

Min forskning skal kunne bruges

Matthew Johnson er fysisk kemiker af hele sit hjerte. Han benytter atmosfæren som kilde til forskningsproblemer, og han elsker at kombinere sin teoretiske viden med praktiske applikationer. Tidligt i sin karriere fandt han ud af, at det er essentielt for ham, at hans forskning kan bruges i en større sammenhæng

Af *Katrine Meyn, km@techmedia.dk*

Matthew Johnsons interesse for kemi blev vakt, da han som 11-årig besøgte sin søster på universitetet, og hun viste ham reaktionen af natrium i vand. Det imponerede ham! Snart var han selv i gang med at skabe en række eksplosioner, krudtpulvere og farver med sit lille kemisæt. Det viste sig, at det skulle blive en livslang interesse.

På universitetet i Minnesota blev han grebet af analytisk kemi.

- Kombinationen af at skulle være meget præcis og samtidig mestre en række forskellige teknikker tiltalte mig, forklarer han.

Det gjaldt i endnu højere grad fysisk kemi, som han fik det tredje år. Derfor valgte han at studere 2. halvdel af det tredje år på Macalester College i Skotland. Her tog han bl.a. fag som statistisk mekanik og avanceret kvantemekanik. Skotland var også stedet, hvor han mødte sin fremtidige hustru. Hun har haft stor betydning for hans valg af karriere og hans sprogkunderskaber. Matthew Johnson taler i dag både engelsk, svensk med dansk accent og dansk med svensk accent.

Der skal da være en ide?

I 1989 blev Matthew Johnson opfordret til at søge ind på Caltech. Det var ikke en mulighed, han kunne sige nej til, for som han formulerer det: »Hvis man får en chance for at gå på Caltech, så gør man det«.

Det første han studerede var dannelsen af SiH_n^+ -clustre. SiH_7^+ blev fremstillet i gasfase, og vha. en hjemmelavet TOF-MS og vibrationel predissociation spectroscopy blev der optaget infrarøde absorptions-spektre med toppe for SiH_3^+ , SiH_5^+ og SiH_7^+ . Med en infrarød laser exciteredes SiH_7^+ -ionerne, hvilket gav stoffets infrarøde absorption, og clusterets struktur blev bestemt til $\text{H}_2\cdot\text{SiH}_3^+\cdot\text{H}_2$.

- Efterfølgende kunne jeg ikke lade være med at stille spørgsmål til ideen med projektet. Hvad kunne vi bruge resultaterne til? Forbindelserne findes ikke i det interstellare rum, de bruges ikke til halvledere, og de findes ikke i atmosfæren, siger han og fortsætter:

- Derfor besluttede jeg mig til, at fremover skulle mine resultater kunne bruges til noget.

En nyttig metode

Matthew Johnson genfandt hurtigt moti-

vationen, da han indså, at teknikken kunne bruges til at studere atmosfærekemi. Han havde nu en valid metode til studiet af reaktive molekyler og cluster-dannelse. Han skulle blot beslutte, hvad der skulle fokuseres på. Og han nåede at arbejde med en lang række ioner på Caltech. Deriblandt NO_2^+ : Efter påsætning af H_2O -molekyler undersøgte han, hvordan struktur- og cluster-dannelse ændrer sig, når der opbygges et H-bundet netværk rundt om den centrale NO_2^+ -ion.

» A kite can fly higher with an anker «

Det viste sig, at ved en given kritisk størrelse rearrangerer NO_2^+ sig i H_2O -clusteret: HNO_3 smides ud, og oxonium-ionen (H_3O^+) sidder tilbage i centeret omgivet af 3 vandmolekyler i en særlig stabil form.

Den metode blev også brugt til at finde ud af, hvordan stabile ►



Foto: © Mikal Schlosser.

reservoirspecier af stratosfæriske chlorforbindelser konverteres til aktivt Cl.

- Vi påhæftede ClNO_3 en proton H^+ og et H_2O , $\text{ClNO}_3 \cdot \text{H}^+ \cdot \text{H}_2\text{O}$. Det resulterede i dannelse af HCl, mens nitrat blev tilbage i det ladede cluster. Det er den mekanisme, der ligger bag O_3 -problematikken. Og det var en vigtig opdagelse, fortæller han.

Et smut til Lund

Efter fem gode år på Caltech ville hans kone gerne hjem til Sverige, og Matthew Johnson fik en midlertidig stilling på Lund Universitet.

Forskningsmæssigt fortsatte han ad atmosfæresporet. Det undrede ham (og mange andre), at når man prøvede at lave et totalbudget for Cl i atmosfæren, så manglede der noget.

- Det undrede os, at mange grundstoffer findes i atmosfæren i deres mest oxiderede form, f.eks. HNO_3 og H_2SO_4 . Men hvorfor har ingen fundet HClO_4 ?

- Perchlorsyre er meget svært at måle, da det har et meget lavt damptryk. Alligevel lykkedes det os med særligt udviklet udstyr at lave den første måling af HClO_4 i gasfase. De spektroskopiske data blev sendt til Harvard, og stor var overraskelsen, da spektrene ikke fandtes i de spektrale databaser.

Det endelige svar på spørgsmålet blev i øvrigt først fundet nogle år senere af andre forskere.

