

Analyse – syntese – matematisering

Ordene står på bagsiden af Bjerrum-medaljen som Jesper Bendix modtog i juni for sin indsats inden for koordinationskemi og multipel-bundne ligander, og ordene er meget betegnende for den måde han arbejder på. Et arbejde der indtil videre omfatter oxido-, nitrido- og carbidoligander

Af Katrine Meyn, km@techmedia.dk

Jesper Bendix

1993:	Cand.scient. i kemi, Københavns Universitet
1993-1994:	½ års undervisning på Institut for Kemi, Københavns Universitet
1997:	½ år på Max-Planck Institut für Strahlenchemie, Mülheim, Tyskland
1998:	Ph.d. i kemi, Københavns Universitet
1998-1999:	Post.doc., Max-Planck Institut für Strahlenchemie
1999-2000:	Post.doc., California Inst. of Technology, Pasadena, USA
2000:	Post.doc., University of Bern, Schweiz
2000-2004:	Forskningslektor ved Institut for Kemi, Københavns Universitet
2004:	Professor (med særlige opgaver), Kemisk afd., Københavns Universitet
2006:	Modtager Ellen og Niels Bjerrums Kemikerpris



Jesper Bendix' interesse for kemi har altid været der. Som barn fik han et lille kemiset af sin far, og han fandt ud af, hvor fascinerende det er, at man rimelig let og med meget lille kemisk forhåndsviden kan skabe farver, lys, forbrændinger og eksplosioner. Faren fortrød i øvrigt sin investering op til flere gange.

- I min gymnasietid var forsøgene i hjemmelaboratoriet blevet mere systematiske, jeg havde bl.a. investeret i en vægt, så jeg kunne lave kvantitative målinger, siger han.

Men kemien var trængt af andre interesser, bl.a. fysik og datalogi. I 1984 deltog han i Kemiolympiaden i Frankfurt. En spændende tur, der bl.a. viste ham, hvor massivt andre lande satte på kemi, og den fik en god afslutning med en sølvmedalje.

En brugervenlig model

- Efter en kort flirt med kemi-datalogi-studiet på KU skiftede jeg til den rene kemilinje.

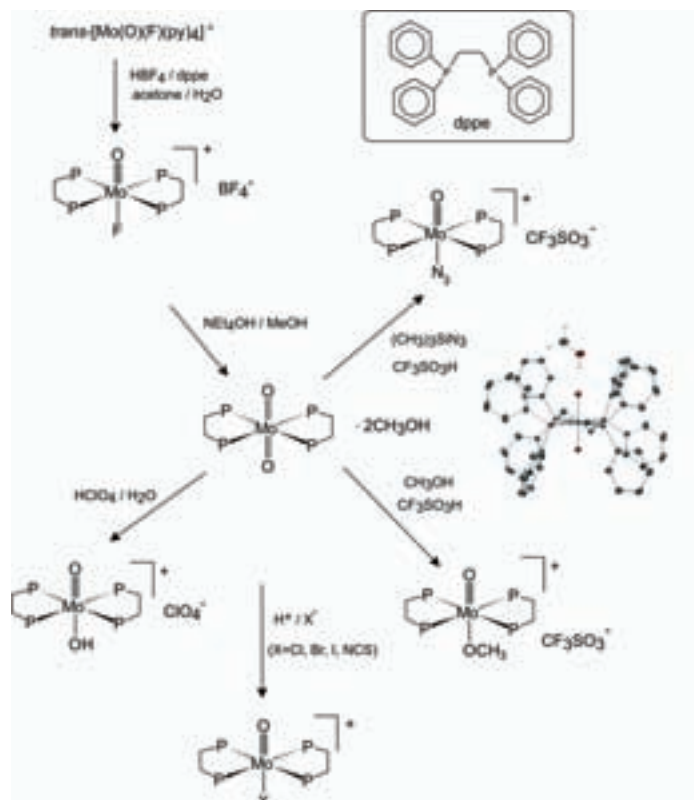
- Jeg lavede bachelorprojekt i metalorganisk kemi, noget der ellers ikke er den store tradition for på Københavns Universitet. København er derimod et »stort« sted i klassisk uorganisk-kemisk sammenhæng, med traditioner der udspringer af S.M. Jørgensens koordinationskemiske arbejder omkring 1900.

