

Dit branchemagasin fra TechMedia

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

dansk kemi

Nummer 12 - December 2015 / 96. årgang

Kage årsag
til iltmangel

Fremtidens
genopladelige
batterier



Egtvedpigens
overraskelser

INDHOLD



- 1 Forside:** Læs den spændende historie om, hvordan man vha. strontiumisotop-analyser har afdækket Egtvedpigens overraskende liv. Foto: Roberto Fortuna, Nationalmuseet.
- 8 Afsløringen af Egtvedpigens dynamiske liv**
Egtvedpigens – indbegrebet af dansk bronzealder – voksede op flere hundrede kilometer fra Egtved og kom til "Danmark" kort tid før sin død. De overraskende forskningsresultater bygger på tværfaglig forskning med udgangspunkt i strontiumisotopanalyzer af pigens selv og flere fund fra hendes grav.
- 11 Vurdering af miljøteknologi i Kina - og lidt om kinesisk lugtanalyse**
Forfatterne har været en tur i Kina for at få indblik i deres ETV-ordning – til uvildig verifikation af miljøteknologier. Læs hvordan det fungerer, og hvordan man udfører lugtanalyser i Kina.
- 14 Kage årsag til iltmangel og indlæggelse på hospital**
Ambulance bragte en 58-årig forretningsrejsende til akutmodtagelsen med åndenød, svimmelhed og kvalme. Denne og andre cases viser, at man skal have respekt for kuldioxid.

- 18 Nye materialer til fremtidens genopladelige batterier**
I udviklingen af nye batterimaterialer er detaljeret forståelse af de processer, der sker på atomar skala, når batteriet af- og oplades, essentielt for udviklingen af designkriterier for fremtidens forbedrede batterier.
- 22 Hvad er en god "bio-kemiingeniør"?**
Kemiingeniørens særlige styrke ligger i udvikling af apparaturdesign og industriel procesdesign. Dette kan føre til både lavere kapitalomkostninger og lavere direkte procesudgifter.
- 26 Julekål**
Den klassiske danske jul med julefrokoster, and, flæsksteg, rødkål, finthakket stuvet hvidkål osv. er der ingen, der skal pille ved. Køkkenkemisten kommer med ideer til årets julekål.
- 28 ProduktNyt/Gasser**
Med flere gasser i det daglige arbejde inden for bioteknologisk forskning og produktion, prioriterer Bavarian Nordic at sikre de ansattes arbejdsmiljø mod den potentielle risiko som anvendelsen af industrielle gasser kan udgøre.

TechMedia

Naverland 35
2600 Glostrup
Telefon 43 24 26 28
Fax 43 24 26 26

Ledelse:

Adm. direktør Peter Christensen
Direktør Rikke Marott Schelde
Direktør Susanne Eine

Redaktion:

Katrine Meyn (ansvarshavende)
km@techmedia.dk
Lektor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbk@novozymes.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk
Maria Bech Poulsen
mabp@envs.au.dk

Redaktionskomité:

Professor Anne S. Meyer (formand)
Professor, dr. scient. Mikael Bols
Professor Morten J. Bjerrum
(Kemisk Forening)
Fagkonsulent i kemi Keld Nielsen
Lektor, dr. phil. Carl Th. Pedersen
Underdirektør
Lars-Erik Kruse Pedersen
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemiingeniørgruppen)
Professor, forskningschef Lars Wiebe
Adjunkt, civilingeniør, ph.d. Merete
Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foërsom
(Næstformand, Kemilærerforeningen)
Konsulent Nikolai Stubbjær Nilsen
Procesindustrien
Seniorforsker, PhD.
Peter Have Rasmussen

Redaktionssekretær:

Heidi Thode
ht@techmedia.dk

Annoncer:

Annie Overgaard, tlf. 43 24 26 93
ao@techmedia.dk

Annonceproduktion:

Anni Jensen, tlf. 43 24 26 96
aj@techmedia.dk

Hjemmeside:

www.dansk kemi.dk

Abonnement:

Kasper Mundt-Nielsen, tlf. 43 24 26 91
e-mail: kn@techmedia.dk
Ring vedr. abonnement eller bestil direkte
på shop.techmedia.dk
under Fagblade

Layout:

Morten Malmgren

Tryk:

PE offset A/S

Trykt på miljøvenligt
papir med vegetabilsk
miljøfarver.

Oplag: 5.245
Ekspl. heraf 4.803
i betalt abonnement.
Online læsere: 3.792

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.

ISSN 0011-6335

UK: Huson European Media -
Tel.: (+44) 1932-564999
USA, New York: Huson International Media
Tel.: +1 212 268 3344
USA, California: Huson International Media
Tel.: +1 408 879 6666
Germany: Huson International Media
Tel.: (+49) 89-9500-2778



Scan og hent Dansk Kemi's
medieinformation 2016 hér!

Brug for scanner? Send en
sms til 1919 med ordet "scan"
og få scanlife som app.



dansk kemi på nettet

UNG KEMI

find us on facebook

Sjove historier med kemisk tvist



facebook.com/UNG.KEMI/

artikeldatabase: www.danskkemi-online.dk





Johanne Jensen



Vibeke R. Foërsom

” Hvis regeringen ønsker, at uddannelsesområdet skal levere kandidater, der besidder de kompetencer, erhvervslivet efterspørger, så må der også være en erkendelse af, at de økonomiske rammer skal være til stede

Kan man spare milliarder og stadig have studenter i verdensklasse?

De unge mennesker, som i disse år går gennem det danske uddannelsessystem, skal være den bedst uddannede generation i Danmarkshistorien. Det var en af intentionerne i den tidligere regerings forslag til ændring af gymnasireformen ”Gymnasier til fremtiden” - og den nuværende regering vil næppe gå imod dette. Erhvervslivet efterspørger højt uddannet arbejdskraft for at kunne øge væksten. Og så lægger det nye finanslovsforslag med titlen: ”Stramme rammer – klare prioriteringer” op til besparelser på uddannelsesområdet på 8,7 mia. kr. over de næste fire år!

Dermed er der lagt op til en meget alvorlig beskæring af det økonomiske råderum for skolerne. Det vil uundgåeligt ramme kvaliteten af undervisningen. Et argument fra undervisningsministeren er, at der kan effektiviseres mere. Når man befinder sig i en skolehverdag, så er det svært at se, hvordan det kan lade sig gøre. Vi ser det som vores vigtigste mål at levere den bedst mulige undervisning, og i et fag som kemi omfatter det også eksperimentelt arbejde og mange udadrettede aktiviteter således, at studenterne får de bedst mulige kompetencer til at starte på en videregående uddannelse.

På gymnasieområdet skal der spares 2,4 mia. kr. ved, at der skæres 2% af budgettet om året de kommende fire år foruden et indgreb i bygningstaxameteret. En ny taxameteraftale skal flytte penge fra stx og VUC til finansiering af erhvervsuddannelsesreformen, og taxameteret for hhx forhøjes. Ifølge beregninger fra Gymnasieskolens Lærerforening og Lederforeningen for VUC vil de samlede konsekvenser betyde, at frem til 2019 beskæres stx med 11,2%, HF med 8,7%, VUC med 14,1% og htx med 8,1%. Hhx må dog (på trods af forhøjet taxametertil- deling) stadig se sig beskåret med 4,6%.

Det er meget store besparelser, og fra politisk side begrundes det bl. a. med, at netop denne sektor er blevet tildelt ekstra store beløb gennem de sidste mange år. Men det er en helt forfejlet fremstilling, idet mange flere unge går i gymnasiet i dag end tidligere i kraft af politikernes mål om, at 95% af en ungdomsårgang skal have en ungdomsuddannelse.

Det koster penge at uddanne studenter i verdensklasse, og ifølge OECD bruger Danmark 1,3% af BNP på de gymnasiale uddannelser, hvor f.eks. Finland, Norge, Canada og New Zealand bruger 1,6%, hvilket placerer os på en 10. plads. Hvis regeringen ønsker, at uddannelsesområdet skal levere kandidater, der besidder de nødvendige kompetencer, virksomhederne efterspørger, så må der også være en erkendelse af, at de økonomiske rammer skal være til stede.

Vi venter i spænding på regeringens udspil til en ændring af gymnasireformen, som den tidligere regering igangsatte. Vi ser frem til, at der i det nye forslag tages højde for de nye udfordringer, gymnasiet kommer til at stå med således, at vi også fremover kan give vores studenter et udgangspunkt i verdensklasse for deres videregående uddannelse.

Johanne Jensen og Vibeke R. Foërsom, Kemilærerforeningen

Kommentar til leder

I Dansk Kemi, 96, nr. 10 fra i år beskriver Lars Wiebe i en leder, hvor vigtigt det er at lære vore universitetsstuderende at kunne opskalere en kemisk syntese fra laboratorieniveau til produktion. Intet kan være mere rigtigt. Lars Wiebe (LW) skriver også, at ”på vore universiteter er der desværre en tendens til, at alt forsøgsarbejde laves i vialer eller andet småt udstyr, hvor man ikke ser de problemer, der er forbundet med opskalering til 10-100-1000 kg skala”.

LW har givet en pointe, men virkeligheden - i hvert fald i Danmark - er ikke så sløj, som han antyder.

LW har beskrevet problemstillingen ved opskalering af syntese inden for finkemikalieindustrien og ved farmaproduktion. Han kunne ligeså godt have medtaget alle andre produktioner inden for kemisk og biokemisk industri, og ikke kun synteseopgaver, men alle produktionstrin – fermentering, kemiske enhedsoperationer – og emner som procesregulering og måleteknik. Overalt er der brug for, at vore kandidater mestrer processen fra laboratorium til fabrik.

Der har i de sidste mange år været en trend, hvor man på de tekniske universiteter nedlagde de storskala-anlæg, som skulle lære de ingeniørstuderende at håndtere udfordringerne ved opskalering af en proces fra kemilaboratoriet over pilot skala til fabriksniveau. Universiteternes storskala-faciliteter er pladskrævende, omkostningstunge at udbygge og vedligeholde, og meget mandskabskrævende i forbindelse med undervisningen. På DTU Kemiteknik er vi imidlertid bevidst gået den modsatte vej og udvidet og moderniseret vore storskala-anlæg ud fra samme filosofi, som LW beskriver, at man som kemiingeniør har brug for at have praktisk erfaring fra semiindustrielle procesanlæg – herunder også med de utilities (damp, vakuum, trykluft etc.), som er så vigtige for, at en komplet proces kan fungere. Der skal mere til end computermodellering. Formodentlig er Kemitekniks storskala-faciliteter de eneste tilbageværende i Skandinavien og er antagelig blandt de bedste i verden; vi har i hvert fald været i stand til i de sidste ni år at tiltrække et stort og stigende antal internationale sommerskolestuderende – især fra amerikanske universiteter – på en månedens eksperimentelt kursus.

Hvordan håndterer vi LW's bekymrende scenarie? I vores forsøgshaller har vi f.eks. et synteseanlæg (i øvrigt bygget af ingeniørstuderende som eksamensprojekt) med reaktorer i 25 liters størrelse, som man også kan finde i industrianlæg – bygget som et multifleksibelt anlæg i glas og stål med oprindeligt design for en biodieselproduktion. For tiden indgår anlægget i vore øvelseskurser i forbindelse med en svovlsyrekatalyseret forresting, hvor emner som sikkerhed og arbejdsmiljø, ligevægt, reaktionshastighed, udbytter og processtyring er elementer i øvelsesafviklingen.

Vi har omkring 30 forskellige anlæg – flest enhedsoperationer – så vi kan dække opgaver som destillation, tørring, ekstraktion, membraneparering, filtrering, absorption, centrifugering, ionbytning og andre fixed bed reaktioner, varmetransmission, omrørningsteknologi, transport af faste, flydende og gasformige stoffer o.m.m. Der håndteres stofmængder fra ca. 10 kg og op til mange hundrede kg; f.eks. bruger vi ca. 100 kg citronsyre til en krystallisationsproces. Ved mange øvelsesopgaver indgår der elementer af opskalering, typisk den klassiske ingeniørmæssige problemstilling, hvor man på basis af målinger fra pilot plant forsøg skal lave et konceptuelt design af et



Fra venstre ses Imran Khan og Xingxing Wang.
Foto: Christian Ove Carlsson.

fuldskalaanlæg. Således skal de studerende efter forsøgserfaringer med omrøring i en 600 liter tank designe et røreværk, der kan sikre samme blandingseffektivitet i en 20 m³ reaktor.

Noget lignende kan nævnes på fermenteringsområdet, hvor resultater fra laboratoriefementatorer i 1-5 liter størrelsen kan afprøves på anlæg med kapacitet op til 150 liter.

Anvendelsen af vore storskala-anlæg til undervisning sker på to niveauer: I basiskurser, hvor de studerende koncentrerer sig om ét anlæg, samt de avancerede kurser, hvor man under anvendelse af mange typer udstyr kan bygge en produktionslinie og gennemføre en komplet proces fra råvare til færdigt produkt med inddragelse af alle de fagdiscipliner, man som studerende har tilegnet sig.

Men pilot plants kan også på anden vis anvendes til at give studerende hands-on erfaring med den virkelige verden. Som et led i Kemitekniks og Fødevareinstituttets GMP-undervisning – Good Manufacturing Practice, som er en vigtig disciplin for Danmarks store farmaceutiske industri – benytter vi vore anlæg som modeller ved behandling af emner som hygiejnisk design og øvelser i gennemførelse af anlægskvalificering med alle de tests og den dokumentation, som hører til.

Det er klart, at DTU's faciliteter især bliver brugt af vore egne ingeniørstuderende, og vi har set en pæn stigning igennem årene i søgningen af vore kurser. For tiden har vi omkring 300 studerende om året, som i forskelligt omfang arbejder i Kemitekniks forsøgshaller og tilegner sig de færdigheder, som LW efterlyser. Det er imidlertid også klart, at udbyttet ved at arbejde med industrinære anlæg og -problemstillinger er en funktion af såvel en teoretisk ingeniørmæssig viden som et detaljeret kendskab til grundfagene kemi, fysik, matematik, termodynamik osv. DTU's erfaringer kan derfor ikke uden videre overføres til naturvidenskabelige uddannelser på ikke-tekniske universiteter.

Lars Kiørboe, DTU Kemiteknik, lgk@kt.dtu.dk

Per M. Boll

– Odense Universitets første professor i organisk kemi er død.



Foto: Geert Mørk.

Den 1. november døde professor emeritus, dr. phil. Per M. Boll, 86 år gammel, efter længere tids svagelighed. Per Boll blev cand.pharm. i 1952 og efter kortere ansættelser ved Løvens Kemiske Fabrik og Frederiksberg hospitals-apotek var han i 1954-57 på et studieophold ved Michigan State University, USA, hvor han i 1957 erhvervede ph.d.-graden på et arbejde om alkaloider i medlemmer af natskyggefamilien *Solanaceae*. Efter

hjemkomsten blev han ansat som amanuensis ved Danmarks Farmaceutiske Højskole og i 1965 som lektor ved Københavns Universitets Kemisk laboratorium II på H.C. Ørsted Institut. Bolls tilknytning til laboratoriet blev imidlertid kun kort, idet han i 1969 blev udnævnt til professor i organisk kemi ved det i 1966 nyoprettede Odense Universitet, en stilling han beklædte, indtil sin fratrædelse fra universitetet i 1995.

Efter sin hjemkomst fra USA i 1957 fortsatte han sine naturstofkemiske undersøgelser inden for solanumfamilien, hvilket førte til disputatsen i 1966, der var en omfattende monografi over "Solanum-steroidalkaloiderne, deres kemi og botaniske udbredelse". Efter disputatsen forlod Per Boll imidlertid solanumalkaloiderne og kastede sig over en række forskellige emner fra naturstofkemi, bl.a. naturligt forekommende lactoner og lactamer.

Per Boll deltog i de første år af sin ansættelse ved Odense Universitet i det universitetspolitiske liv med stort engagement som institutbestyrer, medlem af det natur- og lægevidenskabelige fakultetsråd samt konsistorium. Han var i denne periode en aktiv deltager i oprettelsen af de naturvidenskabelige studier ved Odense Universitet og skabelsen af en basisuddannelse.

Han blev tildelt Bjerrum-medaljen i 1967 og var medlem af Akademiet for de Tekniske Videnskaber fra 1983.

Han deltog også i det faglige liv udenfor universitetet, bl.a. som formand for Vandkvalitetsinstituttet 1981-86 og for ATV's gruppe 2, de teknisk-kemiske videnskaber 1987-91.

Hans naturstofkemiske interesse førte i midten af 80'erne til et samarbejde med professor V.S. Pamars gruppe i Indien støttet af DANIDA med henblik på anvendelsen af naturligt forekommende forbindelser fra planter som "grønne insekticider". Dette samarbejde har gennem årene resulteret i udveksling af talrige studerende og gæsteforskere. I denne periode interesserede Per Boll sig generelt for kemisk økologi og skrev i Odense Universitets Årsskrift i 1986 en oversigtsartikel herom, "Naturstofkemi og Kemisk Økologi". Han har også i denne periode vist, at han havde øje for universitetets placering i det fynske samfund i et samarbejde med fynske gartnere vedrørende forekomsten af allergener i blomsterplanter, som gav gartnerne eksemper.

Den historiske kemi har altid haft Per Boll's store interesse og har bl.a. i 1989 resulteret i et hæfte af Theriaca om den danske kemiker William Christopher Zeise.

Per Boll var kendt som en engageret underviser, vellidt af de studerende såvel på de indledende kemikurser som de mere avancerede, ligesom han har haft ansvaret for undervisningen i naturstofkemi ved Kemisk Institut.

