fra biomasse. Overordnede økonomiske- og livscyklusvurderinger er stadig nødvendige og kan vise, hvilke enhedsoperationer der skal fokuseres på [7]. At bringe de to relativt nye grønne spillere, 5-HMF og ioniske væsker, sammen, er et interessant og udfordrende projekt, men det er langt fra sikkert, at det er vejen frem i 5-HMF-produktionen. Det kan godt ende med, at de nye teknologier, der skal erstatte olie, er dyrere grundet olieindustriens dominans på markedet og årtiers forspring i forskningen. Lige meget hvad, så er oliens tid ved at være til sin ende, og materialer som 5-HMF kommer til at være uundgåelige.

E-mail:

Steffen Domy: steffend@hotmail.dk

Xiaodong Liang: xlia@kt.dtu.dk

Referencer:

1. K.I. Galkin, V.P. Ananikov, When Will 5-Hydroxymethylfurfural, the "Sleeping Giant" of Sustainable Chemistry, Awaken?, *ChemSusChem*. 12 (2019) 2976-2982. <https://doi.org/10.1002/cssc.201900592>.
2. T. Werpy, G. Petersen, Top Value Added Chemicals from Biomass, U.S. Dep. Energy. 1 (2004) 76. <https://doi.org/10.2172/926125>.
3. A. Mukherjee, M.J. Dumont, V. Raghavan, Review: Sustainable production of hydroxymethylfurfural and levulinic acid: Challenges and opportunities, *Biomass and Bioenergy*. 72 (2015) 143-183. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.11.007>.
4. R.J. Van Putten, J.C. Van Der Waal, E. De Jong, C.B. Rasrendra, H.J. Heeres, J.G. De Vries, Hydroxymethylfurfural, a versatile platform chemical made from renewable resources, *Chem. Rev.* 113 (2013) 1499-1597. <https://doi.org/10.1021/cr300182k>.
5. Z. Wei, Y. Liu, D. Thushara, Q. Ren, Entrainer-intensified vacuum reactive distillation process for the separation of 5-hydroxymethylfurfural from the dehydration of carbohydrates catalyzed by a metal salt-ionic liquid, *Green Chem.* 14 (2012) 1220-1226. <https://doi.org/10.1039/c2gc16671b>.
6. A. Andreas, J. Kruse, Ioniske væsker, (n.d.).
7. C. Thoma, J. Konnerth, W. Sailer-Kronlachner, P. Solt, T. Rosenau, H.W.G. van Herwijnen, Current Situation of the Challenging Scale-Up Development of Hydroxymethylfurfural Production, *ChemSusChem*. 13 (2020) 3544-3564. <https://doi.org/10.1002/cssc.202000581>.

Spejlbille – og Nok

Nobelprisen i kemi for 2021 er tildelt Benjamin List og David W.C. MacMillan for deres indsats inden for chiral organokatalyse. Nobelkomitéen har på deres hjemmeside [1] stillet materiale til rådighed for offentligheden, som kan anvendes frit ved beskrivelse af det prisvindende arbejde, se figur 1. Medierne har også allerede været fremme med beskrivelser af chiralitet med udgangspunkt i billederne af (R)- og (S)-limonen (og med den sædvanlige direkte overtalelse af de engelske navne, men slut-e't skal altså væk på dansk!! [2]). Disse to molekyler er forholdsvis fredssommelige eksempler på, at spejlbilledformer kan have forskellige egenskaber i forhold til chirale registranter, for eksempel humane receptorer. Andre chirale duftstoffer er de to spejlbilledformer af carvon, der lugter af hhv. kommen og mynte,



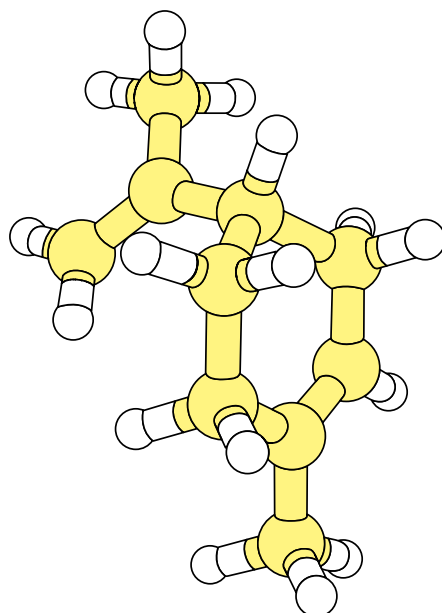
der i organisk kemi

Nobelprisen

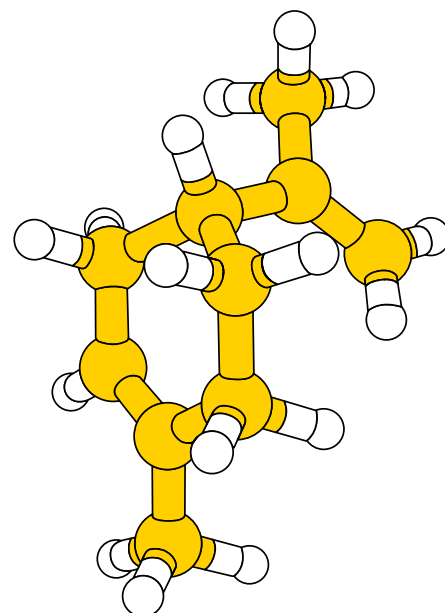
mens et tragisk eksempel på forskelle på to spejlbilleder er thalidomid, hvor konsekvensen af tilstedeværelsen af mindre mængder af den forkerte enantiomer vist er velkendte [3].