Den primære grund til at jeg blev uorganiker var professor Claus Schäffer. Han formåede at undervise en meget inhomogen forsamling, så alle følte, de fik noget ud af det. Det var imponerende, og han var et oplagt valg som specialevejleder. Schäffer

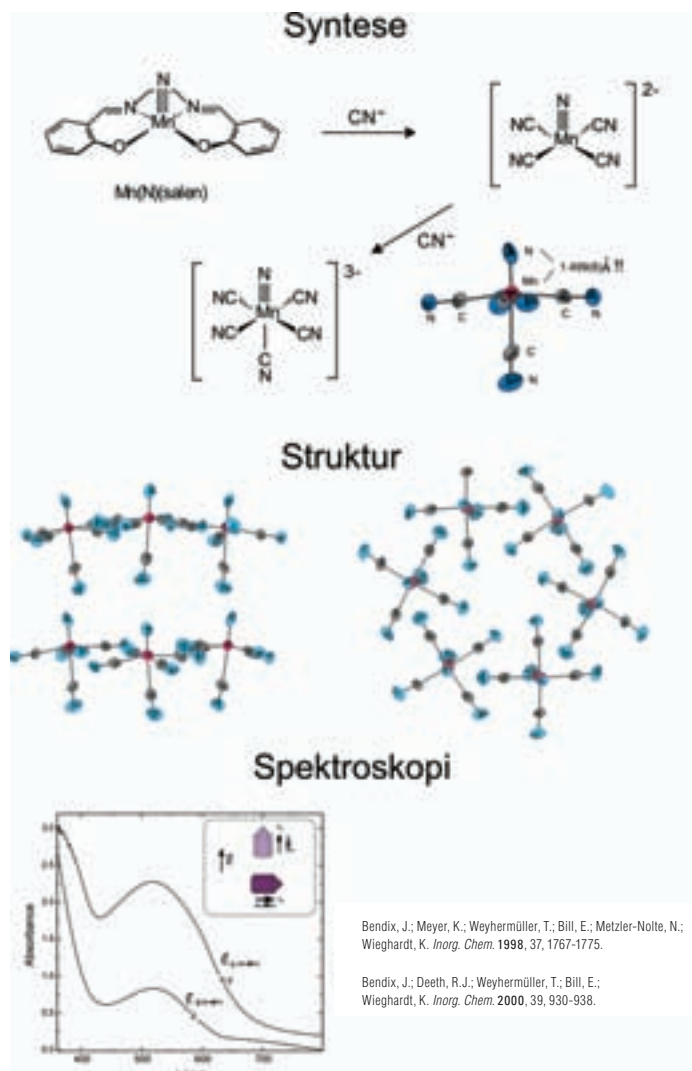
havde været med til at udvikle ligand-felt-teorien, der beskriver liganders elektroniske egenskaber og elektronenerginiveauer i metalforbindelser.

- Binde et vandmolekyle til en metalion, vil man antage, at der sker en frastødning mellem elektronerne på liganden og på metallet, bindes der i stedet en hydroxidion til metalionen, vil man antage, at effekten er større, men det er ikke tilfældet - effekten bliver mindre, og det forklares i hans modeller. En af modellerne bruges til biosystemer. Den kan håndtere en vilkårlig geometri med en vilkårlig orientering af ligander (ikke kun regulære geometrier), og den er simpel, fordi den kun behandler orbitalerne på metallet.

- En stor del af mit projekt bestod i at udvikle et program, der gjorde modellen mere brugervenlig. Men traditionen på det uorganiske laboratorium var, at det er vigtigt både at kunne syntetisere og måle og kunne modellere og fortolke resultaterne, fortæller Jesper Bendix.



Figur 1. En generel indgang til oxo-molybden(IV) komplekser.



Figur 2. De simpleste kendte nitrido-mangan(V)-forbindelser – syntesen, den heldige struktur med ensrettede Mn-N-enheder og enkeltkrystal polariseret absorptionspektroskopi.

- Jeg fortalte Karl Wiegardt, at jeg havde lavet et program, der kunne udregne elektronstrukturer osv., og at jeg gerne ville lave beregningerne på nitridkomplekserne. Hans nedslående svar var:

»Der er mange mennesker, der gerne vil lave beregninger, gå du ud og syntetiser et eller andet«, og så var den samtale ellers slut.

- Jeg måtte nu finde noget at syntetisere, og jeg fik den ide at ødelægge forbindelserne, fortæller han.

- Når nitridkomplekserne blev behandlet med cyanid, substitueredes alle ligander på nær nitridoliganden. Cyanidoligander ►

Et lykketræf: Oxoforbindelser af molybden

Claus Schäffer gav Jesper Bendix to praktiske projekter at vælge mellem, og han valgte naturligvis det, der sandsynligvis ikke ville virke. Projektet kiksede, men han valgte alligevel at arbejde videre med det utilsigtede produkt, *trans*-[Mo(O)(F)(Py)₄]⁺. Det viste sig, at han ved et tilfælde havde fået indført en oxido-ligand, der dominerede metallens elektroniske egenskaber og reaktivitet. Forbindelsen var umagnetisk, til trods for at den havde to d-elektroner - som altså ganske usædvanligt var parrede.. Forbindelserne viste sig at være et fremragende udgangsmateriale til at lave oxoforbindelser af molybden, faktisk det bedste overhovedet.