Carl Th. Pedersen

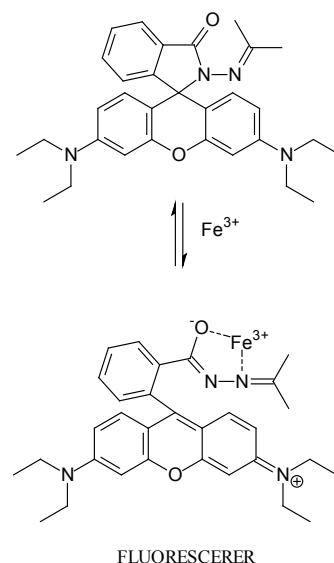
Nyt om ...

... Coating der sladrer om korrosion

Hvis der sker beskadigelse af polymercoating på stål, kan der opstå store skader, inden korrosionen under coatingen opdages. Man har nu udviklet en indikator, der kan sladre om, hvad der



foregår under coatingen. Man tilsætter coatingen spiro-lactamforbindelsen øverst. Hvis der sker en korrosion af stålet, så der dannes Fe^{3+} ioner, åbnes spiro-lactamen, og det herved dannede Fe^{3+} -kompleks, som indeholder et udbredt konjugeret system, fluorescerer i modsætning til spiroforbindelsen i UV-lys og afslører hermed straks, at der foregår noget suspekt under coatingen.



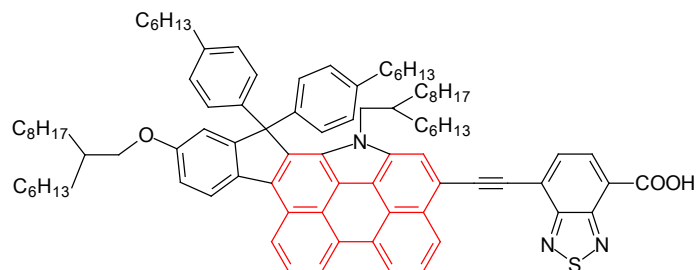
Carl Th.

Early Detection of Steel Corrosion via "Turn-On" Fluorescence in Smart Epoxy Coatings, *Applied Materials & Interfaces* 2009, DOI: 10.1021/am900527s.

Nyt om Farver til solfangere



Solfangere bestående af et lag af titandioxid, hvorpå der er lagt et lag af et farvestof, er økologiske og billige. Problemet er det rette farvestof, når man ønsker et højt udbytte af elektricitet. Man har anvendt en række stoffer, som er baseret på det polycykliske aromatiske system perylen; strøm-udbyttet

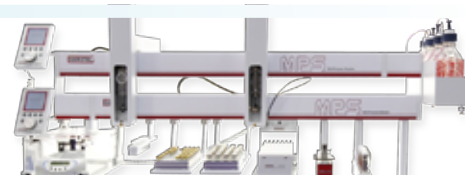


har imidlertid været ringe. Det er nu lykkedes for en kinesisk gruppe på passende vis at dekorere perylendelen, der er den røde del af molekylet som vist, og herved opnå et tilfredsstillende strømudbytte.

Carl Th.

Donor/Acceptor Indeno[1,2-b]perylene Dye for Highly Efficient Organic Dye-Sensitized Solar Cells, *Journal of the American Chemical Society* 137, 2015, side 3799. DOI: 10.1021/jacs.5b01537.

GERSTEL



- air sampling made easy

- SPME
- HS - Static headspace
- DHS - Dynamic headspace
- DHS - large volume

All fully automated



MSCi newsletter



I to artikler fortæller Karin Margarita Frei den spændende historie om, hvordan hun vha. strontiumisotop-analyser afdækkede Egtvedpigens overraskende liv. I artikel 1 skildres baggrunden for fundet og analysemetoden forklares, og i artikel 2 skildres brugen af metoden på Egtvedpigens. Her bringes artikel 2.

Afsløringen af Egtvedpigens dynamiske liv

Egtvedpigen – indbegrebet af dansk bronzealder – voksede op flere hundrede kilometer fra Egtved og kom til "Danmark" kort tid før sin død. De overraskende forskningsresultater bygger på tværfaglig forskning med udgangspunkt i strontiumisotopanalyser af pigen selv og flere fund fra hendes grav.



Figur 1. Egtvedpigen i kisten, set ovenfra, sådan som hun ligger i museets udstilling. Foto: Roberto Fortuna, Nationalmuseet.

Af Karin Margarita Frei, seniorforsker, ph.d., Nationalmuseet

Strontiumisotopanalyser af Egtvedpigens tandemalje fra en af kindtænderne (M1), som var færdigdannet, allerede da hun var ca. tre til fire år gammel [1], afslører, at hun blev født og levede sine første år i et område, som er geologisk ældre og anderledes end nutids Danmark (Bornholm undtaget).

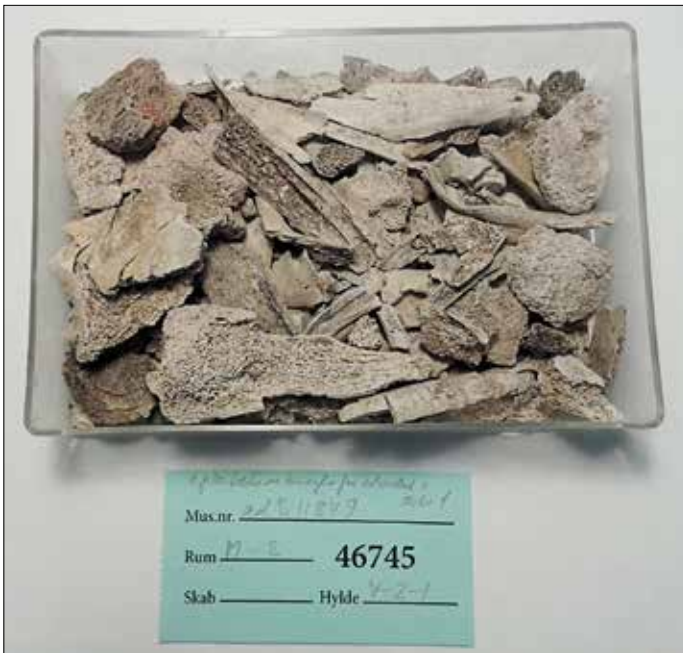
Yderligere strontiumisotopanalyser af barnets brændte knogler, figur 2, (*pars petrosa* delen), viser, at begge individer har statistik set ens strontiumisotopværdier, hvilket højst sandsynligt tyder på, at de er opvokset samme sted, dvs. udenfor Danmarks nuværende grænser. Dette overraskende resultat kan desværre ikke give os oplysninger om, hvorvidt disse to individer er i familie med hinanden. Omvendt peger strontiumisotopanalyserne på, at disse to individer har været tæt tilknyttet til hinanden i forhold til deres oprindelsessted.

Analyse af håret

Egtvedpigen havde skulderlangt blond til mørkeblond hår [2]. Det var 23 centimeter langt, der hvor det var længst, figur 3. I og med at håret vokser med ca. 1 centimeter pr. måned, kan man konkludere, at håret ca. afspejler hendes to sidste leveår.

Da strontiumisotopmetoden er destruktiv, blev det besluttet kun at udtage en lille hårtot-prøve for at undgå at destruere for meget af håret og dermed risikere at blotlægge det, der er bevaret af hjernemassen. Den 23 centimeter lange hårtot blev delt i fire dele af forskellige længder afhængig af hårets vægt, idet der kræves ca. 20 milligram hår for at opnå et højt troværdigt resultat. Resultaterne af disse fire dele viser et meget komplekst billede, fordi strontiumisotopværdier langs håret er meget forskellige og ændrer sig flere gange.

Den yderste del (hårspidsen) svarer til en periode på 13-23 måneder før hendes død. De to midterste hårdele svarer til en periode på i alt ca. 6-13 måneder før hendes død, mens den



Figur 2. Kisten med Egtvedpigens rummede også de forkullede rester af et barn på fem-seks år, der var delvist anbragt i en tøjbylt ved Egtvedpigens fødder og delvist ved barkæsen ved hendes hoved. Foto: Karin Margarita Frei, Nationalmuseet.

inderste og yngste del tættest på hovedbunden svarer til ca. det sidste halve år, figur 4. De to midterste hårdele har vist sig at have strontiumisotopværdier, som kan sammenlignes med det nuværende danske område (Bornholm undtaget), og de afspejler dermed en periode, hvor hun kan have opholdt sig nær ved eller i Egtved. Derimod viser de to ydre hårdele tættest på hovedbunden og hårspidsen, at hun i disse perioder har opholdt sig i et område, som geologisk adskiller sig markant fra det nuværende danske område, og da de to hårprøver har strontiumisotopværdier, som ligger meget tæt op ad hinanden, er der sandsynligvis tale om det samme område. I alt afspejler strontiumisotopværdierne af hendes hår, at hun har opholdt sig i geologisk meget forskellige områder de sidste to år af sit liv, og at hun har rejst frem og tilbage over meget store afstande - mange hundrede kilometer.

Analyse af tommelfingernegl

For yderligere at undersøge hendes færden i de sidste seks måneder af hendes liv, blev hendes tommelfingernegl analyseret.



Figur 3. Egtvedpigens hår. Foto: Karin Margarita Frei.

Tommelfingerneglen blev delt i tre ens stykker på langs af neglen, som afspejler ca. to måneder hver. På denne måde opnås en meget høj tidsopløsning i forhold til at kortlægge Egtvedpigens rejse.

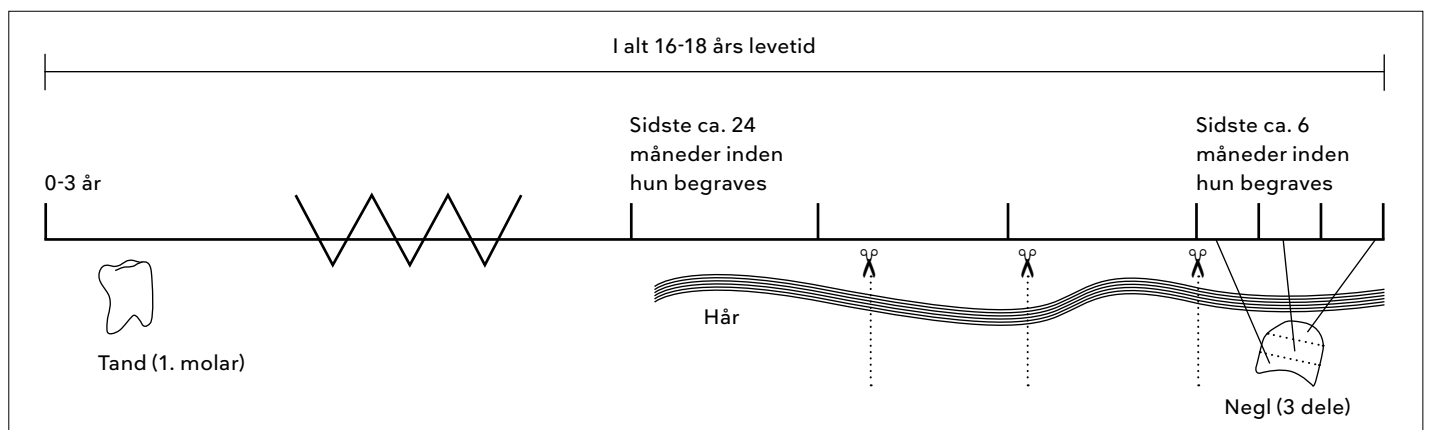
Resultaterne bekræftede, de resultater der blev opnået for håret. Hverken hår- eller negle-strontiumisotopanalyser antyder, at hun skulle være vendt tilbage til de nutidige danske områder førend umiddelbart før sin død.

Idet det tager knap en måned, inden man i et menneskes hår og negle kan se strontiumisotopsignaturen af opholdsstedet, må vi konkludere, at hun efter alt at dømme kom til "Danmark" og "Egtved" i løbet af den sidste måned, hun levede, figur 5.

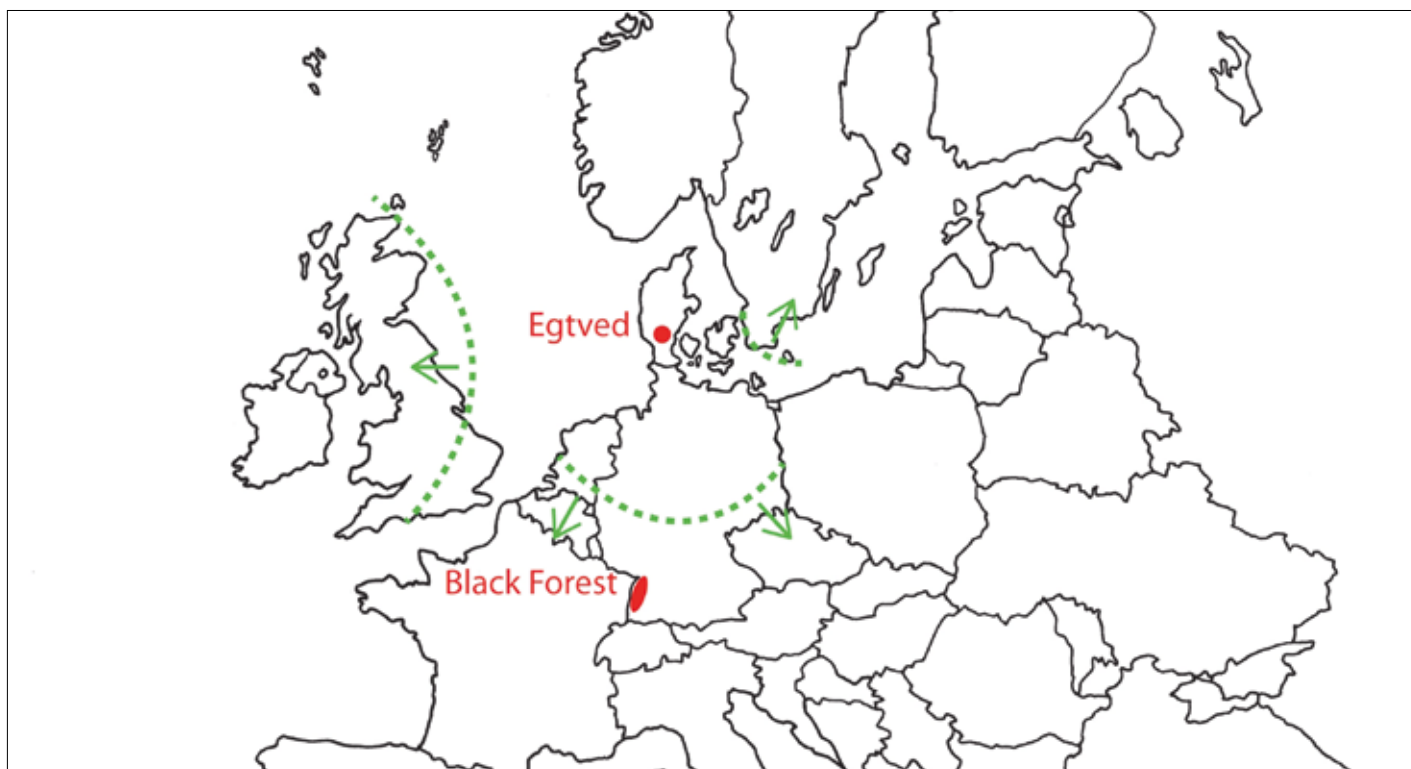
Yderligere retsmedicinske undersøgelser af håret baseret på stabile isotopanalyser af $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ viste, at i den periode hvor Egtvedpigens rejste, fik hun en proteinrig kost. Endvidere viste mikroskopiske undersøgelser af samme hårprøve, tegn på mindre perioder af enten sygdom eller hungersnød [2].

Egtvedpigens berømte dragt

Egtvedpigens internationalitet slutter dog ikke her, idet strontiumisotopanalyser af hendes klædedragt viser, at ulden,



Figur 4. Detaljeret skitse, som viser, hvilke livsperioder de forskellige humane prøver af Egtvedpigens dækker over. Tandmaljen dækker den tidligere barndom, mens håret og negl dækker henholdsvis de sidste to år og seks måneder af hendes liv. Bemærk forskel i tidsopløsning mellem tandmaljen (lav opløsning) og håret og negl (høj opløsning). Grafik af Stine Raun Nissen, designet af Karin M. Frei, Nationalmuseet.



Figur 5. Kort over Europa med Egtved. De stiplede linjer og pilene viser de områder, som har strontiumisotopværdier, der kunne svare til værdierne fra Egtvedpigens tandemalje og som viser de områder, hvor hun eventuelt er vokset op. Bemærk, at alle disse områder ligger mange hundrede kilometer væk fra Egtved. Tegning: Nationalmuseet.

som dragten er vævet af, stammer fra et område uden for det nuværende Danmark. Strontiumisotopværdierne i de enkelte uldråde varierer meget, hvilket viser, at de stammer fra får, der enten har græsset meget forskellige steder eller i et område med en meget kompleks geologi. En sådan kompleks geologi findes bl.a. i Schwarzwald i Sydvesttyskland, figur 5, hvor den

brede strontiumisotopsammensætning i undergrunden svarer til den, der dækker over alle uldrådene i Egtvedpigens forskellige beklædningsdele samt endda i hendes tandemalje ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.712-0.715).

På de eksisterende europæiske strontiumisotopkort (isoscapes) er der kun få områder med netop dette strontiumisotopinterval, og alle disse områder er mange hundrede kilometer væk fra Egtved. Hvis man yderligere inddrager kendskabet til den arkæologiske sammenhæng, tyder det på, at det mest sandsynlige er, at Egtvedpigens stammer fra området Schwarzwald ca. 800 kilometer fra Egtved.