Vores ærinde her er nomenklatur og terminologi. (Nobelpristagerne og deres arbejde er der mere om andetsteds i bladet.) Stereodeskriptorerne *R* og *S*, der i kemiske navne if. IUPAC bør kursiveres og sættes i parentes, anvendes her til at specificere den absolutte konfiguration af det ene asymmetriske carbonatom, der er i limonenstrukturen. I et fuldt systematisk navn fortæller en lokant, hvor i molekylet det sidder; se teksten til figur 1. Limonen kan også navngives ud fra stamforbindelsen *p*-menthan (figur 2) og kommer så til at hedde *p*-mentha-1,8-dien; det asymmetriske carbonatom har stadig lokanten '4'.

S-LIMONEN
(CITRON)



R-LIMONEN
(APELSIN)



© Johan Jørnstad/The Royal Swedish Academy of Sciences.

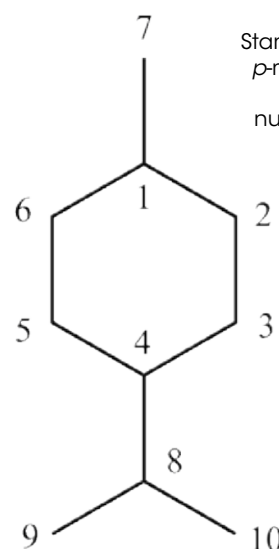
Figur 1. Nobelkomitéens figur med de to spejlbilleder af limonen. Det systematiske navn for appelsinduftstoffet er (4*R*)-1-methyl-4-(prop-1-en-2-yl)cyclohex-1-en eller (4*R*)-*p*-mentha-1,8-dien.

Man ser også almindeligt deskriptorerne (+) og (−). Således er (*R*)-limonen det samme som (+)-limonen, men der er ikke en generel sammenhæng mellem (*R*) og (+). Sidstnævnte refererer til drejning af planpolariseret lys sendt gennem en opløsning af molekylet under specificerede fysiske betingelser og er derfor ikke en egentlig stereodeskriptor. Søger man på nettet på limonen, vil man også finde deskriptorerne *D* og *L*, der imidlertid hører til i helt andre situationer, og *d* og *l*, der er forældede; ingen af disse bør altså bruges ved limonen.

Terminologi: Læserne vil have bemærket, at jeg har udskiftet 'asymmetrisk organokatalyse' med 'chiral organokatalyse'. IUPAC [4] billiger generelt ikke anvendelsen af 'asymmetrisk' om molekylstrukturer, hvis betydningen er 'chiral', altså 'mangler et uegentligt symmetrielement' (anderledes sagt: kan ikke bringes til at dække sit spejlbillede), men har valgt at bibeholde 'asymmetrisk carbonatom' om carbonatomer, der er bundet til fire forskellige grupper, altså for eksempel carbonatom nr. 4 i limonen.

TD, Nomenklaturudvalget

Figur 2.
Stamforbindelsen
p-menthan med
standard-
nummereringen
af skelettet.



Referencer

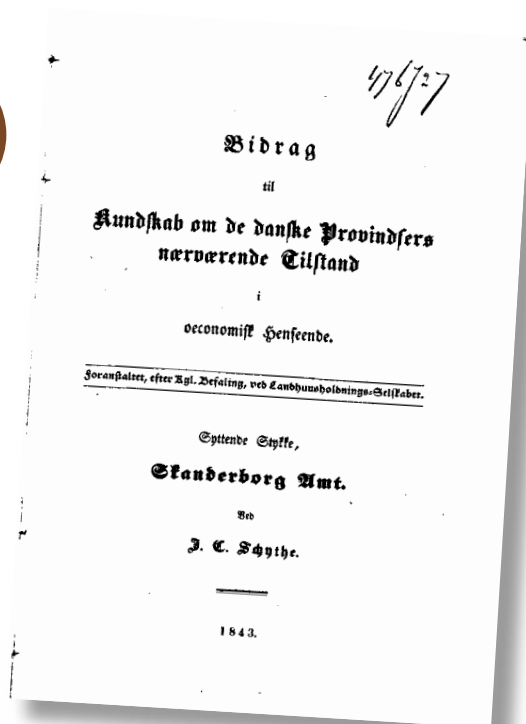
1. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2021/press-release/>.
2. Nomenklaturudvalget har produceret to skrifter, der giver de vigtigste regler for oversættelse af kemiske navne fra engelsk til dansk med eksempler, se www.kemisknomenklatur.dk.
3. F. Jensen, J.E.T. Andersen, J.B. Christensen, R. Hazell: *Grundlæggende Kemi* [1. udg., Gyldendal 2016], side 134-135.
4. The *Gold Book*, <https://goldbook.iupac.org/terms/view/C01060>.



Foto: Hans Brämmer, Pixabay.

Jørgen Christian Schythe og landbruget (III)

Schythe havde en livslang interesse for landbruget. Det kom blandt andet til udtryk, da han i 1842 foretog en undersøgelse og beskrivelse af Skanderborg Amt for det Kgl. Landhuusholdnings-Selskab. En opgave, der oprindeligt var givet til St. St. Blicher.



Figur 1.
"Skanderborg Amt", 1843.

Af Curt Wentrup

Jørgen Christian Schythe havde studeret "anvendt naturvidenskab" på Polyteknisk Læreanstalt. Det var godt nok i det væsentlige fysik og kemi på noget nær samme måde, som det blev undervist på Universitetet - af de samme lærere, H.C. Ørsted, W.C. Zeise og J.G. Forchhammer. Men det er åbenbart, at Schythe



(a)



(b)

foretrak mere anvendelsesbetonede naturhistoriske undersøgelser frem for det rent videnskabelige. Han foretrak også at publicere i populære tidsskrifter, blade og aviser snarere end ægte videnskabelige tidsskrifter. Det kan derfor ikke undre, at han med glæde tog imod et tilbud i 1842 om at foretage en undersøgelse og beskrivelse af Skanderborg Amt for det *Kongelige Landhuusholdnings-Selskab* med særligt henblik på landbrugets forbedring. Selskabet udgav en række sådanne beskrivelser, som skulle dække hele landet.