Jesper Bendix fremstillede nu en vifte af nye molybden-oxoforbindelser. Efter at have afleveret sit speciale i 1993 underviste han ½ år. Derefter fik han et af universitetets ph.d.-stipendier og fortsatte sit arbejde med oxokemien. Sammen med en specialstuderende blev arbejdet udstrakt til wolfram og rhenium.

Spektroskopisk undersøgelse af metalnitrider

I 1997 var han så heldig at komme ½ år til det daværende Max-Planck Institut für Strahlenchemie. Målet var at komme til at arbejde med nitridkomplekser (med liganden N³⁻). På en konference havde han mødt en af Karl Wiegardts studerende (Karl Wiegardt er en af de største uorganiske kemikere i Europa), der havde fremtillet nitridkomplekser ud fra 1. overgangperiode. I modsætning til alle andre ligander kendes nitridet primært med metaller fra 2. og 3. overgangperiode.

Renere end rent vand

I over et halvt århundrede har SILHORKO leveret komplette løsninger til forædling af vand. Drikkevand af selv den bedste kvalitet er ikke godt nok til industriel anvendelse. Alt afhængig af anvendelsestype, så skal salte, organisk stof, partikler og mikroorganismer fjernes fra vandet. SILHORKO har kompetencen og er med fra første projektering til den nøglefærdige løsning.

Hovedkontor og fabrik:
SILHORKO-EUROWATER A/S
 Stilling, DK-8660 Skanderborg
 Telefon: +45 87 93 83 00
 info@silhorko.dk
 www.silhorko.dk

Sjællandsafdeling:
SILHORKO-EUROWATER A/S
 DK-3400 Hillerød
 Telefon: +45 48 20 10 00

SILHORKO
REN VANDBEHANDLING

absorberer ikke synligt lys, hvorfor metalnitridenheden kan undersøges direkte spektroskopisk.

- Wieghardt blev naturligvis ganske tilfreds, da vi i løbet af et halvt år havde publiceret tre store artikler, siger Jesper Bendix.

Travle post.doc.-år

I 1998-99 arbejder Jesper Bendix videre som post.doc. i Tyskland. Derefter vælger han at tage til California Inst. of Technology i Pasadena. Der arbejder et af koryfæerne i uorganisk kemi, Harry B. Gray.

- Jeg mødte ham på en konference i uorganisk kemi, og han er virkelig skarp. På Caltec blev jeg indfanget af en hyperaktiv israeler, der havde lavet en ny metode til fremstilling af corroler – en slags indsnævrede porphyriner, som er særligt gode til at stabilisere metaller i høje oxidationstrin. Metoden viste sig at være suveræn i forhold til de hidtil kendte og resulterede i en række arbejder bl.a. omhandlende katalytiske oxidationer.

- Samtidig fortsatte jeg mit projekt med nitridokemi. På en Gordon research-konference mødte jeg magneto-kemiker Joel Miller. Han havde alle dage interesseret sig for cyanokomplekser, og han ville gerne lave magnetiske materialer baseret på cyanokomplekser, og han spurgte, om jeg ville komme forbi University of Utah i Salt Lake City og deltage i arbejdet. Vi fik lavet nogle magnetiske forbindelser, men desværre ikke nogen, der satte rekorder. Derefter var jeg en måneds tid på Technion i Haifa, Israel, for at færdiggøre arbejderne med corroler, fortæller han.

- Endelig tilbragte jeg et år i Bern med teoretisk arbejde, primært omkring analytiske løsninger for de såkaldte Jahn-Teller-koblede systemer. Det var o.k., men jeg blev overbevist om, at jeg aldrig vil være ren teoretiker. Kombinationen er så afgjort det bedste. Også derfor er jeg rigtig glad for at have fået Bjerrum-medaljen. Bjerrums kongsord om kemi: – analyse – syntese – matematisering er i den grad mig.