Strontium hos mennesker

Mennesker, dyr og planter optager strontium på en kontinuerlig måde gennem vand og føde. På den måde virker strontium lidt som en slags geologisk GPS. Ved at analysere strontiumisotoperne i de arkæologiske rester kan man dermed bestemme, hvor i verden mennesker og dyr levede, fordi deres strontiumisotopsignatur vil afspejle den region, de levede i. Fordi knogler, tænder, negle og hår dannes på forskellige tidspunkter i livet, kan analyser af forskellige dele af kroppen påvise, hvor personen har levet gennem forskellige perioder af sit liv. Indtil Egtvedpigens nye studie har man typisk udført proveniensundersøgelser af forhistoriske mennesker via strontiumisotopanalyser af tænder og knogler.

Tandemaljen i tænderne dannes i barndommen og fungerer dermed som et *blue print* af det område, hvor personen voksede op. Omvendt omdannes knoglerne gennem hele livet og afslører dermed de sidste år af et individs liv. Dermed fungerer tandemalje og knogler som arkiver for et bestemt antal år af et individs opholdssted under henholdsvis begyndelsen og slutningen af et individs liv.

Men nu, ved hjælp af den nyudviklede metode på menneskehår og negle [2], hvor Egtvedpigens er det første forhistoriske menneske, som det blev udført på – kan man nu opnå en meget højere grad af præcision helt ned til enkelte måneder.

Egtvedpigens nye betydning

De nye analyseresultater af Egtvedpigens, holder på mange spændende hemmeligheder om bronzealder-samfundet selv efter, at det er næsten 100 år siden, hun blev fundet.

Egtvedpigens strontiumisotopanalyser viser for første gang, at bronzealder-mennesker kunne rejse over lange afstande, frem og tilbage, på relativ kort tid. Vi skal derfor forestille os, at bronzealderfolket levede i en kosmopolitisk og meget dynamisk verden.

Derudover er denne nye metode med til at udvide vores muligheder for i detaljer at kortlægge enkelte individers livslange mobilitet.

E-mail:

Karin Margarita Frei: Karin.M.Frei@natmus.dk

Litteratur

1. Montgomery, J. 2010. Passports from the past: Investigating human dispersals using strontiumisotope analysis of tooth enamel. *Annals of Human Biology*, 37, 325-346.
2. Frei, K.M., Mannering, U., Kristiansen, K., Allentoft, M.E., Wilson, A.S., Skals, I., Tridico, S., Louise Nosch, M., Willerslev, E., Clarke, L. & Frei, R. 2015. Tracing the dynamic life story of a Bronze Age Female. *Scientific Reports*, 5, 10431.

Vurdering af miljøteknologi i Kina

– og lidt om kinesisk lugtanalyse

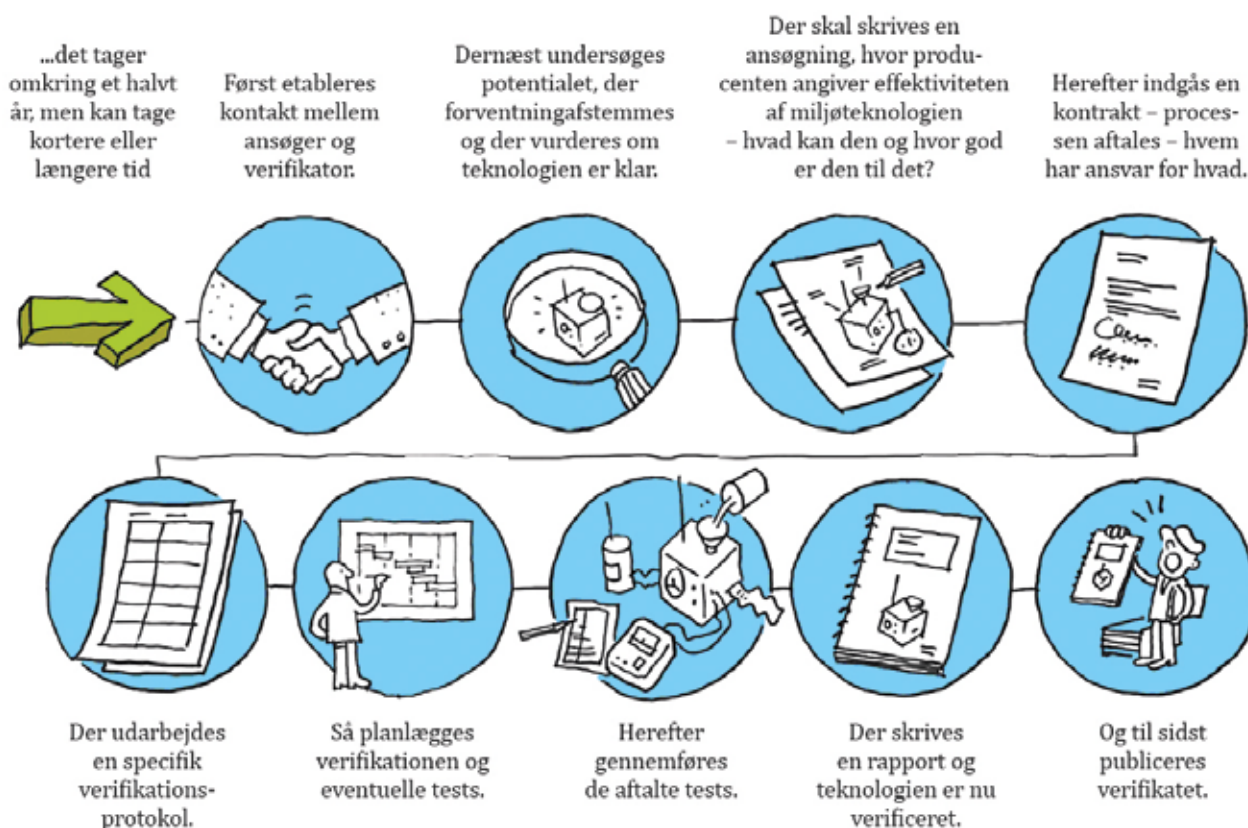
Forfatterne har været en tur i Kina for at få indblik i deres ETV-ordning – til uvildig verifikation af miljøteknologier. Læs hvordan det fungerer, og hvordan man udfører lugtanalyser i Kina.

Af Arne Oxbøl og Trine Erdal, FORCE Technology

Udviklingen af nye miljøteknologier har stor betydning for miljøbelastningen af omgivelserne. En miljøteknologi kan eksempelvis være en renere produktionsteknologi, der bruger færre kemikalier eller mindre energi. Det kan også være forskellige typer rensningsteknologier, som reducerer forurening af spildevand eller begrænser luftforurening ved hjælp af overvågning eller rensning.

Miljøteknologier er med til at drive udviklingen fremad og bidrager til beskæftigelse, vækst og konkurrenceevne, men udfordringen for nye teknologier er, at de er nye og ukendte på markedet. For kunderne kan det være risikabelt at investere i nye produkter/teknologier. Uden certificeringer eller godkendelsesordninger kræver det tillid og tiltro til, at den dokumentation, producenten viser frem, tegner et retvisende billede af teknologiens formåen. For producenten kan det derfor være værdifuldt at have uvildig dokumentation for, at produktet lever ►

Du skal igennem ni faser for at få en ETV...



Figur 1. www.etdanmark.dk.



Figur 2. Kinesisk verifikat udstedt af CSES.

med udvikling af en fælles verifikationsprotokol og etablering af akkrediterede verifikationsenheder i flere europæiske lande. Tilsvarende ordninger findes uden for Europa i lande som Canada, USA, Korea, Japan, Filippinerne og Kina. Kina melder sig i stigende omfang ind i kampen om at bekæmpe forurening, og etableringen af en ETV-ordning i Kina skal ses i denne sammenhæng. Denne artikels forfattere besøgte Kina for at få et indblik i deres ETV-ordning.

Generelt gælder, at en virksomhed med en miljøteknologi kan henvende sig til en verifikationsenhed i det pågældende land med en anmodning om at få udført en ETV. I Danmark er ETA Danmark akkrediteret og nationalt kontaktpunkt for miljøverifikationer i samarbejde med testinstitutterne FORCE Technology, Agro Tech, Teknologisk Institut og Delta. En verifikation forløber i store træk som illustreret i figur 1.

En ETV er baseret på nogle formodninger eller "påstande" omkring teknologiens formåen eller effektivitet. Formålet med ETV-processen er, via tests gennemført af et uvildigt testinstitut, at dokumentere teknologiens reelle performance. Processen afsluttes med udstedelse af et verifikat, der specificerer, hvordan teknologien præsterer under nogle veldefinerede omstændigheder. I nogle tilfælde vil de indledende formodninger blive bekræftet eller måske endda overgået. I andre tilfælde kan det vise sig, at produktet måske ikke helt kan, hvad det lover. Da det er ganske omfattende at få en ETV, kan det ofte være klogt at få lavet nogle vejledende målinger, inden man beslutter sig

op til de forventninger, man er blevet stillet i udsigt.

ETV - Environmental Technology Verification

I rækken af "miljødokumenter" findes det relativt nye begreb, Environmental Technology Verification (ETV), som er udviklet med henblik på uvildig verifikation af miljøteknologier. I EU-regi har man i en årrække kørt et pilotprojekt

for en ETV. Interesserede læsere kan finde mere information på www.etadanmark.dk.

ETV i Kina

Kinas historie på ETV-området har fulgt andre lande, herunder Danmark, og gennem besøgsudveksling har Kina udviklet sit eget system. Dialogen mellem bl.a. ETV-programmerne i Asien og Europa har betydet, at forskellene mellem det europæiske og kinesiske program ikke er særligt store. Den kinesiske pendant til ETA Danmark er CSES (Chinese Society for Environmental Sciences - <http://www.chinaces.org>). CSES er en veletableret national, non-profit organisation med en lang historie inden for miljøbeskyttelse. Organisationen står bl.a. for at formidle teknisk viden i forbindelse med regeringens beslutningsprocesser og bidrage med input til nationale politikker og regulering på miljøområdet.

Hvis et firma ønsker uvildig dokumentation med henblik på at styrke sin markedsposition på det kinesiske marked, kan ETV være en mulighed. I givet fald kan man henvende sig til CSES, der koordinerer den videre proces (jf. henvisning i boksen på side 13).

CSES trækker på tekniske eksperter fra en alliance af tilknyttede samarbejdspartnere, der kan bistå med vurderinger i forbindelse med udarbejdelse af verifikationsdokumenter. Det er bl.a. organisationer som Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection og Tianjin Academy of Environmental Sciences.

De første verifikater, se figur 2, er blevet udstedt inden for vandområdet. Selvom Kina i de senere år har haft stigende fokus på regulering inden for luftforurening, er der endnu ikke udført ETV'er inden for det område, men CSES forventer, at de kommer.

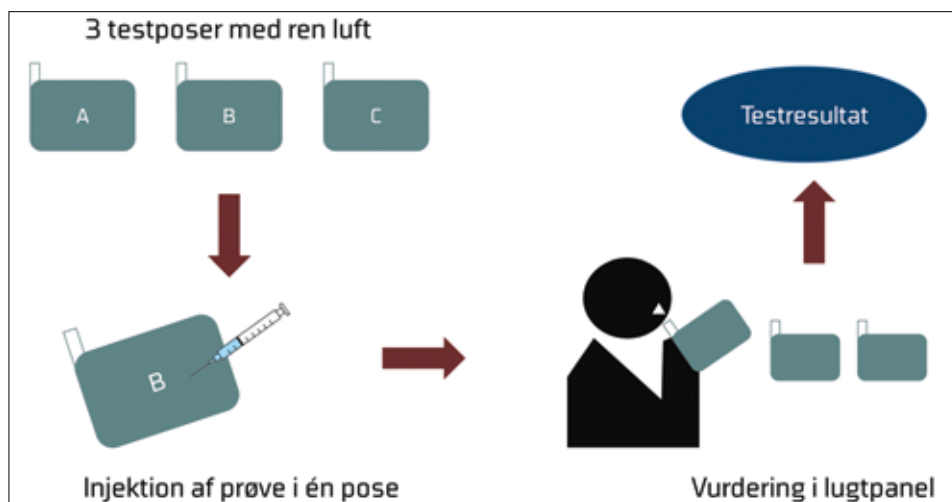
Bluetech Award - en anden anerkendelse

At luftforurening har stigende bevågenhed i Kina afspejles også i organisationer som Innovation Center for Clean-air Solutions (ICCS). ICCS er en tænketank med fokus på at støtte ren og bæredygtig udvikling i Kina. ICCS fungerer som sekretariat for Clean Air Alliance of China, hvis formål er at reducere Kinas luftforurening gennem teknisk støtte til miljøvenlige teknologier og udvikling af miljøpolitikker national og lokalt.

For at understøtte udviklingen af miljøvenlige teknologier har Clean Air Alliance of China indstiftet en pris, Bluetech Award, der er målrettet teknologier, der kan bidrage til reduktion af luftforurening. Prisen kan i år søges inden for fire kategorier:

- Forureningskontrol for dieselmaskiner
- Substitution, forebyggelse og kontrol med VOC'er
- Genanvendelse af halm (for at undgå afbrænding på markerne, som er et stort problem i Kina)
- Forbedring af indeklimaet.

I vurderingen af kandidaterne til prisen lægges der vægt på teknologiens miljøeffekt og effektivitet, tekniske præstationskrav knyttet til f.eks. brugervenlighed og drift samt en form for total cost of ownership (TOC) vurdering. Kandidaterne vurderes på egne data samt eventuelt supplerende test. Vinderne får mulighed for at vise teknologierne frem under stor mediebevågenhed på China International Clean Air Technology Forum, der afholdes i midten af decem-



Figur 3. Princippet i "triangle odour bag"-metoden.

ber 2015. De får også mulighed for at vise teknologierne frem i forbindelse med en rundtur til myndighederne i udvalgte regioner samt for dialog med potentielle investorer. Ansøgning om prisen for i år er slut, og der er indkommet 55 ansøgninger fra bl.a. Amerika, England, Tyskland, Italien, Malaysia, Australien og Kina. Se evt. mere på <http://www.cleanairchina.org/cus/en08/index.html>.

Evalueringsprocessen i Bluetech Award har visse lighedspunkter med ETV, men er ikke underlagt så skrappe krav til dokumentation, testprotokoller og -planer. Den giver imidlertid alle ansøgerne og især vinderne stor synlighed og er dermed med til at fremme renluftteknologier på det kinesiske marked.

Lugtanalyse i Kina

En af partnerne i ETV-samarbejdet er Tianjin Academy of Environmental Sciences. Dette institut huser bl.a. Kinas første og største lugtlaboratorium (State Environmental Protection Key Laboratory of Odor Pollution, SEPKLOP).

SEPKLOP har endnu ikke deltaget i et ETV-projekt, men lugt er også i Kina et område, der får stigende bevågenhed selvom grænseværdier og krav til dokumentation endnu ikke er så omfattende som i europæiske lande. Man har således lavet flere undersøgelser af lugtemissioner og test af, om lugtrensningssystemer fungerer efter hensigten.



Figur 4. Seks lugtpanelister i arbejde med "triangle odour bag"-metoden.

Metoden, som anvendes til lugtanalyse i Kina, er udviklet i Japan i 1972 og adskiller sig væsentligt fra de metoder, der anvendes i de fleste andre lande. Hvor den europæiske, standardiserede metode anvender et fortyndingsudstyr (olfaktometer), hvor panelisterne snuser til ét eller to glastrør (se Dansk Kemi nr. 5, 2015), laver man i Kina og Japan hver enkelt fortynding i en særskilt pose. Ud fra den opsamlede prøvepose laves fortyndinger ved hjælp af en kendt mængde ren luft og en kanyle med et kendt volumen, og for hvert fortyndingstrin præsenteres hver af mindst seks lugtpanelister for to poser med ren luft og posen

For mere information om Kinas ETV kan man kontakte:
Chinese Society for Environmental Sciences
Project Manager Wang Rui
Mail: wangrui797@163.com
Phone: +86 186 1073 7129

For mere information om EU ETV kan man kontakte:
ETA Denmark
Project Manager Peter Fritzel
Mail: pf@etadanmark.dk
Phone: +45 72 24 59 66
Web: etadanmark.dk

med fortyndet lugtprøve. Panelisten skal herefter udpege posen med fortyndet lugtprøve. Princippet for metoden, der kaldes "triangle odour bag"-metoden er illustreret i figurene 3 og 4.

Den første præsentation er med den højeste koncentration og derefter fortsættes med lavere koncentrationer, hver gang med tre poser. Når man går fra ét fortyndingstrin til det næste, øges fortyndingen tre gange. Hvis en panelist ikke kan identificere posen med lugtprøve på et givet fortyndingstrin, stopper panelistens deltagelse i denne analyse. De øvrige panelister fortsætter, og analysen stopper først, når ingen panelister kan identificere posen med prøve. Herefter beregnes hver enkelt panelists lugttærskel på samme måde som ved den europæiske metode (det logaritmiske gennemsnit af den største fortyndingsgrad, hvor panelisten kunne lugte noget, og fortyndingsgraden, hvor panelisten ikke kunne lugte noget). I Kina og Japan angives resultatet ikke som lugtenheder, men som lugtindeks, der beregnes som 10 gange det logaritmiske gennemsnit af alle panelisters lugttærskel for den pågældende prøve.

Panelisterne, der er med til sidste fortynding, skal snuse til ganske mange poser undervejs, og selve håndteringen og fremstillingen af poserne (tre til hver panelist i hver runde) forekommer ganske omfattende. Der er imidlertid stor erfaring med denne metode, og den er velbeskrevet i notifikationer fra det japanske Ministry of Environment (se bl.a. denne notifikation <https://www.env.go.jp/en/laws/air/odor/cm.html>).