Ubrugeligt manuskript fra St. St. Blicher

Det var oprindeligt meningen, at digterpræsten Steen Steensen Blicher skulle have skrevet denne beretning, men da det ikke lykkedes ham at levere et brugbart manuskript, fik Schythe opgaven. Blichers manuskript var forventet allerede i 1839, men efter mange forsinkelser sendte han endelig i februar 1842 et stadig ufuldstændigt manuskript. Det blev først forelagt Etatsråd I.J. Unsgaard, deputeret i Rentekammeret og senere indenrigsminister, som gav det videre til *Selskabets* præsident, Konferentsraad Jonas Collin med ordene:

”det vilde sikkert være meget hensigtsmæssigt, ja vel endog nødvendigt, om Hr. Conf. vilde være ulejlighet med at sendte disse Klude til en god Mand, der kunde see, om man var istand til at faa en Bog Papiir af dem”.

Jonas Collin var en yderst arbejdsom og indflydelsesrig embedsmand, som var involveret i snart sagt alle områder af statsmaskineriet (han var også H.C. Andersens velgører). Han påførte en besked på Blichers manuskript, ”Justitsraad Bindsbøll, som boede i Amtet, først”, og manuskriptet blev så sendt til Jacob Hornemann Bindsbøll, ejeren af Skanderup Ladegaard (og bror til arkitekt Gottlieb



Figur 3. Rød potte fra Sorring (<https://historiskatlas.dk/@56.1811030,9.7742550,16z>).

Bindsbøll og biskop Severin Bindsbøll). Bindsbølls betænkning førte til forkastelse af Blichers manuskript:

”Da det fra Pastor Blicher indsendte ikke fandtes at kunne trykkes, blev det overdraget Cand. polyt. Schythe at bereise og beskrive Skanderborg Amt” [1]. Det eksisterende manuskript samt Bindsbølls betænkning blev derefter tilstillet Schythe i juli 1842.

Et grundigt faktiskt værk

Grunden til, at Schythe blev givet denne opgave kan muligvis søges i den omstændighed, at Collin kendte ham fra Islandsrejsen; Collin havde på Kongens vegne beordret Schythe til Island sammen med J. Steenstrup for at foretage geokemiske undersøgelser og berejse Øst- og Nordlandet [2]. Eventuelt har også Ørsted eller Forchhammer anbefalet ham. Derpå skrev Schythe til Collin fra Skanderborg 23. juli 1842:

”Jeg har talt med velmeriteret Kammeraad Michelsen, og han svarede mig, at han i sin Tid, foruden hine Besvarelser ogsaa tilstillede Pastor St. Blicher en Deel andre af ham selv indsamlede Materialier; hvis nu Hr. Secretær (J.C.) Hald ogsaa kunde klemme disse Papirer ud af Pastoren, saa vilde det være mig meget kjær at modtage dem, og rimeligviis vilde de være mig meget til Nytte”.

Naturligt nok tog digteren Jeppe Aakjær helt klart Blichers parti og bemærkede, at *”denne ubekjendte Mand, der blev Blichers Afløser, ... formodentlig har vist sig mere villig til at gaa i Selskabets Ledebaand”* [1]. Det gjorde Schythe dog ikke. Han havde sine egne ideer om, hvad han ville skrive, og han berejste straks amtet i tre måneder i sommeren 1842 for at samle oplysninger. Resultatet blev et grundigt og faktiskt værk på 749 sider, som indeholdt talrige informative og historisk interessante fodnoter. Det blev publiceret i august 1843 (figur 1) [3,4] og til forskel fra Blichers uheldige bog om Viborg Amt (se nedenfor) var der ingen redaktionelle bemær-

ninger. Schythe forklarede i forordet, at han ved udarbejdelsen havde fulgt en anden plan end den, der lå til grund for næsten alle de øvrige amtsbeskrivelser, og at grunden til, at bogen var blevet så tyk (dobbelte så tyk som de fleste) lå i den mængde af detaljer, han var i stand til at meddele.

Utilfredshed med Blicher

Blicher havde tidligere for *Selskabet* skrevet en beretning over Viborg Amt, som havde høstet hård kritik fra botanikprofessor J.F. Schouw og den ovennævnte Bindsbøll samt en proprietær Poulsen, sandsynligvis Peter Johannes Poulsen, Randers Amt. Collins bemærkning: *”At slutte fra Arbeidet over Viborg Amt kan man ikke vente sig noget mærkeligt om Skanderborg Amt”*. Faktisk indeholder Blichers publicerede værk om Viborg Amt talrige redaktionelle fodnoter, som åbenlyst modsiger forfatterens meget konservative og videnskabeligt uholdbare meninger [5]. Til *Selskabets* misbilligelse argumenterede Blicher for eksempel for at tillade enhver at brygge og destillere alkohol. Han argumenterede også mod udstrakt anvendelse af kalk (calciumcarbonat, CaCO_3) som gødningsmiddel. Mergel er en naturlig blanding af moræneler og kridt, som er udbredt i den danske undergrund og førhen blev gravet på gårdene næsten overalt i Danmark og anvendt som gødningsstilsud. Om virkninger på Heden siger Blicher (p 79):

”Mergelen især er en saa bestemt Fjende af Lyngen, at endog de Klatter, som ved Kjørsel spildes oven paa denne, bortæder den og frembringer Græs, ja sædvanligviis ogsaa virkelig Rødklever. Frøet har da rimeligviis været opbevaret i Mergelen gjennem Aartusinder, thi man seer den fremkomme der hvor Rødklever ikke kjendes i Miles Omkreds, og hvor Mergelens Bruger intet haver eller nogensinde haver havt paa sine Marker”. I en redaktionel fodnote hedder det: *”Hvorfor Forfatteren hellere antager, at Frøet til den Rødklever, som viste sig paa Heden efter Mergel, skulde være opbevaret i Mergelen, (i stedet for) i Jordsmonnet selv, kan jeg ikke se. Jeg er af den modsatte Mening; efter brændt Kalk (CaO) vilde man see samme Virkning, og i denne Kalk vil man dog ej antage at finde Frø med Spireevne”.* Forfatteren af de anonyme noter var højst sandsynligt den ovennævnte Justitsraad Bindsbøll.