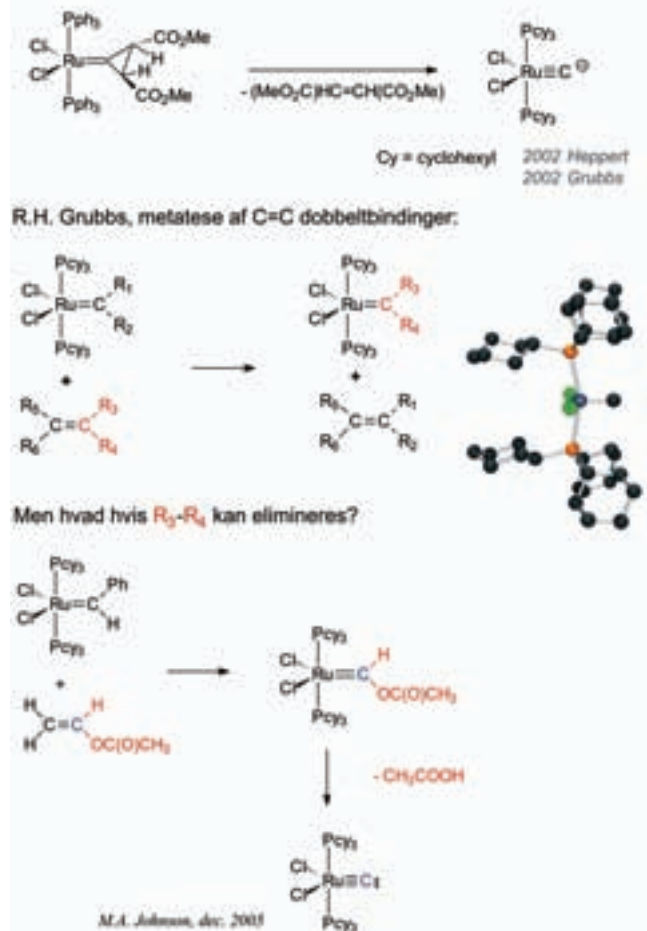
På jagt efter carbider

I 2000 fik Jesper Bendix et Steno-stipendium og tog til Københavns Universitet. Da Steno-stipendiet var slut, blev der slået et professorat med særlige opgaver op.

- Jeg valgte at søge og har nu været ansat i to år. Mine arbejdsopgaver er at undervise og forske i koordinationskemi, og jeg har undervist i 6 af de 7 blokke, der er kørt siden. Og så har jeg naturligvis arbejdet med at rekruttere studerende – det gælder jo om at få gaffet de bedste, siger han med et lunt smil og fortsætter:

- Vi er lige begyndt at lave noget meget sjov kemi. Jeg begyndte med oxosystemer (O^{2-}) og senere nitridanaloger (N^{3-}), og hvad følger naturligt – carbider (C^{4-}) – for få år siden mente man slet ikke, de eksisterede. Først i 1998 blev den første carbidforbindelse syntetiseret. Siden er der kommet et par stykker mere. Alle disse forbindelser er hysterisk følsomme over for ilt og vand og meget basiske på den terminale C-ligand.

Det første eksempel på et stabilt metalkompleks af den terminale carbidoligand (C^{4-})



Figur 3. Et overraskende terminalt carbidokompleks af ruthenium.

- I 2002 kom de første resultater på en rutheniumforbindelse. Ved at bruge en Grubbs-katalysator, der kan lave metateser (Nobelprisen 2005), kan man få produktet (det der sidder tilbage på ruthenium) til at eliminere, hvorefter der sidder et nøgent kulstofatom tilbage.

- Dette ruthenium carbidokompleks er forbavsende stabilt, og vi arbejder med det netop nu. Vi har bl.a. vha. NMR vist, at at carbidoliganden kan fungere som bro mellem to metalcentre (f.eks. Ru-Pt, Ru-Rh og Ru-Ir).

- Med udgangspunkt i Zeises salt er det lykkedes os at lave den første systematiske metode til fremstilling af carbidbroer mellem metalcentre. Udgangsstoffet er en stor djævel. Vi arbejder på at fjerne de rumopfyldende Pcy_3 -grupper under bevarelse af carbidoliganden, og NMR-eksperimenter har

vist, at det er muligt. Nu skal vi så have syntetiseret og isoleret nogle simple systemer. Helst skal de krystalliseres, så vi kan få den fulde strukturinformation.

Hvis vi er heldige, lykkes det måske i denne weekend, hvis ikke måske aldrig. Det er det, der gør det så spændende, slutter han.

Teknisk oversættelse – kemi og kemiteknik
Forskrifter – Datablade – Vejledninger – Afhandlinger

Engelsk – Fransk – Italiensk – Norsk

Tetralix

Postboks 323 • 2830 Virum

Tlf.: 4583 5438 • Fax: 4583 5448 • e-mail: mail@tetralix.dk

4916 3388
CLAUS DAMM

Udstyr til:

★ steril produktion

★ bioteknologi

★ forskning

www.clausdamm.dk