Selvom lugtanalyse ikke udføres som i Danmark, sker det ved en velbeskrevet metode, der har været brugt i mange år. Vores indtryk er, at en evt. dansk virksomhed med interesse for dokumentation af en ny teknologi til det kinesiske marked kan finde gode partnere for et ETV-projekt i Kina – også inden for lugtområdet.

E-mail:

Arne Oxbøl: aox@force.dk

Pipettecenteret

Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

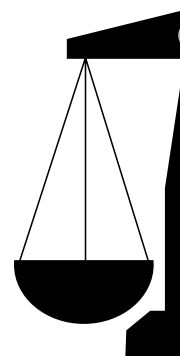
Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

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



Kage årsag til iltmangel og indlæggelse på hospital

Ambulance bragte en 58-årig forretningsrejsende til akutmodtagelsen med åndenød, svimmelhed og kvalme. Denne og andre cases viser, at man skal have respekt for kuldioxid.

Af Frank Huess Hedlund, Risikoekspert COWI, ekstern lektor, risikomanagement, DTU

En ambulance bragte en 58-årig mand til akutmodtagelsen (skadestuen) til behandling for alvorlig åndenød, svimmelhed og kvalme. Ved ankomsten var de fleste symptomer aftagende. Patienten oplyste, at han var kommet til byen dagen tidligere, havde tilbragt en begivenhedsløs aften på et lokalt hotel, men at symptomer med alvorlig åndenød og svimmelhed havde meldt sig, kort efter han satte sig ind i sin lejede bil.

Lægerne satte det fulde testbatteri for hjertefunktion og andet i gang, men uden at kunne komme en sandsynlig diagnose nærmere. Da en ansat på hotellet ville flytte mandens bil til et parkeringsområde, havde han bemærkelsesværdigt nok også fået symptomer med åndenød. Disse symptomer aftog hurtigt, efter han havde forladt bilen.

Lægernes opmærksomhed rettede sig herefter mod bilen snarere end mod patienten. En måling af CO gav intet unormalt resultat, men iltkoncentrationen var så lav, at den lå uden for instrumentets måleområde.

Der findes efterhånden et utal af specialiserede jobfunktioner på arbejdsmarkedet, og udviklingen lader til kun at gå i retning af yderligere specialisering. Selv i dette lys må mandens erhverv dog betegnes som ganske usædvanligt: Han var handelsrejsende i kageudsmykning. Han var kommet til byen for at præsentere sine dekorationer på en messe og havde efterladt prøver på sin kunnen i bilen natten over. De var pakket ind i tør is for at kunne holde sig [1].

Kuldioxid

Dette opklarede mysteriet. Tør is består af fast kuldioxid, som langsomt fordampes, eller mere korrekt: Sublimeres, til kuldioxid på gasform. Tør isen havde frigivet så meget kuldioxid i løbet af natten, at luften (og ilten) i bilens kabine var blevet fortrængt. Kuldioxid er uden lugt, og manden registrerede derfor ingen fare, da han satte sig ind i bilen.

Standardværker oplyser, at indånding af 7-10% kuldioxid efter nogle minutter giver hovedpine, stakåndethed, øget svedproduktion og bevidstløshed. Omtågethed, muskelkramper og bevidstløshed sætter ind efter et eller flere minutter i 10-15%



Fantasifulde kagedekorationer kan være prikken over i'et ved fejring af særlige begivenheder. Hvis de sarte kager køles med tør is for at kunne holde sig, skal der sørges for tilstrækkelig udluftning. Foto: pixabay.com.

kuldioxid. Over 15% indtræder bevidstløshed efter et minut. 30% er dødeligt selv efter kort tid.

Kuldioxid er 1,6 gange tungere end luft og kan derfor ansamlles i lavninger, i kælderhalse, brønde og den slags. Da kuldioxid kan dannes ved mikrobiologisk aktivitet, er den særlig farlig i brønde.

I områder med vulkansk aktivitet kan der frigives CO_2 fra diffuse kilder, hvilket har dræbt samlere af fugleæg, bjergvandrere, parkbetjente og andre [2].

Fysiologiske virkninger

Kuldioxid anses ofte for at være en inert gas på linje med nitrogen og argon, der betegnes som simple kvælningsgasser, fordi de kan fortrænge almindelig luft og derved fortrænge den livsnødvendige ilt. Helt inert er den dog ikke. Kuldioxid har væsentlige fysiologiske virkninger, der kommer til udtryk, længe før symptomer på simpel iltmangel ville vise sig.

En af disse virkninger er respiratorisk kompensation, idet kuldioxid opløst i blodet stimulerer åndedrætscenteret i hjernen, der giver signal til øget lungeventilation. Effekten starter ved indånding af 1-2% CO_2 , og 3% anses ofte for tærskelværdi for, hvornår man bliver bevidst om en stakåndethed, at der er "noget galt" med åndedrættet. Effekten kan være meget voldsom. Ved indånding af 10% CO_2 er den normale lungeventilation ti-doblet. Det opleves som at være meget forpustet, hvilket også hæmmer evnen til at kunne tale ordentligt.

Uden at kende årsagen, for kuldioxid har ingen lugt, må oplevelsen af ekstrem stakåndethed og ikke at kunne få luft vække dyb rædsel i enhver. En simpel beregning giver, at indblanding af 10% kuldioxid i luft svarer til en iltkoncentration på 19%,

hvilket er et godt stykke over de 16% ilt, som sædvanligvis anses for grænsen, hvor symptomer på iltmangel sætter ind. Meget markante virkninger af kuldioxidforgiftning viser sig altså, længe før symptomer på egentlig iltmangel ville vise sig.

Kuldioxid har også en karudvidende virkning, særligt på blodkar i hjernen. Dette kan forklare en række andre toksikologiske virkninger, inklusiv hovedpine, omtågethed og narkose.

Slimhindeirritation

Kuldioxid er en vandopløselig gas og opløses derfor i slimhinderne og danner kulsyre, en slimhindeirritant. De fleste har oplevet en stikkende fornemmelse i næsen, hvis der kommer luft tilbage fra maven efter en kulsyreholdig drik. Da kulsyre kun er moderat opløselig i vand, skal der temmelig høje koncentrationer til, før de første symptomer på slimhindeirritation viser sig.

De øvre luftveje er innervet af den første kranienerve, der leder lugtesansen, og den femte kranienerve (trigeminus), der leder information om slimhindeirritation. Dårligt indeklima kan komme til udtryk ved, at slimhinder i næse og hals bliver irriterede. Kuldioxid bruges på snedig vis i undersøgelser af følsomheden af trigeminalt medieret slimhindeirritation, idet gassen netop giver irritation af slimhinderne på forsøgspersonerne, men uden at de er stand til at lugte den. Undersøgelser peger på, at særligt følsomme individer kan registrere omkring 15% CO_2 . Median for populationen er 28%.

Meget markante forgiftningssymptomer med anstrengt vejrtrækning, kvælningsfornemmelser og bevidstløshed indtræder således længe før, symptomer på slimhindeirritation ville virke advarende. ►

Dräger

Overlad ikke din sikkerhed
til tilfældighederne!

Dräger X-zone 5500 og X-zone COM

Dräger X-zone 5500 er en robust, vandtæt, mobil alarmstation, som sammen med Dräger-instrumenterne X-am 5000, X-am 5100 eller X-am 5600 kan måle og alarmere for op til 6 forskellige gasser. Med det nye udvidelsesmodul X-zone COM får du trådløs datatransmission ved brug af GSM netværket til email, SMS eller Cloud Service, så du kan overvåge området fra din mobiltelefon og/eller PC.



Dräger. Teknik for Livet.

For yderligere information gå til
www.draeger.com
eller ring på telefon 4450 0000



Forår på Mars. Efterhånden som solen får magt, bryder sandklitter langsomt frem under vinterens snedække af fast kuldioxid (tøris). De fine striber menes at være resultatet af sandskred på de stejle skråninger. Foto: NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona.

Irritation af slimhinderne kan endvidere udløse trigeminalt medierede beskyttelsesreflekser: De opleves ved, at vejrtrækningen standser med et pludseligt gisp. Refleksen kommer 700-800 ms efter indånding af en kritisk koncentration af CO_2 , hvilket er tilstrækkeligt til at standse gassen, inden den når lungerne.

Ekstrem slimhindeirritation ved meget høje koncentrationer kan udløse den såkaldte Kratschmer-refleks, hvor krampes i svælg og hals helt forhindrer den irritante gas i at nå lungerne. Så er lungerne effektivt beskyttet! Mange læsere vil straks indvende, at refleksen selv på kort sigt har væsentlige ulemper. Kratschmer-refleksen kendes også fra lægeverdenen. Det er en sjælden, men alvorlig komplikation ved operative indgreb i næse og svælg.

Kuldioxid anvendes også på slagterier til at bedøve dyrene, inden de stikkes. Slagtesvin kan ledes ned i grav med CO_2 eller gelejdes ind i en gondol, som sænkes ned i graven. Litteraturen oplyser, at svinene ved denne nedsænkning bliver oprørte, rejser hovedet og protesterer højtlydt. Det er måske den meget ubehagelige slimhindeirritation, de reagerer på?

Der henvises til [3] for en mere udførlig diskussion af andre virkninger af kuldioxid ved forskellige koncentrationer.

Andre uheld

Inden orkanen Ivan ramte USAs østkyst i 2004 valgte mange af indbyggerne at forlade området. En 34-årig mand havde placeret fire blokke tøris à 25 pund (ca. 11 kg) indpakket i papir på forsædet i sin bil for at holde kabinen kølig på den lange køretur. Allerede efter få hundrede meters kørsel fik han begyndende vejrtrækningsbesvær. Fra sin mobiltelefon nåede han at ringe efter hjælp, inden han besvimele. Heldigvis blev han fundet i tide og trukket ud af bilen.

I en anden case gik en 59-årig mand ind i et fryserum, hvor der var blevet anbragt noget tøris indpakket i plastik. Der er formentlig tale om en reparatør, der var tilkaldt på grund af

fejl på fryseren. Tørisen var anbragt for at holde frostvarerne kolde, fordi fryseren ikke virkede. Men det vidste reparatøren ikke. Tyve minutter senere blev han fundet med hjerrestop. Han kunne ikke genoplives. Målinger viste, at iltindholdet var 13% og kuldioxid 40%.

En kvinde blev ved en fejl lukket inde i en bankhvelving, da hun skulle anbringe nogle dokumenter i en boks. I desperation aktiverede hun brandalarmen for at tilkalde hjælp, men udløste derved et kuldioxid brandslukningsanlæg. Brandvæsenet fandt hende død 30 minutter senere. Årsagen var kuldioxidforgiftning [1].

I forbindelse med fremstilling af is blev en større gruppe ansatte i en produktionshal udsat for meget høje koncentrationer af kuldioxid, da en ventil på et rør til en kuldioxidtank ved en fejl blevet slået åben. Der dannede sig meget hurtigt en hvid sky af kuldioxid i hele lokalet. I løbet af få sekunder blev mange overmandet af gassen, og de måtte hjælpes ud af lokalet af kolleger. Der blev sendt 25 til behandling på hospital [3].

Uheld med CO_2 brandslukningsanlæg

De i det store hele ufarlige haloner er blevet forbudt på grund af deres ødelæggende virkning på ozonlaget. Men det er ikke helt uden problemer at erstatte halon med kuldioxid. Et ældre, men ret omfattende litteraturstudie af det amerikanske EPA for perioden 1975-2000 identificerede 51 rapporterede uheld med kulsyreslukningsanlæg, der resulterede i 72 dødsfald og 145 tilskadekomne.

En helt usædvanlig hændelse i Tyskland startede ved, at der opstod en mindre brand i en stor lagerbygning, fordi noget savsmuld selvantændte. Et ikke helt hensigtsmæssigt designet brandalarmeringsanlæg udløste 50 t kuldioxid i bygningen. Det skete tidligt lørdag morgen. Kort efter gik tyverialarmen også i gang. Man mener, at en rumføler har registreret bevæ-

gelsen af den kolde sky af kuldioxid, for der var ingen til stede i bygningen. Brandfolkene var opmærksomme på faren fra kuldioxid og gik kun ind i bygningen med fuldt åndedrætsværn. Men uden for bygningen faldt brandfolk om på grund af kuldioxidforgiftning.

På den nærliggende offentlige vej fik forbigående alvorligt åndedrætsbesvær og nogle mistede kortvarigt bevidstheden. En forbigående motorcyklist mistede også bevidstheden og faldt af cyklen.

Med 14 tilskadekomne liggende på vejen uden for virksomheden blev der slået storalarm. Vejrforholdene var ugunstige for en situation med udslip af gas, det var næsten vindstille, og der var et såkaldt inversionslag, der forhindrer vertikal bevægelse og opblanding i luftsøjlen. Målinger viste, at koncentrationen af kuldioxid i terræn var 10% og i 2½ m højde var den 6,3%.

Omkringboende fik beredskabsmeddelelse om at lukke døre og vinduer og hvis muligt søge mod øvre etager. Beredskabsindsatsen var omfattende og langvarig. Den omfattede indsættelse af helikopter, som fløj langsomt og lavt over området for at sikre, at lommer af kuldioxid i lavninger i terrænet blev blæst væk. Der blev også foretaget målinger i alle kældre, før alarmer blev afblæst. I alt blev 107 personer tilset af læge, 19 blev bragt til hospital og 10 blev indlagt [3].

Trykbeholdere

Der har også været uheld med sprængning af lagertanke med CO₂. Det er helt almindelige trykbeholderulykker med trykbølge, udslyngning af fragmenter og sammenstyrtning af bygninger. Den alvorligste er formentlig i Ungarn i starten af

1970'erne med ni dræbte, hvoraf fem formentlig omkom, fordi de blev frosset ihjel af den udstrømmende kuldioxid [4]. Disse beholdersprængninger er ekstremt sjældne.

Konklusion

Faren for kuldioxidforgiftning skal tages alvorligt i lukkede rum, bygninger og andre steder med begrænset luftskifte. Der skal være særlig opmærksomhed på gasansamlinger i brønde, kælderhalse og andre lavninger.

Epilog

Indlægget er skrevet som frivilligt arbejde og har ikke modtaget nogen støtte. Jeg udtaler mig som privatperson, ikke på vegne af mine arbejdsgivere eller andre.

E-mail:

Frank Huess Hedlund: fhhe@cowi.dk

Kilder

1. Schreckengast et al. (2015). Asphyxiation by Cake: An Interesting Case of Dyspnea. *Emergency Medicine* 46(12):558-561.
2. Benson et al. (2002). Lessons Learned from Natural and Industrial Analogues for Storage of Carbon Dioxide in Deep Geological Formations. Lawrence Berkeley. LBNL Paper LBNL-51170.
3. Hedlund FH (2012). The extreme carbon dioxide outburst at the Menzen-graben potash mine 7 July 1953. *Safety Science* 50(3):537-553.
4. Hedlund FH (2013). Past explosive outbursts of entrapped carbon dioxide in salt mines provide a new perspective on the hazards of carbon dioxide. In: *Intelligent systems and decision making for risk analysis and crisis response*. pp763-769. CRC Press.

Nyt om ...

... Makrocycliske siliciumholdige peroxider

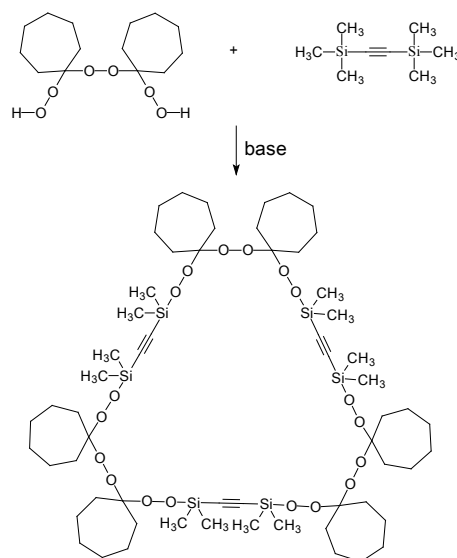


Organiske peroxider har i mere end 50 år været vidt anvendt både i laboratoriet og i industrien som oxidationsmidler, polymerisationsinitiatorer og byggestene i syntese. I nyere tid har cycliske peroxider endvidere i form af artemisinin fra kinesisk malurt tiltrukket sig opmærksomhed som anti-malariamidler. For at undersøge tilsvarende siliciumholdige peroxider omsatte russiske

forskere hydroperoxider med siliciumholdige alkyner under indvirkning af organiske baser som imidazol. Til deres overraskelse fik de ikke oligomere eller polymere produkter som ventet, men cykliske forbindelser med 2, 4 eller 6 siliciumatomer i ringen som den viste.

Carl Th.

Nature Chooses Rings: Synthesis of Silicon-Containing Macrocyclic Peroxides, *Organometallics*, 2014, 33, side 2230.



CARBOLITE
Leading Heat Technology

Furnaces & Ovens
to 3000 °C for
Laboratory and
Industrial Applications

SKANLAB

VERDER
SCIENTIFIC

Kvinderupvej 30 · 3550 Slangerup · Tlf: 4738 1014 · www.retsche.dk

Nye materialer til fremtidens genopladelige batterier

- Et kig ind i batteriets atomare verden

Udnyttelse af genopladelige batterier i el-biler og til opbevaring af vedvarende energi sætter nye krav til batteriets ydeevne, effektivitet, sikkerhed og ikke mindst pris. I udviklingen af nye batterimaterialer er detaljeret forståelse af de processer, der sker på atomar skala, når batteriet af- og oplades, essentielt for udviklingen af designkriterier for fremtidens forbedrede batterier.