Korrekt beskrivelse af mergel og staldgødning

I Schythes afhandling blev mergelens og staldgødningens virkninger beskrevet



Figur 2. Fra venstre, side 24: (a) myremalm (Wikimedia, public domain), (b) goethite (<http://hyper-physics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>), (c) limonit (Wikipedia, public domain).

korrekt. Mergel virker særligt gunstigt på sur jord, som frigør CO_2 og vand fra kalken, hvorved jorden bliver mindre sur, og både kulsyren og calcium kan absorberes af planten. Det vides nu, at calcium er nødvendig for dannelse af cellevægge og -membraner.

Det er instruktivt at notere, at Justus Liebig i 1840 havde publiceret sin epokegørende, men kontroversielle *"Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie"* [6], hvori han fremsatte mineralteorien, som hævdede, at uorganiske mineraler fuldstændig kunne erstatte staldgødning. Dermed benægtede han vigtigheden af tilførslen af kvælstof i form af gødning og påstod i stedet, at al kvælstoffet kom fra atmosfæren i form af ammoniak, som var dannet ved nedbrydning af animalske og vegetabiliske stoffer. Nyttens af ajle var blot, at den tilførte ammoniak til *atmosfæren*. Påvisning af ammoniak i ringe mængder i regnvand styrkede hans teori. Den nyttige virkning af mergel og andre calciumsalte blev forklaret alene ved deres evne til at absorbere ammoniak fra luften. Liebig's værk blev mødt med hård kritik, både i Tyskland og udlandet, især af Lawes og Gilbert i England, hvor modstanderne med rette hævdede, at Liebig havde ringe kendskab til fysiologi og landbrug [7], men takket være hans anseelse nød værket stor udbredelse. Schythe må antages at have været godt kendt med Liebig's teorier, da han oversatte flere omfattende, tyske recensioner [8]. Han antog dog ikke Liebig's anskuelse, men anbefalede den korrekte brug af staldgødning suppleret med mergel.

Myremalm i Jylland

I Jylland findes betydelige mængder myremalm (figur 2a, side 24), især i de daværende Ringkjøbing og Viborg Amter samt Slesvig og Holsten, men også i Skanderborg Amt. Myremalmen (fra oldnordisk myrr: mose) består af rødbrunt ferrihydrit, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ og ferrioxihydroxid (goethit), $\text{FeO}(\text{OH})$ (figur 2b, side 24), også tit med $\text{Fe}(\text{II}) \text{CO}_3$ (siderit) og ofte mere end 10 procent mangan. Det blev dannet ved, at sivende vand udtrak jernet som Fe^{2+} fra mineraler, som var blevet transporteret til Danmark fra den skandinaviske halvø af isen i sidste istid. På flade enge og moser, hvor grundvandet strømmede langsomt og tæt på overfladen, blev jernet oxideret og udfældet igen som $\text{Fe}(\text{III})$ oxider. I oldtiden og middelalderen var det blevet smeltet i stor udstrækning i små smelteovne, og da træ blev brugt som brændsel,

var de jyske skove gået til grunde, og heden var opstået. Det havde ophørt i 1600-tallet, og på Schythes tid benyttede et jernstøberi i Horsens importeret råjern. Foranlediget af ovennævnte J.H. Bindesbøll og Prof. Forchhammer var der planer om oprettelsen af en myremalm-smelter ved Silkeborg, som skulle bruge tørvekul som brændsel. I november 1842 blev forsøg foretaget i Carlshütte masovn ved Rendsborg med en blanding af tørv og trækul som brændsel og reduktionsmiddel, som viste sig at være udmærket. *Cand. polyt.* B.S. Jørgensen indsamlede oplysninger om jernværksdrift fra Tyskland og Norden, men forehavendet blev indstillet uden noget endeligt resultat, blandt andet fordi Jørgensen ikke anså det for rentabelt [9].

Skanderborg Amt var også kendt for de "røde potter" [4b] især fra Sorring (Saaring) ved Silkeborg (figur 3, side 25), som blev fremstillet af rød okker, Fe_2O_3 . Okker er produktet af vandig luftoxidering af pyrit, FeS_2 (svovlisk, narreguld), som er udbredt i kridt og brunkul i den danske undergrund. Her ved dannes foruden svovlsyre $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ (limonit (brunjernsten) (figur 2c, side 25), som er hovedbestanddelen af det gule okker. Ved mild brænding frigøres krystalvandet, og det røde okker opstår. Schythe nævner, at der nu kun var én gammel husmand i amtet, som brændte okker. Det havde han gjort i 30 år, og han forsendte stadig omkring 16 læs til Aarhus og Randers hver sommer. Der var 40 pottemagere på egnen.

Vedvarende interesse for landbruget

Schythe bibeholdt en interesse for landbruget og publicerede omfattende oversættelser af konferenceberetninger fra landvæsensmøder i Tyskland i *Tidsskrift for Landoekonomie*, som blev redigeret af ovennævnte J.C. Hald [10,11]. Efter hjemkomsten fra sin kemisk-geologiske undersøgelse af Hekla i 1846 [12], blev han sekretær for den tredje *Landmands-Forsamling* i Aarhus i maj-juni 1847 [13]. Hans landbrugsvidenskabelige kundskaber kom ham til nytte i 1850'erne, da han som guvernør for Magellan-territoriet i Chile gennemførte betydelige forbedringer af agerdyrkingen, hvorfor han høstede samtidig ros [14].

E-mail:

Curt Wentrup: wentrup@uq.edu.au

Referencer

1. J. Aakjær, Steen Steensen Blichers *Livstragedie*, Lindhardt & Ringhof, København, 1904; e-bog 2016.
2. C. Wentrup, J.C. Schythe - en dansk Kemiker, *Dansk Kemi*, 2021, 12-15.
3. a) J.C. Schythe, Skanderborg Amt, *Bidrag til Kundskab om de danske Provindsers nærværende Tilstand i oekonomisk Henseende, Foranstaltet efter Kongelig Befaling, ved Landhuusholdnings-Selskabet*, XVII, J.D. Qvist, København, 1843; b) Et læseværdigt uddrag om træskofabrikationen og træskokarlenes forlystelsesliv blev publiceret i J.F. Schouws *Dansk Ugeblad* 1843, 2. Række, 3, 103-115.
4. Skudsmål: K. Dalsgaard Larsen, a) Schythes afhandling blev beskrevet som grundig, og det var ham "magtpaaliggende at formidle kendskab til egnen": Museum Silkeborg, delrapport, <https://www.museumsilkeborg.dk/delrapport-1>; b) "En unik kilde til erhvervsudviklingen og landhåndværket i amtet", Museum Silkeborg, De røde Potter fra Sorring, <https://www.museumsilkeborg.dk/de-rodr-potter-fra-sorring>; c) K. Hansen, "en omhyggelig Optælling af Svingplovens Forekomst... enkelte Svingplove endnu havde Mulplade af Træ beslaaet med Jernskinner," Det Danske Landbrugs Historie, IV, København, 1925-33.
5. S.S. Blicher, *Viborg Amt, ved Landhuusholdnings-Selskabet*, XII, Jens Hostrup Schulz, København, 1839.
6. J. Liebig, *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, Vieweg, Braunschweig, 1840.
7. a) W.H. Brock, *Justus von Liebig, The Chemical Gatekeeper*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997; b) P. Werner, F.L. Holmes, *J. Hist. Biol.* 2002, 35, 421-441.
8. Landvæsens-Statik, Med nogle Forkortninger oversat efter "Landwirthschaftliche Literatur-Zeitung" herausgegeben von L.H. Fischer, 1. Jahrgang, 1. Heft, Frankfurt, 1842, ved J.C. Schythe, *Tidsskrift for Landoekonomie*, 1844, 411-490. I. A. Anmeldelse af Landvæsens-Raad Seidl's Afhandling om Jordsmonnets Udtæring ved Afgrøder og Erstatning derfor ved Gjødskning (pp. 361-411); II. Anmeldelse af Den organiske Chemie i sin Anvendelse paa Agricultur og Physiologie ved Justus Liebig, A. (pp. 411-447); B. Correcension af ovennævnte Skrift (pp. 447-467); C. Anmeldelse af samme Værks 5te Oplag (pp. 467-490).
9. a) A. Bauer, *Jydske Haandværkere og Fabrikanter*, Jydsk Forlags-Forretning, Aarhus, 1893; b) C. Nyrop, *Historisk Tidsskrift*, 1877, 6, 126-162; c) V.F. Buchwald, *Geologisk Tidsskrift*, 1998, 1-26.
10. J.C. Schythe, *Tidsskrift for Landoekonomie* 1843, 317-365
11. J.C. Schythe, *Tidsskrift for Landoekonomie* 1844, 1-20.
12. C. Wentrup, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 1066-1081
13. Udtog af Schythes Aarhus-rapport, "velskreven og noejagtig", *Tidsskrift for Landoekonomie* 1847, 522-560.
14. Memoria de Juan Ramón Muñoz, *Historia del Estrecho de Magallanes*, 1859, <https://patlibros.org/jrm/?lan=eng>.

Verdensmål nr. 17:

Partnerskaber for handling

Foto: Antonio Janeski, www.unsplash.com



Hvad betyder egentlig "partnerskaber for handling" i praksis? Det sidste verdensmål kan umiddelbart virke temmelig abstrakt, men det er - i hvert fald på papiret - ikke så svært. Som kemikere ved vi jo udmærket, at vi ofte kommer lettere og hurtige til bedre resultater, når vi samarbejder. Sværere er det ikke.

Overordnet handler mål 17 om at samarbejde på alle planer, dvs. mellem regeringer, virksomheder, organisationer og helt almindelige mennesker både politisk, teknologisk og økonomisk - lokalt, regionalt, nationalt og globalt. Samarbejde er nøglen til succes. Eller med andre ord... Vi må alle, store som små, se på verdensmålene som noget fælles, hvor vi hver især kan give et bidrag på et eller andet plan til et eller flere af målene - intet bidrag er for småt. Dalai Lama har sagt: "Hvis du tror, at du er for lille til at gøre en forskel - så prøv at sove med en myg". På det nære plan handler det om at "gøre verdensmål til hverdagsmål". Og den pris, der skal betales for at komme i mål, er vi fælles om at betale.

Ser vi på miljøområdet som et illustrativt eksempel, hvor kemisk ekspertise er en vigtig byggesten i stærke partnerskaber med for eksempel biologer, geologer, ingeniører osv., mobiliseres her en bred vifte af ressourcer, viden deles, nye miljømæssigt sunde teknologier udvikles sideløbende med en generel kapacitet

tetsopbygning. Sådanne stærke partnerskaber vil bidrage til en bæredygtig miljøindsats, for eksempel i forbindelse med udnyttelse af naturlige ressourcer, reduktion af affaldsmængden, forureningsbekæmpelse og afbødning af klimaændringer.

Lars Carlsen,
lc@awarenesscenter.dk

For detaljer om verdensmål 17, se:
<https://sustainabledevelopment.un.org/sdg17>

17 PARTNERSKABER
FOR HANDLING



■ Relaterede verdensmål:

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



Nyttig viden fra TechMedia

HUSK

**Dansk Kemi
kan også
læses online**

Få besked hver gang
en ny udgave er
tilgængelig.

**Tilmeld dig på
TechMedia.dk**

Synets betydning for smagsoplevelsen

Af Jens Folke, lean6sigma.eu

I sidste udgave af Dansk Kemi [1] gik jeg i detaljer med høresansen. Denne gang handler det om synssansen.