Af Christian K. Christensen*, Christian Henriksen* og Dorte B. Ravnsbæk, Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, Syddansk Universitet

Da Sony i 1991 lancerede deres første genopladelige Li-ion batteri, startede det, hvad der kan betegnes som en mindre teknologisk revolution. Dette skyldtes, at Li-ion teknologien både ift. spænding og specifik energi, overgår sine genopladelige forgængere, f.eks. NiCd- og Ni-metalhydridbatteriet, se tabel 1 [1-3]. Det er svært at forestille sig, at den udvikling, der har været inden for mobiltelefoner, tablets og bærbare computere, ville have været mulig uden Li-ion-batteriet. Teknologiens succes afspejles blandt andet i, at der i 2014 blev solgt mere end tre milliarder Li-ion-batterier til elektronik alene [4].

det elektriske net. Batterisystemer til dette marked skal kunne levere 20-40 megawatt (MW) og opbevare 5-10 megawatt-timer (MWh) strøm [5,6]. En størrelsesorden, der næppe var tænkelig blot 10 år tilbage. I Danmark, som geografisk er godt placeret i forhold til vindenergi, er udviklingen af effektive, sikre og billige batterier til opbevaring af elektricitet uhyre vigtig for at skabe en fornuftig energiøkonomi baseret på vedvarende energi.

Opbevaring og levering af energi i den størrelsesorden sætter nye krav til batteriernes pris, levetid, sikkerhed og ikke mindst deres effektive ydeevne. Disse karakteristika afhænger i høj grad af de materialer, som batteriets komponenter, særligt elektroderne og elektrolytten, består af. Design af nye forbedrede materialer kræver derfor et indgående kendskab til sammen-

Batteriteknologi	Specifik energidensitet (Wh/kg)	Spænding (V)	Ulemper
Blybatteri	30-40	2.1	Pb er skadeligt for miljøet
Nikkel-Cadmium	40-60	1.2	Cd er skadeligt for miljøet
Nikkel-metalhydrid	60-120	1.2	Dyr, høj selv-afladningsrate
Li-ion m. grafitanode			
<i>Positiv elektrode:</i>			
LiCoO ₂	150-200	3.6	Usikker, Co er miljøskadeligt
LiFePO ₄	90-120	3.3	Lav elektrisk ledningsevne
LiMn ₂ O ₄	100-150	3.7	Kapacitetstab v. T > 55°C
Mg-ion*	400-500	~3.1	Under udvikling
Al-ion*	>1000	~2.6	Under udvikling
*De angivne værdier er projektioner eller højest kendte værdi.			

Tabel 1. Genopladelige batteriteknologier, deres specifikke energidensitet, spænding samt kort beskrivelse af teknologiens væsentligste ulemper [1-3].

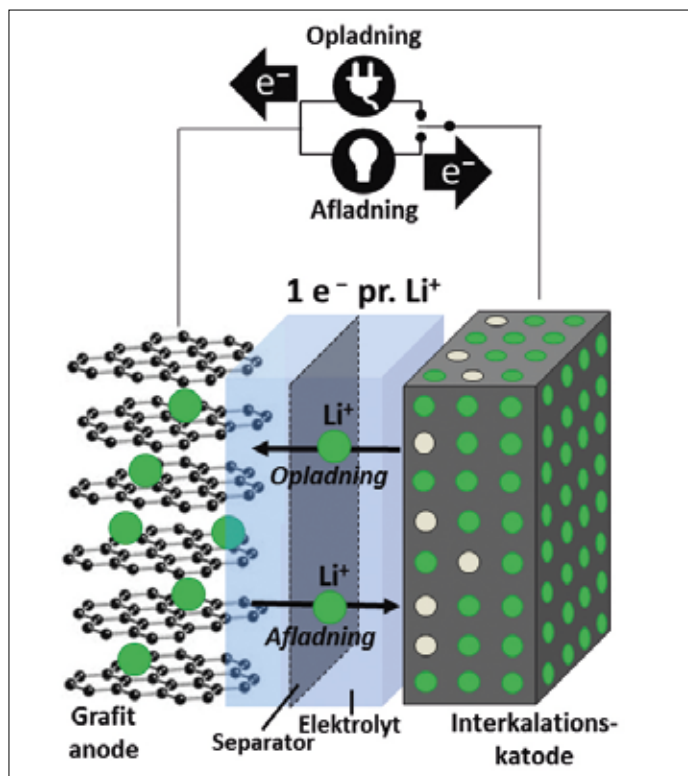
Fra elektronik til energiopbevaring

Genopladelige batterier bliver i større grad benyttet i mere energikrævende anvendelser, som watt-tungt værktøj, husholdnings-apparater og ikke mindst i et stigende antal el-biler. Samtidig står teknologien allerede overfor det næste store marked: Opbevaring af vedvarende energi og stabilisering af fluktuationer på

hænge mellem batterimaterialernes elektrokemiske egenskaber, deres kemiske sammensætning og struktur på atomar skala.

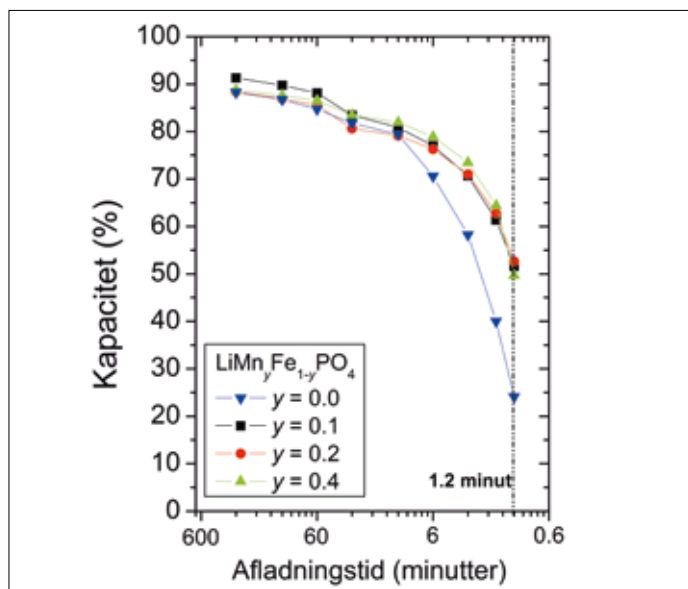
Høj effekt med høj effektivitet

Et vigtigt aspekt for batterier, der skal kunne udligne fluktuationer på det elektriske net eller opbevare energi fra vindmøller,



Figur 1. Skematisk tegning af komponenterne og det overordnede princip i et Li-ion batteri.

er, at de kan af- og oplades hurtigt (typisk inden for 15 minutter). Med andre ord skal de kunne håndtere høje strømstyrker og dermed levere en høj effekt (watt) [5,6]. En høj effekt er også nødvendig for batterier til watt-tunge anvendelser som større typer af værktøj og el-biler.

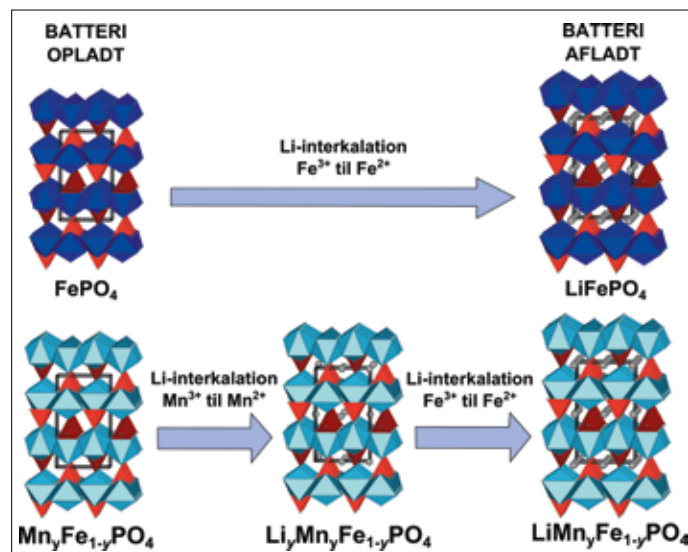


Figur 2. Kapacitet (i % af teoretisk kapacitet) målt ved forskellige afladningstider for Li-ion batterier med positive elektroder af $\text{LiMn}_y\text{Fe}_{1-y}\text{PO}_4$, $y = 0.0, 0.2$ og 0.4 [7].

De positive elektrodematerialer, der i dag anvendes i kommercielle Li-ion-batterier, lider typisk under, at de ved hurtig afladning ikke kan levere deres fulde kapacitet. Et batteri baseret på LiFePO_4 vil f.eks. kun levere ca. 70% af elektrodens fulde kapacitet (170 mAh/g), hvis det aflades på under seks minutter, figur 2 [7]. Dette skyldes både elektronisk modstand i elektrodematerialet og fald i batteriets ledningsevne pga.

overfladereaktioner [2], men i høj grad også kinetikken af den faseomdannelse, der sker, når Li-interkaleres og ekstraheres fra elektroderne [7].

For jernfosfat forløber en første ordens faseovergang mellem FePO_4 og LiFePO_4 , når batteriet aflades. Der har været stor forskningsmæssig opmærksomhed på denne omdannelse, som tyder på, at Li-indholdet i de to faser kun afviger i lille grad fra hhv. 0 og 1, figur 3 og 4. Opbygningen af det krystallinske jernfosfat-netværk ændres ikke signifikant under denne omdannelse, men volumen af strukturen stiger dog med ca. 6,5 volumenprocent primært pga. ændringen af jerns ionradius ved reduktion fra Fe(III) til Fe(II) [7]. Det betyder, at faseovergangen resulterer i dannelse af ufavorable inkohærente fasegrænser i materialets partikler.



Figur 3. Skematisk illustration af de overordnede strukturelle faseomdannelser i LiFePO_4 og $\text{LiMn}_y\text{Fe}_{1-y}\text{PO}_4$ under Li-ion batteriets afladning (røde tetraeder: $[\text{PO}_4]$, Mørkeblå oktaeder: $[\text{FeO}_6]$, Lyseblå oktaeder: $[\text{Mn}_y\text{Fe}_{1-y}\text{O}_6]$ og Grå atomer: Li).

Øget effektivitet via metastabile faste opløsninger

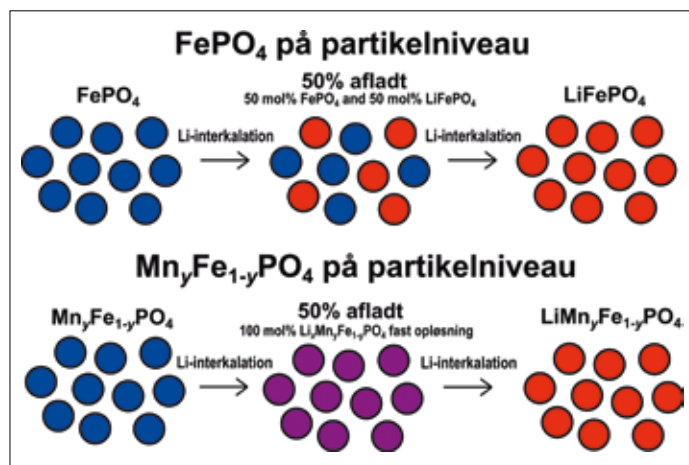
Ved at inkorporere mangan på jern-positionerne i krystalstrukturen af FePO_4 opnås materialer af formen $\text{Mn}_y\text{Fe}_{1-y}\text{PO}_4$, $0 \leq y \leq 1$. Ved Mn-indhold på 20-40% øges batteriets afladningseffektivitet, så elektrodens kan levere 80% af den maksimale kapacitet, når det aflades på seks minutter og stadig over 50%, når det aflades på bare 1,2 minut mod kun 22% for LiFePO_4 , figur 2.

Denne forbedring kommer som følge af, at mekanismen for faseovergang forbundet med Li-interkalering ændres fundamentalt ved tilstedeværelse af mangan. Overordnet set vil først Mn og derefter Fe reduceres (ved 4.1 og 3.5V for hhv. $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{2+}$ og $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ mod Li/Li^+), når Li interkaleres i strukturen. Li-interkalationen sker derved i to trin, og der dannes et intermediat i faseovergangen med formen $\text{Li}_x\text{Mn}_y\text{Fe}_{1-y}\text{PO}_4$, figur 3. Derfor er volumenforskellen mellem de faser, der dannes i elektrodens mindre end for FePO_4 , hvor interkalationen og dannelse af den fuldt lithierede fase, LiFePO_4 , sker i et trin.

Reduktionen i volumenændringen betyder, at ved Mn-indhold på 20-40% kan faseovergangene under batteriafladning forløbe som en fast-opløsningsreaktion. Det vil sige, at mængden af Li i materialet kontinuert stiger, figur 4, så elektrodens under hele afladningen består af én homogen fase: $\text{Li}_x\text{Mn}_y\text{Fe}_{1-y}\text{PO}_4$, $0 \leq x \leq 1$ [7]. Der er en direkte sammenhæng mellem afladningseffektiviteten, og i hvor stor grad Li-interkaleringen kan foregå kontinuert som en fast-opløsning.

Der forskes nu i, om denne tilgang kan benyttes til design af materialer med yderligere forbedret effektivitet under hurtigt

afladning ved at inkorporere andre eller flere metaller samt til nye billigere Li-ion elektrodematerialer med høj effektivitet f.eks. baseret på silica eller hydroxider.



Figur 4. Skematisk illustration af faseomdannelser i LiFePO_4 og $\text{LiMn}_y\text{Fe}_{1-y}\text{PO}_4$ ($0.2 \leq y \leq 0.4$) på partikelniveau under Li-ion batteriets afladning.

Operando røntgendiffraction

Forståelsen af disse faseovergange er opnået vha. operando røntgendiffraction, hvor høj-intensitet synkrotron røntgenstråling sendes igennem specialdesignede batteritestceller [8], mens batteriet af- og oplades. Hvert 10-30 sekund optages et røntgendiffraktogram fra cellen, som kan omsættes til information om elektrodens atomare struktur og kemiske sammensætning, figur 5. De faste opløsninger af $\text{Li}_x\text{Mn}_y\text{Fe}_{1-y}\text{PO}_4$ er metastabile og ville derfor ikke være blevet observeret, hvis elektrodematerialerne var blevet studeret, mens batteriet var i hvile. Det er altså muligheden for at studere de strukturelle omdannelser under dynamiske operando betingelser, der er nøglen til at forstå det fænomen, der lægger til grund for materialeforbedringen.

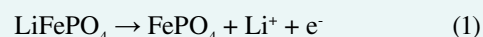
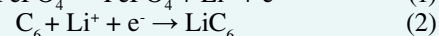
Mg- og Al-ionbatterier er billigere alternativer

Rentabel energiopbevaring i batterier på MWh-skala kræver en signifikant reduktion af prisen. En lovende mulighed er at udskifte den aktive ion, Li^+ med væsentlig billigere alternativer som Mg^{2+} og Al^{3+} , se figur 6 [9]. Reduktionen i prisen kommer bl.a. af, at magnesium og aluminium er lettere at udvinde og forefindes naturligt i langt højere grad end lithium. Dette kan

Li-ion-batteriet

Det klassiske Li-ion batteri, figur 1, består af en positiv (katode) og en negativ (anode) elektrode, der er fysisk adskilt af en ion-permeable membran (separator) samt en flydende elektrolyt bestående af et uorganisk Li-salt (typisk LiPF_6) i et eller flere organiske opløsningsmidler. Den negative elektrode er oftest lavet af grafit, hvori Li-ionerne kan interkaleres mellem karbonlagene i den lagdelte grafitstruktur. Den positive elektrode består af et uorganisk materiale, typisk et oxid eller fosfat af et overgangsmetal, tabel 1. I laveste energitilstand, dvs. den afladte tilstand, forefindes Li-ionerne i den positive elektrode.

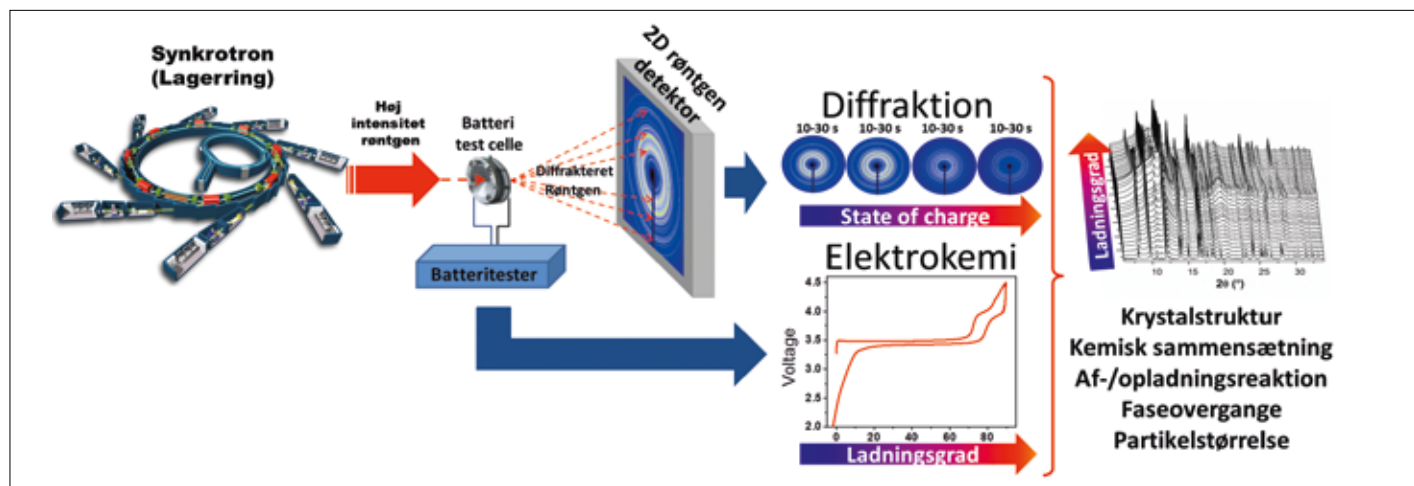
Når batteriet oplades, flyttes elektroner fra den positive elektrode til den negative elektrode gennem det ydre kredsløb. Herved oxideres overgangsmetallet og Li-ioner frigives. Består elektroden f.eks. af LiFePO_4 vil reaktion 1 forløbe. Li-ionerne transporteres via elektrolytten direkte gennem batteriet til den negative elektrode, hvor de interkaleres i grafitstrukturen, reaktion 2. Elektrolytten skal således have høj ionisk ledningsevne, men lav elektronisk ledningsevne. Elektroderne skal derimod ideelt set have høj ledningsevne for både ioner og elektroner.



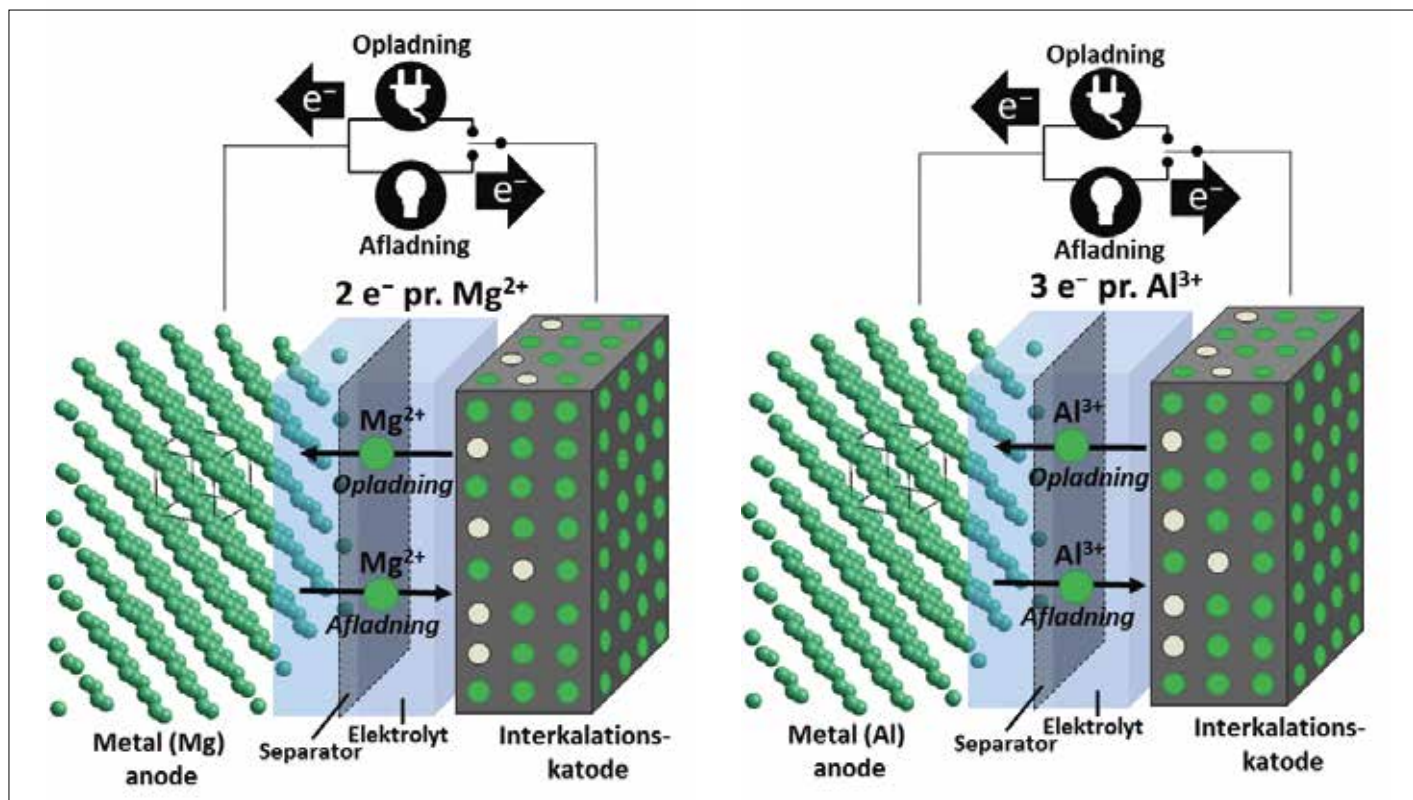
Batteriets overordnede egenskaber vil således være bestemt af overgangsmetallets reduktionspotentiale mod reduktionspotentialet af lithium (spændingen) og antallet af Li-ioner elektroderne kan optage/afgive (specifik kapacitet målt i mAh/g).

også vise sig at blive meget vigtigt, da beregninger tyder på, at forekomsten af lithium ikke vil række til en væsentlig forøgelse af produktionen af Li-ion batterier [10].

Mg^{2+} og Al^{3+} har desuden den store fordel, at fordi de er multivalente, kan de generere hhv. to og tre gange så mange elektroner (strøm) som Li^+ , hver gang en ion transporteres fra den negative til positive elektrode. Derudover tyder forskning på, at Mg- og Al-metal kan anvendes direkte som negative elektroder, da disse ikke, i modsætning til Li-metal, danner



Figur 5. Illustration af princippet bag operando røntgen diffractionsstudier af batterier under af- og opladning, hvor elektrokemiske observationer og diffractionsignaler fra batteriet kobles sammen for at opnå detaljeret forståelse af faseovergangene i elektrodematerialerne.



Figur 6. Skematisk tegning af komponenterne og det overordnede princip i Mg- og Al-ion batterier. Bemærk, at de negative elektroder (anoderne) består af de rene metaller i modsætning til Li-ion batteriet (figur 1), der benytter en grafitanode.

skadelige dendritter under opladningen [11]. Disse egenskaber vil øge energidensiteten betydeligt. Projektioner tyder på, at den specifikke energidensitet vil kunne øges med mindst en faktor tre, se tabel 1.

Flaskehalsen: Velfungerende positive elektrodematerialer

En udfordring på vejen mod velfungerende Mg- og Al-ionbatterier er udvikling af katodematerialer, der tillader effektiv transport af Mg^{2+} og Al^{3+} , som har højere ladningstæthed ($\rho_q(\text{Mg}^{2+}) = 120$ og $\rho_q(\text{Al}^{3+}) = 770 \text{ C/mm}^3$) end Li^+ ($\rho_q(\text{Li}^+) = 98 \text{ C/mm}^3$) og derfor vekselsvirker med de øvrige atomer i elektrodens struktur i langt højere grad. Det resulterer i dårlig interkalationskinetik og i nogle tilfælde fuldstændig nedbrydning af elektrodematerialets struktur, hvorved den reversible kapacitet falder drastisk [12].

Udvikling af nye materialer, der er fundamentalt anderledes end dem, der anvendes i Li-ion batterier er derfor nødvendig. I øjeblikket er der særlig fokus på Chevrel faser, som Mo_6S_8 , MS_2 ($\text{M} = \text{Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Mo, W, V}$) samt forskellige krystallinske polymorfer af MnO_2 . Her er særligt lagdelte og porøse strukturer interessante. Anvendelse af titan dioxid (TiO_2) og vanadium pentaoxid (V_2O_5), der er lovende elektrodematerialer til Li-ion batterier, undersøges også som katodematerialer til Mg- og Al-ion batterier [12].

Konklusion

Genopladelige batterier er til stadighed inde i en rivende udvikling, hvor nye forbedrede og billigere teknologier udvikles for at muliggøre brug af batterier i flere og større anvendelser, udligning af fluktuationer på det elektriske net og opbevaring af vedvarende energi. I denne udvikling er præcis forståelse af de strukturelle omdannelser, der sker under dynamiske af- og opladningsbetingelser, uhyre vigtig for at skabe designkriterier for nye materialer. Derfor er operando diffraktionsstudier et

essentielt værktøj i denne forskning, ikke kun til forståelse af krystallinske faseovergange, men også i studier af nedbrydning af krystallinske elektrodestrukturer eller i fremtiden – endda til studier af ionopbevaring og transport i amorfe materialer.

E-mail:

Dorthe B. Ravnsbæk: dbra@sdu.dk

*) Disse forfattere har bidraget ligeligt til denne artikel

Referencer

- Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries, J.-M. Tarascon, M. Armand, *Nature* 2001, 414, 359-367.
- Materials Challenges and Opportunities of Lithium Ion Batteries, A. Manthiram, *J. Phys. Chem. Lett.* 2011, 2, 176-184.
- Rechargeable magnesium battery: Current status and key challenges for the future, P. Saha, M. K. Datta, O. I. Velikokhatnyi, A. Manivannan, D. Al-man, P. N. Kumta, *Prog. Mater. Science* 2014, 66, 1-86.
- Ifølge U.S. Securities and Exchange Commission (tilgængelig på www.sec.gov/Archives/edgar/).
- www.a123energy.com/grid-energy-storage-system.htm.
- Batteries for energy generation and storage: A perspective from MIT professor and entrepreneur Yet-Ming Chiang, *MRS Bulletin* 2011, 36, 681-682.
- Extended Solid Solutions and Coherent Transformations in Nanoscale Olivine Cathodes, D. B. Ravnsbæk, K. Xiang, W. Xing, O. J. Borkiewicz, K. M. Wiaderek, P. Gionet, K. W. Chapman, P. J. Chupas, and Y.-M. Chiang, *Nano Lett.* 2014, 14, 1484-1491.
- The AMPIX electrochemical cell: a versatile apparatus for in situ X-ray scattering and spectroscopic measurements, Olaf J. Borkiewicz, Badri Shyam, Kamila M. Wiaderek, Charles Kurtz, Peter J. Chupas and Karena W. Chapman, *J. Appl. Cryst.* (2012). 45, 1261-1269.
- A Better Battery - Chemists are reinventing rechargeable cells to drive down costs and boost capacity, Richard van Noorden, *Nature*, 2014.
- The trouble with lithium—Implications for future PHEV production for lithium demand: Meridian International Research, W. Tahlil, 2007. Tilgængelig på: www.meridian-int-res.com/Projects/Lithium_Problem_2.pdf.
- Progress in rechargeable magnesium battery technology, D. Aurbach, G. S. Suresh, E. Levi, A. Mitelman, O. Mizrahi, O. Chusid, M. Brunelli, *Adv. Mater.* 2007, 19, 4260-4267.
- Recent Advances in Rechargeable Magnesium Battery Technology: A Review of the Field's Current Status and Prospects, M.-S. Park, J.-G. Kim, Y.-J. Kim, N.-S. Choi, & J.-S. Kim, *Isr. J. Chem.* 2015, 714, 572-585.

1. del af artiklen "Hvad er en god bio-kemiingeniør" blev bragt i Dansk Kemi nr. 11, 2015.

Hvad er en god "bio-kemiingeniør"?

I artikel 1 beskrev jeg arbejdsområdet for "bio-ingeniøren", hvor fysiologi, kombineret med ideer hentet fra metabolske netværk, kan omsættes til forbedring af processens *udbytte* og *produktivitet*. Kemiingeniørens særlige styrke ligger imidlertid i udvikling af *apparaturdesign* og *industriel procesdesign*. Dette kan føre til både lavere kapitalomkostninger og lavere direkte procesudgifter.

Af John Villadsen, Institut for Kemiteknik, DTU

De følgende to eksempler illustrerer, hvordan kemiingeniørens kernekompetencer bør kunne bruges hertil.

Det første eksempel handler om fremstilling af ethanol fra halm og andre biprodukter fra landbruget. Det belyser, hvordan kontinuert adskillelse af ethanol fra vand burde kunne ske ved et forholdsvis lavt energiforbrug, et emne der behandles i mange patenter. Forhåbentlig kan virkeliggørelse af sådanne ideer gøre 2nd generation ethanol-fremstilling reelt bæredygtig, selvom n-butanol og iso-butanol nok vil være økonomisk mere bæredygtige slutprodukter.

Det andet eksempel illustrerer, hvordan opsplitning af et givet reaktorvolumen V i flere mindre volumener, $V_1, V_2, \dots$ vil føre til lavere kapitalomkostninger og en langt større robusthed overfor variationer i fødestrømmen til anlægget. Dette eksempel er af særlig interesse for spildevandsrensning.

Forslag til et bedre "biomasse til ethanol"-anlæg
"Samtidig saccharificering og fermentering", SSF, er en måde, hvorpå inhibition, først og fremmest forårsaget af cellobiose, kan forhindres, idet slutproduktet fra hydrolyseprocessen, glukose, kan fjernes næsten momentant ved samtidig fermentering og hydrolyse. Føden til bioreaktoren skal være "en lind grød" af delvist hydrolyseret biomasse, og i reaktoren skal den enzymatiske hydrolyse ske med omtrent samme hastighed som fermenteringen af frigjort glukose for at få en kontinuert proces. Desværre er temperaturoptimum for hydrolyse væsentligt højere ($\sim 50^\circ\text{C}$), end for fermenteringsprocessen med gær ($\sim 30^\circ\text{C}$) – men denne forhindring omgås formentlig snart gennem udvikling af gær, der fungerer fint ved $45\text{--}50^\circ\text{C}$ [3]. Separation af ethanol fra vand medfører dog stadig et stort energitab.

Betragt en proces, hvor reaktoren hele tiden holdes på et konstant ethanolniveau, for eksempel 3 mol/L ($= 13.8\text{ wt } \% = 17.7\text{ vol } \%$). Lad fermenteringstemperaturen være 30°C , og totaltrykket $P = 0.5\text{ atm}$.

Molbrøken af ethanol i væskefasen er $x_{\text{et}} = 3/55 = 5.45 \cdot 10^{-2}$. Gasfasen har i ligevægt med væskefasen en ethanolmolbrøk på

$$y_{\text{et}} = \gamma_{\text{et}} x_{\text{et}} \frac{\pi_{\text{et}}}{P},$$

hvor γ_{et} er aktivitetskoefficienten for ethanol i vand ved et givet x_{et} , og π_{et} er damptrykket af ren ethanol over vand ved 30°C .

γ_{et} og π_{et} (mmHg) kan findes i tabeller.

$y_{\text{et}} = 4.8 \cdot 0.0545 \cdot 74/380 = 5.1 \cdot 10^{-2}$, mens

$y_{\text{H}_2\text{O}} = 2.15 \cdot 0.945 \cdot 32/380 = 0.171$ ved 30°C .

Vi ønsker en produktivitet på $2.5\text{ kg ethanol/m}^3\text{ medium/h}$.

Denne produktion kan opnås med en konstant koncentration af ethanol i mediet på 3 M ved at blæse v mol tør luft (eller en anden inert) gennem mediet ved 30°C og 1 atm totaltryk. Gasen, der forlader reaktoren ved et totaltryk på 0.5 atm , har $y_{\text{et}} = 0.051$ og $y_{\text{H}_2\text{O}} = 0.171$. Efter kondensation af ethanol og vand fås et kondensat med $x_{\text{et}} = 0.051/(0.171 + 0.051) = 0.229$. Den nødvendige gasstrøm er $v = 2.5/(46 \cdot 0.051) = 1.065\text{ kmol/m}^3\text{ medium/h} = 26.5\text{ m}^3\text{ gas/m}^3\text{ medium/h}$ ved 30°C og 1 atm . Produktion af $2.5\text{ kg ethanol/m}^3\text{ medium/h}$ giver en samtidig produktion af $0.027\text{ kmol CO}_2/\text{m}^3\text{ medium/h} = 0.68\text{ m}^3/\text{m}^3\text{ medium/h}$.

Derfor behøves kun $\sim 26\text{ m}^3$ inert gas/ $\text{m}^3\text{ medium/h}$ blæst gennem reaktoren.

Det fra reaktorens indhold af urenheder og fast biomasse befrieede kondensat har en ethanolkoncentration 65% højere end koncentrationen i mediet. Det kan videre opkoncentreres, for eksempel i et flerlegemeapparat, eller bedre: Man kan med en organisk fase ekstrahere ethanol fra kondensatet og gendanne opløsningsmidlet ved destillation, formentlig med en betydelig varmebesparelse grundet den lavere fordampningsvarme for opløsningsmidlet. Væskefasen, der kontinuert forlader reaktoren, kan recirkuleres til reaktoren efter frafiltrering af faststoffet.

Kan fermenteringen ske ved 50°C ved anvendelse af en varmetolerant gær, indeholder kondensatet fra strippingen selvfølgelig forholdsvis mere ethanol, og v formindskes tilsvarende.

Grundig modellering støttet af pilotforsøg kunne vise, om den ovenfor beskrevne fremgangsmetode ville give en følelig besparelse i oprensningssomkostningerne. Hvis sådanne forsøg er beskrevet i den åbne litteratur, er de ikke bekendt for mig.

Opkobling af procesanlæg - optimal procesdesign

Det sidste eksempel på optimalt reaktordesign refererer mest til besparelser i kontinuerte vandrensingsanlæg. Eksemplet vil vise, at en passende opdeling af det til rådighed værende reaktorvolumen i mindre reaktorer af samme størrelse kan give langt større fleksibilitet i anlægget, samtidig med at rensningen af vandet kan ske til et lavere BOD-niveau og med lavere driftsomkostninger.