Synssansen er baseret på de G-proteinkoblede receptorer (GPCR'er), der også er knyttet til de organiske smagsløg [2]. Der er tale om foton-påvirkninger af nethindens receptorer, idet nethinden har tre typer af tappe foruden stave. Tappene gør os i stand til at skelne millioner af farver, mens stavene gør os i stand til at se grå nuancer, specielt vigtigt under lysfattige forhold, hvor tappene ikke er så følsomme. Menneskets farvesyn er meget subjektivt, idet blandingsfarver ikke altid svarer til specifikke bølgelængder. Vi taler om additive og subtraktive farveblandinger, men dette emne er uden for denne artikel; se [3].

Er syns- og høresanserne så også smagssanser? Jeg skrev lidt uldent om emnet for nogen tid tilbage [4]. I dag er jeg mere klar i min tale: "Ja, både syns- og høresansen har stor betydning for smagsoplevelsen".

Med gennemgangen af synssansens betydning for smagen, fuldender det her i Dansk Kemi udredningen af de 10 sanser, der ligger til grund for vores smagsoplevelse. Vi har de seks smagsløg for surt [5], salt [6], sødt [7], bittert [8], umami/kokumi [9] og oleogustus [10]. Så har vi lugtesansen [11], følesansen/mundfølelsen [12], høresansen [1], og sidst, men ikke mindst synssansen - emnet for denne artikel. Nogle taler også om en "metallic taste", men her er vist mest tale om en følgevirkning af medicinske behandlinger, vitaminmangel eller lignende [13,14].

Filosoffen Martin Marchman Andersen fra KU skrev i 2015 en bog om smag [15]. Han taler om præ-smag, der handler om at overleve ved at få dækket sit basale ernæringsbehov, for eksempel når jægersoldaten får stillet sin appetit ved indtag af feltrationer, der næppe kan betegnes som kulinariske; men i hvert fald er nærende.

Udover denne præ-smag inddeler Martin M. Andersen smagsoplevelsen i tre niveauer:

- *Niveau 1* er tungens smagssanser, altså de seks forskellige klasser af smagsløg [5-11]. Vi har på tungen nok mere end 40-50 forskellige smagsløgsreceptorer; men vi har i gastronomien reduceret dem til disse seks klasser af smagsløg. Jeg vil dog foreslå under niveau 1 at medtage mundfølelsen og den trigeminale nervepåvirkning.
- *Niveau 2* er syns-, høre-, føle- og lugtesanserne. Kombinationen af niveau 1 & 2 er det, man i "Smagforlivet" kalder *flavour* [16]. Det er altså det samlede sanseindtryk, inkl. syn og hørelse, som ankommer til vores hjerne i form af nerveimpulser.
- *Niveau 3* i smagen er så hjernens bearbejdning af disse sanse-

indtryk, som er det, forskerne kalder *flavour perception*. Denne kognitive bearbejdning i hjernen er meget kulturbestemt. I nogle kulturer spiser man ikke svinekød, i andre ikke oksekød, og i atter andre ikke insekter. Vores kognitive bearbejdning afhænger også af, hvad mor spiste, mens hun var gravid med os og efterfølgende ammede. Hvad spiste vi i vores familie, mens jeg voksede op? Hvad spiser vi i vores kulturkreds? Er vi åbne for andre kulturkredsers mad? Selv mindes jeg min barndoms første oliven - jeg troede, det var et sødt bær, så der gik lang tid, før jeg skulle have oliven igen. Spiser vi nyrer, finker, oksemave (tripes), østers, søpindsvin osv.? Det er alt sammen kulturbestemt. Jeg har set vietnamesiske børn trykke "cremen" ud af bagkroppen på en fugleedderkop og putte det direkte ind i munden med stort velbehag.

Også moral spiller ind i den kognitive bearbejdning. Det er for eksempel ikke "politisk korrekt" at spise foie gras eller sødmælkskalvekød i Danmark, men det gør man gerne i Frankrig og i andre europæiske lande. I Japan kan man finde på at filetere fisk til sushi, mens de er levende, osv. I vores kulturkreds er man på visse svinefarme holdt op med at kastrere smågrise for at få en mere mager gris; men så skulle man pludselig tænke over, hvad man stiller op med 30 tons testikler? Skal de varedeklarerer i pølser? [17].

Synssansen bruger vi kognitivt til at vurdere, om vi ønsker at spise det, vi ser på menukortet, på varedeklarationen eller på tallerkenen. Synet giver os forventninger til maden og dens smag, og det afgør, om vi vil/kan spise den [18].

Synssansen er nok den vigtigste sans for os mennesker, også når vi skal finde føde. Hvad enten vi i forhistorisk tid var på jagt efter kulhydrater, protein og fedt i form af frugt, grønt, rodknolde, rødder, korn, frø, bælgfrugter, tang, svampe, kød, fisk, skaldyr eller insekter fra plante-, tang-, dyre- eller svamperiget, eller som i dag, hvor synssansen guider os rundt i supermarkedets grøntsags-, kød- og fiskeafdelinger m.fl.

Naturens farver har som regel en funktion:

- Gule og røde blomster bestøves mest om dagen; hvide ofte om natten (for eksempel urterne dag- og aftenpragtstjerne).
- Grønne frugter er ofte umodne, for eksempel grøn peber, grønne tomater og jordbær.
- Røde frugter er modne og klar til at blive spist, så de modnede frø kan spredes af frugtspiseren.
- Blå er en sjælden farve i naturen, men findes for eksempel i blåbær, hyldebær og visse blommearter.
- Brunt kendetegner ofte forrådnelse, men tjener også som camouflage for mange typer svampefrugtlegemer.
- Sort findes også i mange bær og er beregnet til at skulle spises for at sprede frøene: for eksempel solbær, brombær, slåen, revlingbær m.fl.

Vi har formodentlig en medfødt præference for rødt, gult, orange og grønt; men, som sagt, tillæring i den kultur, vi

Urtepotte med grønt - lavet på Thermomixer

Ingredienser:

3 skiver rugbrød
30 g hasselnødder
5 g fennikelfrø
3 g maltmel
250 g spæde grøntsager, f.eks. asparges, gulerødder, radiser eller lignende
200 g friskost
10 g dijonsennep
Lidt citronsaft
10 g flormelis
Frisk mynte
15 g olivenolie
Havsalt og peber fra kværn
8 mini-urtepotter
Evt. spiselige blomster til pynt

Fremgangsmåde:

1. Kom friskost med dijonsennep, citronsaft, flormelis, olivenolie og finthakket mynte i røreskålen, smag derefter til med salt og peber, 2 min.//hast. 2.
2. Kom cremen i en sprøjtepose og fyld fire urtepotter halvt op med creme; rengør røreskålen.
3. Smuldr rugbrød i røreskålen og tilsæt hasselnødder, fennikelfrø og maltmel.



4. Kør det til en grov rasp, 60 sek.//hast.4-6.
5. Varm "jorden" igennem, 10 min.//120°C//hast. 0.5.
6. Køl raspen af og kom det i urtepotten lige før servering, så det forbliver sprødt.
7. Nip roden af radiser og gulerødder, men lad en 2 cm top blive siddende; knæk ca. 5 cm af toppen af de grønne asparges.
8. Drys "maltjord" over, "plant" grøntsagerne og servér, evt. med spiselige blomster.
9. Server resten af grøntsagerne som crudité med "jord-dip".

vokser op i, har mindst lige så stor betydning. Vi spiser helst ikke en rød fluesvamp, men gerne en brunlig Karl Johan eller tragtkantarel, i hvert fald hvis vi har lært at gå på svampejagt. Fødevareindustrien arbejder bevidst med vores synsindtryk, for eksempel når den kemispækkede orangeade skal lede tanken hen på frisk juice.

På gourmetrestauranter arbejder man bevidst med anrettningen, og kokke som Heston Blumenthal, Ferran Adrià og også vores egne trestjernede superkokke René Redzepi og Rasmus Kofoed arbejder bevidst med synssansen i deres restauranter - de skaber overraskelsen ved, at vi tror, vi får én servering, men i virkeligheden får vi en helt anden.

Her følger en opskrift fra et af Køkkenkemistens kurser med inspiration fra [19]. Retten skal simulere uspiselig jord, men vi får faktisk en dejlig dip med rugbrødsknas. Tilberedningen på billedet er lidt begrænset af tilgængeligheden af små, friske urter, så til foråret kan effekten af serveringen nok blive endnu bedre.

Facebook: Køkkenkemisten

Referencer

1. Hørelsens betydning for smagsoplevelsen, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2021(5).
2. G-proteinkoblede receptorer på tungen, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2021(2).
3. <https://da.wikipedia.org/wiki/Farvesystem>.
4. Hvor mange smagssanser har vi? Seks eller ti?, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2016(3).
5. Tilsmagning med syre, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2020(5).
6. Tilsmagning med salt, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2020(3).
7. Tilsmagning med sukker, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2020(6).
8. Tilsmagning med bitterstoffer, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2020(7).
9. Smagen af umami med hjælp fra Kokumi, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2020(8).
10. Oleogustus - det omdiskuterede fedtsmagsløg, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2021(1).
11. Lugtesansen i måltidets smag, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2021(3).
12. Mundfølelsen - de fire T'er, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2021(4).
13. <https://www.healthline.com/health/metallic-taste-in-mouth>.
14. <https://www.thehealthy.com/dental/reasons-metallic-taste-in-mouth/>.
15. M.M. Andersen: "Smag", Turbine Forlag, 2015.
16. <https://www.smagforlivet.dk/materialer/flavour>.
17. Hjemmelavede pølser med bindefars, Køkkenkemisten, Dansk Kemi 2015(1/2).
18. <https://www.smagforlivet.dk/materialer/synssansen>.
19. R. Bredahl & N. Buchardt: "Neurogastronomi", FADLs Forlag, 2016.

Fuldautomatisk pH-målesystem sparer tid og penge

Implementeringen af et fuldautomatisk pH-målesystem har sparet Fjernvarme Fyn for hundredtusindvis af kroner og mange arbejdstimer. Det nye pH-system anvendes til pH-målinger på det spildevand, der kommer retur fra udvaskningen af varmeværkets røggasscrubbere. Disse scrubbere renser røgen for forurenende stoffer og partikler.



Tekniker Lars Kristian Pedersen fra Fjernvarme Fyn ses her foran et af de nystallerede automatiserede pH-måleanlæg. Fjernvarmeværket har i alt købt seks nye måleanlæg. En ikke ubetydelig investering, der har en tilbagebetalingstid på et sted mellem seks og otte måneder afhængig af den konkrete applikation.

Af Klaus Hansen, journalist

Røgen fra kraftvarmeværker skal renses for miljøskadelige stoffer og partikler for at skåne miljøet. På Fjernvarme Fyn sker rensningen i de såkaldte røggasscrubbere, der sidder oppe i skorstenene og fanger de forurenende stoffer, der findes i røgen. Spildevandet fra scrubberne har en ekstrem lav pH-værdi, da syren er taget ud af røgen. Tungmetaller og andre miljøskadelige stoffer fjernes også fra røgen i scrubberne. Rensning af spildevandet fra scrubberne er en både tidskrævende og omkostningskrævende proces. Men nu har Fjernvarme Fyn installeret seks fuldautomatiske pH-målesystemer i de tanke, der bruges til rensningen af spildevandet. Det har sparet fjernvarmeværket for tusindvis af kroner og adskillige mandetimer. Ligeledes er driften blevet mere pålidelig og stabil. Det er Tech Instrumentering, der har leveret og hjulpet med installationen af de nye fuldautomatiske pH-systemer i det fynske fjernvarmeværk.