Anlægget består af to omrørte tankreaktorer, hver på $V = 20 \text{ m}^3$. Med dette skal man kontinuert rense spildevand, der indeholder $s_0 = 60 \text{ mg L}^{-1}$ af en forurening S. Kinetikken for rensningsprocessen er:

$$q_x = \frac{\frac{4}{3} S}{s+4 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)} \times (\text{mg X dannet (L spildevand)}^{-1} \text{ h}^{-1}) = \frac{D \cdot (x_{\text{ud}} - x_0)}{D \cdot (x_{\text{ud}} - x_0)} \quad (1)$$

$[s, x]$ (mg L^{-1}) er koncentrationen af henholdsvis S og X både i udløbet (x_{ud}) fra en vel omrørt tankreaktor og i selve tanken (x). x_0 er biomassekoncentrationen i indløbet til tanken. Kinetikken er beskrevet ved et Monod-udtryk, med Monod-konstant $K_m = 4 \text{ mg L}^{-1}$ og maksimal hastighed $k = 4/3 \text{ h}^{-1}$. Der er ingen biomasse i indløbet til anlægget, men i serielt forbundne reaktorer er $x_0 > 0$ for reaktor 2, 3...

"Fortyndingshastigheden $D (\text{h}^{-1})$ " = v/V angiver, hvor stor en mængde spildevand $v \text{ m}^3$, der per time ledes gennem hver m^3 af anlægget. Hvis der ikke er biomasse i indgangen til reaktoren, er $D = q_x/x$, den *specifikke dannelseshastighed* af biomasse ($\text{mg X dannet (mg X)}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

For $s_0 = 60 \text{ mg L}^{-1}$ og $x_0 = 0$ ser man ved indsætning i (1), at anlægget overbelastes, når

$$D = \frac{v}{V} > \frac{\frac{4}{3} 60}{60+4 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)} = 1.25 \text{ h}^{-1},$$

idet man herved overskrider den hastighed, hvormed anlægget kan danne biomasse. Resultatet er, at biomassen efterhånden skylles ud og rensningsprocessen går i stå.

Af (1) kan man også bestemme den optimale rensningshastighed q^{max} . Med $x = x_0$ i indløbet til anlægget vil $x = x_0 + Y_{sx} (s_0 - s)$, hvor Y_{sx} = udbyttekoefficienten af biomasse på S. Y_{sx} sættes til 0.10 mg X/mg S .

Man finder let q_x^{max} ved differentiation af (1) med hensyn til s. Resultatet er

$$q_x^{\text{max}} = [(\sqrt{1+a} - \sqrt{a})^2 s_0 Y_{sx} k],$$

hvor $a = K_m/s_0$. q_x^{max} opnås, når $s/s_0 = -a + \sqrt{a + a^2}$

I taleksemplet er $a = 4/60 = 1/15$, og s/s_0^{opt} er $1/5$, der opnås, når

$$D = D^{\text{opt}} = \frac{\frac{4}{3} 12}{12+4} = 1 \text{ h}^{-1}$$

$$q_x^{\text{max}} = D^{\text{opt}} Y_{sx} (s_0 - s^{\text{opt}}) = 0.1 \cdot (60 - 12) = 4.8 \text{ mg L}^{-1} \text{ h}^{-1}, \text{ eller}$$

$$x = x_0 + Y_{sx} (s_0 - s) = 4.8 \text{ mg L}^{-1}, \text{ når } x_0 = 0.$$

Lad os herefter undersøge, hvordan $v = 20, 40$ eller $60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ bedst behandles i de to tankreaktorer på hver 20 m^3 .

$v = 20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

Anlægget er groft overdimensioneret. Med kun én 20 m^3 tank opnås optimal rensning, idet $D = v/V = 1 \text{ h}^{-1}$ og $s = 12 \text{ mg L}^{-1}$.

Hvis man sender $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ til hver 20 m^3 tank, bliver for hver tank $D = 0.5 \text{ h}^{-1}$ og udløbet fra begge reaktorer har

$$s = \frac{D \cdot K_m}{k-D} = \frac{0.5 \cdot 4}{\frac{4}{3} - 0.5} = 2.4 \text{ mg L}^{-1}$$

$v = 40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

Nu vil man ved at placere de to reaktorer *parallel* opnå, at de begge fungerer optimalt og $[s, x] = [12, 4.8] \text{ mg L}^{-1}$. Hvis de derimod placeres i *serie*, opnår man slet ingen rensning. Ligeledes hvilken af reaktorerne, der placeres først, skylles biomassen ud, da $D = 2 \text{ h}^{-1}$, altså større end $D^{\text{max}} = 1.25 \text{ h}^{-1}$. Her kan man imidlertid opdele den indkommende spildevandsmængde i to strømme: v_1 , der fødes til tank 1 og v_2 , der fødes mellem de to reaktorer. Intuitivt bør den første reaktor producere mest mulig biomasse, og derfor bør v_1 være $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Til den anden reaktor strømmer nu $40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ med $s_1 = (12 + 60)/2 = 36 \text{ mg L}^{-1}$ og $x_1 = (4.8 + 0)/2 = 2.4 \text{ mg L}^{-1}$. For reaktor 2, hvor $v = 40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ er $D = 2 \text{ h}^{-1}$ og x_2 beregnes af

$$\begin{aligned} \text{Produceret biomasse} &= 2 \cdot (x_2 - 2.4) = \frac{\frac{4}{3} s_2}{s_2 + 4} x_2 = \\ &= \frac{\frac{4}{3} (60 - 10 x_2)}{64 - 10 x_2} x_2 \text{ med løsningen } x_2 = 4.8 \text{ mg L}^{-1} \end{aligned} \quad (2)$$

Den samme (optimale) løsning fås ved parallel og seriel opstilling af reaktorerne. Enhver anden fordeling af $v = 40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ end den ligelige giver et større s_2 , og den intuitive betragtning ovenfor bekræftes.

$v = 60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

Her er anlægget groft underdimensioneret. Parallel opstilling af de to 20 m^3 reaktorer nytter ikke, da D for hver tank er større end $D^{\text{max}} = 1.25 \text{ h}^{-1}$. Den fornuftigste løsning er at sende 20 m^3 spildevand helt udenom anlægget. Nu arbejder begge reaktorer optimalt, og $s_2 = (12 \cdot 40 + 60 \cdot 20)/60 = 28 \text{ mg L}^{-1}$. Den serielle opstilling af reaktorerne vil altid virke, når den første reaktor ikke overbelastes. Intuitivt vil man lade denne arbejde så godt som muligt, altså sendes $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ til den første reaktor og resten tilsættes mellem de to reaktorer. Dette giver $[s_1, x_1] = [44, 1.6]$, hvorefter $[s_2, x_2]$ beregnes af (2) med $D = 3 \text{ h}^{-1}$. Resultatet er $[s_2, x_2] = [33.5, 2.65]$, og en vilkårlig anden fordeling af spildevand til de to reaktorer giver et endnu dårligere resultat. Nu synes det bedste serielle arrangement at være dårligere end et parallelt arrangement med $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ledt udenom anlægget. Hvis $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ også ledes uden om de serielt arrangerede reaktorer fås imidlertid $s_2 = (12 \cdot 40 + 60 \cdot 20)/60 = 28 \text{ mg L}^{-1}$, ligesom når reaktorerne arbejder parallelt. Konklusionen er, at for det *underbelastede* anlæg vil et serielt arrangement af de to reaktorer altid give den bedste rensning af spildevandet ("man nærmer sig en plug-flow behandling, hvilket altid er bedst, når reaktant-koncentrationen s er lille"). Når anlægget er *underdimensioneret*, vil det bedste flowdiagram for



Rettelser til artiklen i Dansk Kemi nr. 11, 2015, side 11-14

- side 11, første spalte, 2 linie fra neden: I stedet for "polyesteren Sonoraden måske den største" – skal der stå "polyesteren Sonora, den måske største".
- side 14, første spalte, 2 linie fra neden: I stedet for "Bio Ambers" skal der stå "Bio Amber".
- side 14, første spalte, sidste linie i afsnittet "Valg af produktionsorganisme" – skal der stå "skal konverteres til BDO [4]" i stedet for "skal konverteres til BDO [3].

Vi beklager fejlen.

både parallel og seriel opstilling af reaktorerne give samme resultat.

$v = 60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ koblet med recirkulation af biomasse i reaktor 2 af to serielt opstillede 20 m^3 reaktorer

Ved recirkulation af biomasse vil man altid forøge kapaciteten af en given bioreaktor. Som beskrevet i [1] vil man ved placering af et sættekar (en "settler") efter reaktoren opnå, at biomassen i bunden af settleren har en højere koncentration af biomasse, end den der fås i udløbet fra reaktoren. Ved recirkulation af væske + biomasse fra bunden af settleren til indgangen

af reaktoren kan man opnå en højere biomassekoncentration i denne, og da biomasseproduktionen er proportional med x også en bedre rensning af spildevandet.

I eksemplet med $v = 60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ vil man, ved op-koncentration af biomasse i settleren med en faktor $\beta = 11/8$ og recirkulation af $R \cdot 60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, hvor $R = 4/3$ opnå, at s_2 bliver 12 mg L^{-1} , snarere end 33.5 mg L^{-1} , det bedste resultat opnået ovenfor uden at lede spildevand udenom i det serielt arrangerede anlæg [2].

Hvad hele det sidste eksempel viser er, at der findes utallige varianter af et procesdesign. Ved simpel modellering af varianter af et basis-design kan man opnå en betydelig forbedring af anlæggets ydeevne.

Opgaver af denne art bør kunne løses af kemiingeniører, der herved bruger fagets kernediscipliner til at hjælpe også bioindustrien frem mod mere konkurrencedygtige processer.

Referencer

To lærebøger [1] og [2] er anvendt til inspiration for de her beskrevne eksempler: Nye ideer kan forbedre både processer og apparatur i bioindustrien. Referencen [3] indeholder yderligere information om gær, der tåler en arbejds-temperatur på ca. 50°C .

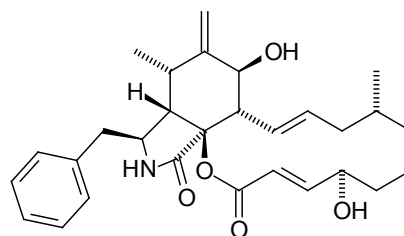
1. Villadsen, J, Nielsen J, og Lidén G (2011). *Bioreaction Engineering Principles*. 3rd edition, Springer Verlag.
2. Villadsen (editor), 2016. *Fundamental Bioengineering*. Wiley – VCH, Advanced Biotechnol. Series, Vol 1.
3. Caspeta, L, Chen, Y, Ghiaci, P, Feizi, A, Buskov, S, Hallström, BM, Petranovic, D, and Nielsen J (2014). Biofuels. Altered sterol composition renders yeast thermotolerant. *Science*, 346 no 6205: 75-78.



Nyt om ...

... Kampen mod rynkerne

Ethvert kosmetikfirma med respekt for sig selv sender med jævne mellemrum nye cremer mod alderens rynker på markedet. Rynker skyldes, at hudcellerne bliver stivere og vokser sig større, når vi ældes, og dette giver anledning til rynkerne. Amerikanske forskere har nu vist, at cremer indeholdende cytochalasin B reducerer størrelsen af hudceller med 50%, når de anvendes på mus. Musene fik en glattere hud end mus behandlet med en neutral creme. Cytochalasin B er et mykotoxin, der produceres af svampen *Helminthosporium dematioides*. Selv om cytochalasin B er toksisk, synes det ikke at have



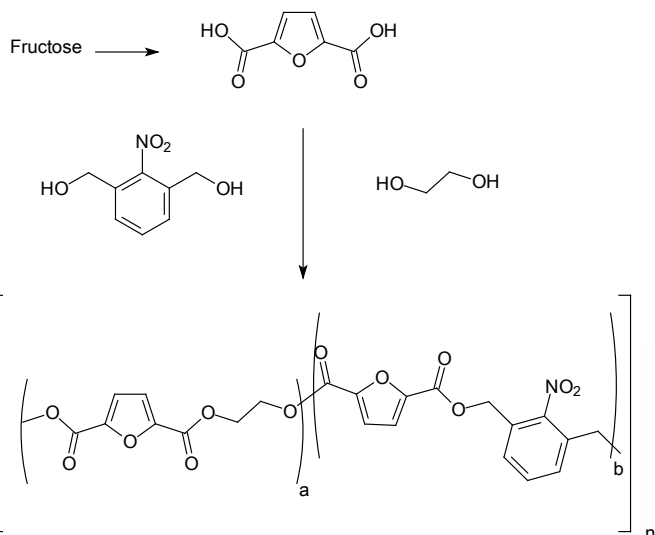
CYTOCHALASIN B

nogen bivirkninger på musene eller fremkalde forandringer i underhuden.

Carl Th.

Recovery of Aging Related Size Increase of Skin Epithelial Cells: *In vivo* Mouse and *In vitro* Human Study. *PLOS One* 2015, 10(3), DOI: 10.1371/journal.pone.0122774.

... Genanvendelig
selvopløsende plastik fra
biomasse



Carl Th.

... Plastik fra stivelse

Carl Th.





Julekål

Af Jens Folke

Den klassiske danske jul med julefrokoster, and, flæskesteg, rødkål, finthakket stuvet hvidkål osv. er der ingen, der skal pille ved. Egnsrætter og familietraditioner er snart mere hellige end kirken juleaften. Og hvert eneste år vander vin connaisseurs sig over, hvad man dog skal anbefale til julemiddagen og tyr til at anbefale øl.

Et af problemerne er, at julen består af fede, bløde og søde sager uden tanke på sprødhed og balancen mellem smagssanserne, som det moderne nordiske køkken gør så meget ud af. Det ødelægger smagsoplevelsen og får os til at overspise.

Et andet problem kan dog opstå, hvis ens tarmflora ikke er vant til kålretter sammenblandet med fedt i de mængder, der diskes op med. Mange begynder at liste ildelugtende tarmgasser ud ved julebordet og derefter se bebrejdede på bordherren/-damen for at få andre til at tage ansvaret for forureningen. Hvor stort problemet er, afhænger meget af folks spisevaner. De, der i forvejen er vant til grove grøntsager og kål, flatulerer simpelthen mindre og mindre ildelugtende end nybegynderne.

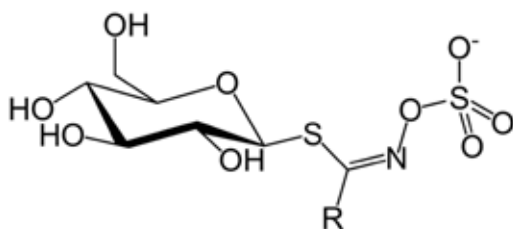
Et andet problem er, at jo mere du koger kålen, jo mere tilgængelige bliver kålens svovlforbindelser for tarmens reducerende miljø, hvor der derfor bliver produceret ildelugtende sulfider, mercaptaner m.m. – velkendte forbindelser fra gamle KA Jensens kemiske laboratorium, hvor han jo var specialist i svovlforbindelser.

Sammenhængen mellem tarmflora, hjernens og kroppens sundhedstilstande er genstand for meget

Figur 2. Polsk surkålsgæringskrukke (fra hjemmeriet.dk) med min forsalat.



intensiv forskning i disse år, se f.eks. den nylig oversatte bog af D. Perlmutter [1]. Her argumenteres for, at tarmfloraens mikrobielle sammensætning er en afgørende faktor for de fleste af vores livsstilssygdomme, f.eks. fedme og type 2 diabetes, men også hjernesygdomme som depression, Alzheimers, Parkinson, sklerose m.m. Anprisningerne er måske lidt overvældende, men der er nu meget sund mikrobiel fornuft i argumentationerne. F.eks. at forholdet mellem de to største bakteriegrupper i tarmen, den gram-negative *Firmicutes* og den gram-positive *Bacteroidetes* bestemmer, hvor meget af den indtagne mad man rent faktisk optager gennem tarmvæggen. *Firmicutes*-stammer-



Figur 1. Glucosinolat.
Hvid- og rødkål R: $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$
Sort sennep R: $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$
Gul sennep R: $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-$
Brøndkarse R: $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{CH}_2-$
Ruccola R: $\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$

ne fremmes af en sukker- og fedtrig, men plantefiberfattig kost, og de er overordentlige effektive til at frigive komplekstbundet fedt, som så optages sammen med sukkeret og ødelægger blod-sukkerbalancen. Vi får det maksimale kalorieindtag fra maden. *Bacteroidetes* er derimod bedst til at nedbryde polysaccharider fra mere komplekse plantematerialer, og det lader så en større del af fedtet passere komplekstbundet ud gennem endetarmen. Det, vi spiser, giver den ene eller anden bakteriegruppe fordele. F/B-forholdet har vist sig at være meget højt hos personer, der lider af fedme og diabetes, mens det er lavt hos slanke, motionerende mennesker. Der er altså tale om positive og negative feed-back-mekanismer, og man har ligefrem eksperimenteret med fækal transplantation fra donorer med lavt F/B-forhold til at behandle fedmepatienter, der samtidig ændrer kostvaner. Men inden det kommer så vidt her i juletiden, er det måske bedre at tilberede gode kålretter som supplement til julens andre herligheder.

Kålfamilien tilhører korsblomst-familien og indeholder bl.a. glucosinolater og et enzym, myrosinase, der kan omdanne glucosinolaterne til isocyanater (sennepsolier: $\text{R}-\text{N}=\text{C}=\text{S}$) og svovlsyre, når cellerne knuses [2]. For at bevare smagen er det derfor vigtigt at bevare noget sprødhed og syrlighed i kålen under tilberedningen. Fra Thorvald Pedersens bog er endvidere gengivet en opskrift af "smagsdommerne" Lunding og Brandt, som absolut er værd at prøve.

Den indeholder fermenteret kål, der er udråbt som det rene hjernemad. Fra Coop kommer opskriften på grønkåls-

salsa. Endelig en opskrift på gammeldags julerødkål, modificeret fra Gyldendals gamle Kogebog.