Den gamle og manuelle løsning

Spildevandet fra scrubberne er særdeles syreholdigt, pH er helt nede på -0,5, og kan derfor ikke ledes direkte til kloak. Ligeledes indeholder spildevandet en lang række miljøskadelige stoffer, der også skal fjernes. Rensningen af spildevandet sker i flere store procestanke, der er forbundet. Det er af afgørende betydning at kende pH-værdien i spildevandet i de forskellige tanke. Derfor har Fjernvarme Fyn tidligere haft en almindelig,

manuelt betjent pH-sensor monteret i procestankene, men dette system var ikke særlig driftssikkert. Ofte var der driftsstop, blandt andet som følge af, at pH-sensorerne gik i stykker og måtte udskiftes med nye, dyre sensorer. Det manuelle pH-målesystem krævede ligeledes meget vedligeholdelse samt rengøring og kalibrering af sensorerne. Typisk skulle sensorerne rengøres og kalibreres manuelt hver anden dag. Levetiden for pH-sensorerne er lav - typisk kunne en sensor kun holde omkring 14 dage. Derfor kunne udgifterne til nye sensorer let løbe op på over 60.000 kroner om året.

Det automatiske pH-system sparer både tid og penge

Kemiingeniør, Erik Flemming Smitshuysen fra Fjernvarme Fyn, er godt tilfreds med de seks nye og fuldautomatiske pH-systemer. Han fortæller:

- Nu har vi kørt med systemet i fem måneder uden driftsstop, manuel service eller udskiftning af sensorer. Kalibreringen af sensorerne sker automatisk, og skift af sensorer er langt mindre arbejdskrævende. Samlet set har vi opnået en mere stabil drift og med færre driftsudgifter, så vi er fuldt ud tilfredse med løsningen.

Det er Tech Instrumentering, der har leveret de automatiserede pH-målesystemer til fjernvarmeanlægget. Kim Andersen fra Tech Instrumentering fortæller:

- Der er mange fordele ved at bruge et Knick fuldautomatisk pH-system. Arbejdsmiljøet under rengøringen forbedres, og som nævnt øges driftssikkerheden. Og så er der selvfølgelig det økonomiske aspekt. Når man medregner arbejdstiden til vedligeholdelse, reparationer og udgifter til nye sensorer, så har et sådant pH-målesystem typisk en tilbagebetalingstid på et sted mellem otte og ti måneder.



Nærbillede af et af de seks fuldautomatiske pH-måleanlæg, der er installeret hos Fjernvarme Fyn.

Chas. Hude A/S er flyttet til nyt domicil på Christianshavn



Som led i en langsigtet strategi er Chas. Hude A/S per 1. oktober flyttet til et større hovedsæde.

Siden 1929 har rådgivere og IP-eksperter fra det velrenommerede IP-bureau holdt til i Holckenhushuset på H.C. Andersens Boulevard 33. Det nye domicil bliver historiske De danske sukkerfabrikker, Langebrogade 1, 2., B2. Adressen til Aarhus-kontoret forbliver uændret.

Fornylse og tradition

Chas. Hude træder ikke alene ind over dørtærsklen til 2.000 nyrenoverede kvadratmeter i topmoderne omgivelser med udsigt over Kalvebod Brygge og Københavns Indre By, mens vejen banes for en ambitiøs vækstplan og starten på en ny tid med fokus på digital omstilling og ekspansion på IP-markedet over de næste år. Med afsæt i en stolt historie spejdes mod fremtiden, når Chas. Hude A/S skifter adresse, der i år samtidig fejrer 125-års fødselsdag. Siden 1896 har bureauet hjulpet landets største og mest succesrige virksomheder med at beskytte immaterielle rettigheder, sideløbende med omdømmet stødt vokset til massiv international anerkendelse som ét af branchens mest innovative patent- og varemærkebureauer, særligt kendt for Chas. Hude-åndens ordentlighed og at møde alle klienter i øjenhøjde.

Indtil sidste år har selskabets ledelse gennem to generationer været tegnet af Nørgaard-familien. De seneste årtier ved brødrene Tage Nørgaard og Ulrik Nørgaard, som begge gik bort ved årsskiftet. En æra afsluttes på H.C. Andersens Boulevard og en ny begynder på Langebrogade.

■ Fakta

Chas. Hude er blandt de førende varemærke- og patentrådgivere i Danmark. Hos Chas. Hude tilbydes strategisk rådgivning om patenter, varemærker, design, brugsmodeller og kommercialisering af viden og teknologi. Siden 1896 har Chas. Hude rådgivet danske og udenlandske virksomheder, universiteter, forskningsinstitutioner, iværksættere og opfindere med at identificere potentialer og integrere dem i forretningsstrategier.



Microplastics Analysis

Years of experience have guided us to come up with dedicated, complete spectroscopic solutions to microplastics analysis. Our FT-IR and Raman microscopes are used daily by leading microplastic scientists, worldwide.

We believe that one must first get an overview before deciding on the technology. Microplastics analysis must be effective, reliable and sustainable.

This is exactly why we think that the most crucial factor in achieving these goals is communication between instrument supplier and user.

Our MP experts are looking forward to learn about your specific requirements and will try to address your problems head-on.

Together, we'll find a solution to this global environmental threat.

Want to Learn More? visit www.bruker.com/microplastics

Bruker Nordic AB

Torshamnsgatan 44 • 164 40 KISTA, Sweden

Tel: +46 8 655-2530 • info.bopt.nordic@bruker.com

Infrared for MP Analysis

- Easy to use and evaluate
- Very fast analysis by imaging
- Reliable identification results
- High automation of analysis
- Analysis down to particles > 2 µm
- Universal particle analysis

Raman for MP Analysis

- Analysis of particles > 0.5 µm
- Highest visual image quality
- Easily distinguishes inorganics
- High automation of analysis
- High-res contact-free analysis