Råsyltet rødkål [1]

Forsalat, figur 2:

500 g meget finsnittet rødkål
2 dl appelsinsaft
1½ dl kirsebæreddike
3 spsk. rørsukker
2 spsk. salt
Sort peber

Fremgangsmåde: 1. Snit rødkål på mandolinjern eller pålægsmaskine. 2. Bland det hele sammen. 3. Sæt det på køl i to dage – op til fire uger (giver en mælkesyreforgæring).

Kål med valnødder:

50 g valnødder
1/8 frisk rødkål
1/4 af den råsyltede rødkål (forsalat)
3 spsk. rapsolie
2 appelsiner i fileter
Rørsukker, salt, peber og kanel

Fremgangsmåde: 1. Rist valnødder ved 150°C i 10 min. 2. Snit den friske rødkål fint. 3. Bland med forsalat og olie. 4. Smag til med rørsukker, salt, peber og kanel. 5. Vend salaten med valnødder og appelsinfileter.

Grønkålssalsa fra Coop

250 g grønkål
2 stk. æbler
2 stk. gulerødder
1 fed hvidløg
3 spsk. æblecidereddike
3 spsk. rapsolie
2 tsk. sukker
Salt og peber

Fremgangsmåde: 1. Riv grønkålen af stokken og skyl den godt. 2. Fjern kernehuset fra æblerne, skræl guleroden og pil og hak hvidløget. 3. Hak æble og gulerod groft, kom det hele i en foodprocessor sammen med æblecidereddike, rapsolie, sukker, salt og peber. 4. Kør det til en grov salsa.

Klassisk julekål

800 g grønkål
50 g ande- eller gåsefedt
2 stk. æbler
1 dl æbleeddike
2 dl sød ribssaft
Tilsmages m. sukker, salt og peber

Fremgangsmåde: 1. Skær kålen i otte dele og snit den uden om stokken. 2. Svits i fedtstoffet. 3. Tilsæt æblerne skåret i tynde skiver, så skrællen kan blive på. 4. Tilsæt æbleeddike og ribssaft. 5. Kog i 35-40 minutter med åbent låg, så saft og væske koger ind. 6. Smag til med sukker, salt og peber.

E-mail:

Jens Folke: jens.folke@gmail.com

Referencer

1. Davis Perlmutter. Hjernens nye liv – tarmfloraens forbløffende evne til at helbrede og beskytte din hjerne. Borgens Forlag, 2015.
2. Thorvald Pedersen. Molekylær gastronomi. Nyt Nordisk Forlag, 2008.

Arbejdsmiljø – et fokusområde i Bavarian Nordic's CSR-strategi

Med flere gasser i det daglige arbejde inden for bioteknologisk forskning og produktion, prioriterer Bavarian Nordic at sikre de ansattes arbejdsmiljø mod den potentielle risiko, som anvendelsen af industrielle gasser kan udgøre.



Henrik Thellemann fra AGA, sammen med Facility Manager Michael Andersen fra Bavarian Nordic, foran et af virksomhedens oplag af flydende nitrogen, som forsyner en lavtemperaturfryser i bygningen. Her er en af oxygendetektorerne monteret ved fryseren.

Bavarian Nordic, et biofarmaceutisk selskab fokuseret på udvikling og produktion af cancerimmunterapier og vacciner mod infektionssygdomme, er på få år vokset fra at være en rendyrket forskningsvirksomhed til at blive en fuldt integreret virksomhed med aktiviteter fra tidlig forskning frem til egen produktion.

På baggrund af et mangeårigt samarbejde med den amerikanske regering omkring koppevaccine til terrorberedskabet, har virksomheden - siden kontraktens indgåelse i 2007 - haft et naturligt og påkrævet skærpet fokus på sikkerheden på fabrikken og hovedkontoret i Kvistgård nord for København. Men også arbejdsmiljøet er som fokusområde i Bavarian Nordic's CSR-strategi højt prioriteret.

Brug af gasser i forskning og produktion

Gasvirksomheden AGA har samarbejdet med Bavarian Nordic i en årrække. De første år omkring levering af højrene gasser til forskningsbrug i laboratorierne og siden etableringen af fabrikken i 2003 også omkring gasser til produktionen.

- Gasser i produktionen hos Bavarian Nordic inkluderer farmaceutisk CO₂ - som indebærer løbende auditering af AGA som leverandør. På de farmaceutiske gasser overvåger AGA i øvrigt også gascentralerne, således at bestilling og udskiftning af flaske batterier sker automatisk – og produktionens nødvendige gasforsyning sikres, fortæller Henrik Thellemann fra AGA.

Virksomheden arbejder i henhold til Henrik Thellemann traditionelt med høje standarder for sikkerhed - ikke kun internt, men også i forbindelse med gasoplag, dvs. tanke og trykflasker, samt centralgasanlæg hos kunderne. Et vigtigt sikkerhedsmæssigt aspekt er risikoen for fortrængning af luftens ilt ved lækage af nitrogen eller ved forhøjet CO₂-koncentration. Begge gasser anvendes af Bavarian Nordic i deres daglige arbejde i laboratorier og i produktion.

Gasdetektorer for øget sikkerhed

- Bavarian Nordic har altid prioriteret det sikkerhedsmæssige aspekt i forbindelse med brug af gasser, siger Henrik Thellemann og fortsætter:

- Derfor er der løbende opsat henholdsvis CO₂- og oxygendetektorer ved relevante forbrugssteder, hvilket sikrer, at brugerne ikke udsættes for forhøjet CO₂-indhold eller reduceret oxygenniveau ved brug af nitrogen.

Michael Andersen, Facility Engineer fra Bavarian Nordic, supplerer:

- Vi har i dag installeret tre gasdetektorer til sikring af gasbrugernes arbejdsmiljø. Det giver de ansatte en tryghed i hverdagen – en tryghed og sikkerhed, som understøtter de højt prioriterede mål i vores CSR-strategi.

Facts om gasdetektorer fra AGA
Gasdetektorerne leveres i fastmonterede

og bærable modeller, hvor den fastmonterede måler ilt- og CO₂-niveauet. De bærable gasalarmer er tilpasset deres forskellige anvendelser, brugerens behov og hvor mange gasser, der skal måles. Alle er enkle at bruge og virker umiddelbart ved tryk på en knap.

Gasdetektorerne giver ifølge AGA sikre og pålidelige målinger i alle miljøer, hvor gassen er til stede. Detektorerne leveres i forskellige modeller og tilbyder en vifte af applikationer. Alle detektorer er testet og godkendt i henhold til gældende internationale regler.

- Det sidste års tid har AGA arbejdet tæt sammen med Bavarian Nordic omkring forsyning af flydende nitrogen

ved -196°C i forbindelse med en ny blastfreezer, som giver virksomheden mulighed for at fryse produkter til en lavere temperatur end tidligere. Forsyningen sker ved hjælp af en kryotank, som opstilles hos Bavarian Nordic. Flydende nitrogen udvider sig ca. 700 gange, når det fordampes. Sikkerheden ved anvendelse af flydende nitrogen i bygninger er derfor ekstremt vigtig, slutter Henrik Thellemann fra AGA.

Yderligere information:

AGA A/S

Henrik Thellemann

Tlf. 32 83 66 00/mobil 40 62 55 73

E-mail: henrik.thelmann@dk.aga.com

Overvågning af H₂S-udslip

Svovlbrente har en stærkt ubehagelig lugt og kan fornemmes i selv lave ppb-koncentrationer. Lugten kan være kilde til mange beklagelser fra omgivelserne, og mange steder er svovlbrenteniveauer pålagt snævre grænser for at sikre, at emissioner er inden for acceptable grænser.

Odalog low range H₂S loggeren er specielt udviklet til at overvåge lave svovlbrenteniveauer, f.eks. uden for anlæg eller ved virksomhedens hegn. Med et må-

leområde så lavt som 0,01-2,00 ppm og kapacitet til langtidsovervågning er det et af de mest nøjagtige og effektive svovlbrentestyringsværktøjer på markedet. Instrumentet kan bruges såvel indendørs som udendørs og kan måle svovlbrenteniveauer med intervaller på mellem 10 minutter og 1 time i mindst en uge på et enkelt C-batteri. Det har indbygget prøvetagningspumpe og kan logge op til 30.000 datapunkter. Efter målingen kan

de indsamlede data downloades til pc, laptop eller lign. og analyseres gennem OdaStat software.

Yderligere information:

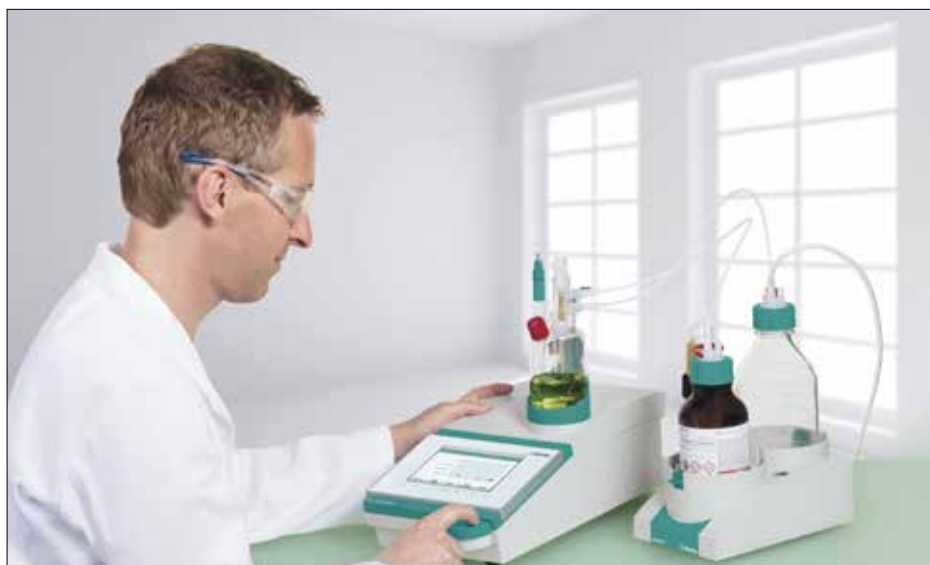
GasDetect

Tlf. 42 42 50 67

E-mail: mlh@gas.dk



917 Ti-Touch Coulometer



Metrohm præsenterer 917 Ti-Touch Coulometeret. Lige som sine "søskende" er 917 Coulometeret et kompakt, stand-alone instrument. Kontrolenhed, magnetomrører

og pumpe til reagensudskiftning forenes i et enkelt pladsbesparende design.

Maksimal brugersikkerhed:

- Integreret pumpe: Reagensudskiftning

ved tryk på en knap. Kontakt med Karl Fischer reagenser undgås fuldstændigt.

- Vigtige parametre (antal analyser, reagensbeholdning, drift) overvåges/vises konstant.

Maksimal brugervenlighed:

- Automatisk overførsel af vejetal.

- Brugeren kan starte sine favoritapplikationer (op til 14!) med et enkelt tryk på ikonet på farveskærmen.

- Titrationer begynder automatisk, når prøven tilsættes.

Andre features:

- Rapporter kan gemmes direkte på et USB-stick eller netværksdrev.

- Resultater kan eksporteres til LIMS via ethernetinterface og bearbejdes der!

- Manuel eller automatisk prøvehåndtering med 885 Compact Oven Sample Changer.

Yderligere information:

Metrohm Nordic

Tlf. 70 20 05 61

Leverandørregister

Analyse

F

Fermentering og cellekultur-udstyr



Svanholm.com
Nordisk Pharma
og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Nordens største sensor og analyser
udvalg til lab, pilot og proces

FTIR-udstyr



Bruker Optics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +46 8 655 25 30 -
Fax +46 8 655 25 99
www.bruker.com

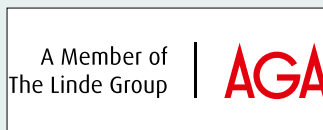
G

Gasdetektorer



Dräger Safety Danmark A/S
Lyskær 9
2730 Herlev
Tlf. 44 50 00 00 - Fax 44 50 00 01
draeger-safety.dk@draeger.com
www.draeger.dk

Gasser



AGA A/S
Vermlandsgade 55
2300 København S
Tlf. 32 83 66 00 - Fax 32 83 66 01
www.aga.dk
Specialgasser

L

Laboratoriearmaturer

BROEN LAB DIVISION
Skovvej 30
5610 Assens
Tlf. 64 71 20 95 - Fax 64 71 24 76
lab@broen.com
www.broen.com

M

Massespektrometre, proces



Svanholm.com
Nordisk Pharma
og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Svanholm.com er distributør af
Thermo Scientific proces MS

Massespektrometre



Bruker Daltonics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +45 20 21 54 44 -
Fax +45 47 31 74 44
www.bruker.com



Svanholm.com
Nordisk Pharma
og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
MS til styring af fermentering og
farmaceutisk pulvertørring

Mikrobiologi, udstyr t.



Bruker Daltonics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-170 67 Solna
Tlf. +45 20 58 68 66 -
Fax +46 8 655 25 99
karina.petersen@bruker.com
www.bruker.com

N

NIR-analyse/-udstyr



Bruker Optics Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +46 8 655 25 30 -
Fax +46 8 655 25 99
www.bruker.com



Svanholm.com
Nordisk Pharma
og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
NIR til QbD og PAT ved pulvertørring,
tablet-produktion og fermentering

NMR-analyseudstyr



Bruker BioSpin Scandinavia AB
Vallgatan 5
SE-17067 Solna
Tlf. +46 8 655 25 10 -
Fax +46 8 655 25 99
www.bruker.com

O

Opvaskemaskiner



KEN A/S
Bøgebjergvej 60, Brobyværk
5672 Broby
Tlf. 62 63 10 91
www.ken.dk



Miele A/S PROFESSIONAL
Erhvervsvej 2
2600 Glostrup
Tlf. 43 27 11 00 - Fax 43 27 15 09
professional@miele.dk
www.miele.dk

R

RAMAN-udstyr



Svanholm.com
Nordisk Pharma
og Analyzer Center
Tlf. 70 26 58 11 - Fax 69 80 31 33
mail@svanholm.com
www.svanholm.com
Råvare-identifikation og
onlinemåling i R&D og GMP

Produktion

E

Etikettering

LSS Etikettering A/S
Normansvej 8
8920 Randers NV
Tlf. 70 20 25 00 - Fax 70 20 10 44
info@lss-dk.com
www.lss-dk.com

F

Faremærkning



Pekema A/S
Dam Holme 14-16
3660 Stenløse
Tlf. 44 92 62 00
pekema@pekema.dk
www.pekema.dk
www.barsafe.dk
Software til CLP mærkning, printere
og etiketter.
Vi er specialister i produktmærkning

H

Hygiejne & Rengøring



Procurator A/S
Stærevej 2
6705 Esbjerg Ø
Tlf. 76 11 50 00 - Fax 76 11 50 01
info@procurator.dk
www.procurator.dk
Vi sikrer tryghed!

P

Personligt sikkerhedsudstyr



Procurator A/S
Stærevej 2
6705 Esbjerg Ø
Tlf. 76 11 50 00 - Fax 76 11 50 01
info@procurator.dk
www.procurator.dk
Vi sikrer tryghed!

V

Vægte

CBH Vægte aps
Vonsildvej 207
6000 Kolding
Tlf. 75 56 73 10 - Fax 75 56 73 20
info@cbh-vaegte.dk
www.cbh-vaegte.dk

Å

Åndedrætsværn



Dräger Safety Danmark A/S
Lyskær 9
2730 Herlev
Tlf. 44 50 00 00 - Fax 44 50 00 01
draeger-safety.dk@draeger.com
www.draeger.dk

Service & miljø

M

Miljøbeskyttelse og sikkerhed

Dansk Polyglas A/S
Industrivej 12
5672 Broby
Tlf. 62 64 12 00
www.polyglas.dk
Glasfiberarmerede miljøbokse
til krævende miljøer

P

Patenter



Chas. Hude A/S
H.C. Andersens Boulevard 33
1780 København V
Tlf. 33 19 34 00 - Fax 33 19 35 00
chashude@chashude.com
www.chashude.dk



LBKPATENT ApS
Ole Maaløes Vej 3
2200 København N
Tlf. 30 50 38 78
lbk@lbkpatent.dk
www.lbkpatent.dk

Software

A

Arbejdspladsbrugs- anvisninger og etiketter



CHYMEIA ApS
Universitetsparken 7
4000 Roskilde
Tlf. 72 40 16 22
info@chymeia.dk
www.chymeia.dk
APB/SDS software med beregning af
CLP klassificeringer

Find også dansk kemi her:

www.danskkemi-online.dk

www.facebook.com/UNG.KEMI

Eksempel på optagelse i leverandørregistret:

Fagbladsforlag (produktoverskrift) - kr. 238

 (fimalogo) - kr. 225

TechMedia A/S
Naverland 35
2600 Glostrup
Tlf. 43 24 26 28 - Fax 43 24 26 26
info@techmedia.dk
www.techmedia.dk

Nordens største fagbladsforlag (ekstra linie) - kr. 61

Samlet pris for ovenstående optagelse er kr. 524

Alle priser er pr. stk. pr. udgave ekskl. moms

NEW! Affinity ITC



What others have attempted, TA has perfected

The Affinity ITC is a fully automated, highly sensitive, titration calorimeter for characterizing a wide variety of molecular interactions.

Features:

- **NEW** 96-well temperature-controlled liquid handling with *Intelligent Hardware Positioning* for walk-away automation and precise, reliable injections.
- **NEW** Flex Spin™ for the widest range of stirring speeds. Slow speed mixing (up to 10X lower than competitive units) for high sensitivity and to protect delicate structures.
- **NEW** AccuShot™ introduces samples at the right location for efficient mixing.
- **NEW** fully automated and user-selectable system cleaning routines eliminates run-to-run contamination.
- **NEW** Nano-Analyze software with batch processing for automated data analysis.
- The only automated ITC system with 190µl or 1 ml sample cells.