Atmosfærekemi på KU

I 1998 startede Matthew Johnson på Kemisk Institut på Københavns Universitet. Han skulle være med til at opbygge atmosfærekemi som forskningsområde, og nu da CFC-niveauet falder, er N_2O det største atmosfæreproblem. Hvor kommer det fra? Hvor meget frigives der osv.? Johnson ville prøve at løse problemet vha. budgetter for naturligt forekommende stabile isotoper.

- For at forklare isotopomerernes fotolysehastighed indgik jeg et samarbejde med Gert Due Billing. Vi videreudviklede en af hans tidligere metoder, der var baseret på wave package propagation.

- Vi lagde egne teoretiske og lab-data ind i den tredimensionelle "global atmosfærisk chemical transport"-model. Den kunne beregne isotopfraktioneringerne, der foregår i stratosfæren, og den kunne vise, hvordan NNO -isotopomerer bevæger sig tilbage til troposfæren og påvirker dens sammensætning, siger Matthew Johnson.

Med modellen forudsagde de to, at mængden af ^{15}N i atmosfærisk N_2O burde ændre sig -0.04% pr. år pga. stigende antropogen N_2O -emission.

Det resultat blev eftervist i praksis et år senere. Da viste målinger taget på Antarktis, at koncentrationen af ^{15}N i atmosfæren reelt har ændret sig -0.041% pr. år.

The faint young sun paradoxe – hvilken gasfasereaktion?

For 3 mia. år siden var solen ca. 25% mindre og svagere end i dag. Indtil for nylig var det et mysterium, hvorfor jorden ikke var helt tilfrosset, for ifølge drivhusteorien skulle der have været mere koldt, end der var.

Når man måler svovlindholdet i klipper fra jordens forskellige tidsaldre, kan man plote ikke-lineariteten af $\Delta^{33}\text{S}$ som funktion af tiden. Det viser sig, at der er overraskende store udsving i de ældste klipper fra jordens begyndelse. Da jorden var 2,3 mia. år gammel stopper udsvingene. Siden har $\Delta^{33}\text{S}$ været nul. Hvorfor det?

- Der er ikke nogen proces i jordens indre, der kan forklare den fordeling af isotoper, vi så. Der måtte være sket noget i atmosfæren. Spørgsmålet var hvad? Ved at måle SO_2 -isotopomerernes UV-absorptionsspektre kunne vi sige, at den isotopiske ikke-linearitet, der er i bjergarterne, stammer fra fotolyse i et begrænset bølgelængdeinterval. Der var gas i atmosfæren

dengang, der fungerede ved at beskytte atmosfæren mod solens UV-stråling, som O_3 gør i dag.

- Vi studerede en database med 490 gasser og kunne konstatere, at det måtte være OCS, der dækkede for bølgelængderne i atmosfæren, siger han og fortsætter:

- Vi beviste, at der dengang var mellem 5-10 ppm OCS i atmosfæren. Det svarer til 60 W/m^2 , dvs. $1/6$ af solens kraft. Vulkansk aktivitet bidrog med SO_2 , og da atmosfæren var svagt reducerende, må der have været CO . SO_2 i en CO -atmosfære producerer OCS. Dermed kunne vi konkludere, at i jordens urtid fungerede OCS som en kraftig drivhusgas, kraftig nok at løse det Svage Sols Paradoxs¹. Og da der begyndte at blive fri ilt i atmosfæren (da jorden var 2,3 mia. år gammel), blev SO_2 ikke længere nedbrudt til OCS. I stedet blev det nedbrudt til sulfat-aerosoler, og effekten forsvandt.

Praktiske udfordringer er vigtige

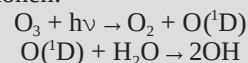
Matthew Johnson har haft mange praktiske udfordringer i sin karriere. Udfordringer han typisk selv har løst – gerne på en ny måde.

- På Caltech byggede vi alting selv. Vi lærte mekanisk og elektronisk design, vi lavede instrumenterne selv, vi borede og fik hands-on-erfaring.

- I Lund byggede vi selv en stor multipass infrarød celle med temperaturstyring fra 350 til 80 K. Udfordringen var, at den indeholdt et 3 m langt kammer lavet af rustfrit stål, der ikke var særlig stabilt.

Instrumentet var delt i 4 lag. Den indre celle var omgivet af et lag He, der igen var omgivet af et lag med flydende N_2 , der var omgivet af et lag isoleret med vakuum (yderste lag). De 3 m med rustfrit stål, der blev fyldt med flydende N_2 skrumpede 5 mm og gjorde det næsten umuligt at bruge multipass-optikkerne. Han bestemte sig for, at det problem skulle løses i den nye fotokemiske reaktor, der var bygget i København. Han valgte at bygge cellen i kvartsglas. Det har en meget lav varmeudvekselskoefficient, en høj mekanisk stabilitet og er transparent over for UV-lys.

- I næsten alle andre systemer i verden bruges der pyrex-glas, der absorberer lys med en bølgelængde kortere end 300 nm, hvor kvartsglas er transparent helt ned til 200 nm. Det betyder, at ved at bruge kvartsglas rammer man O_3 -absorptionen direkte, og så forløber reaktionen:



Og dermed kan vi studere en række reaktioner andre ikke kan.

Forståelsen er vigtig

Formidling er en mærkesag. Og Matthew Johnson går op i arbejdet med at opsummere komplekse informationer i få og præcise sætninger, der giver mening og er til at forstå. Og han interesserer sig for at gøre det godt.

- Når jeg holder forelæsning, går jeg meget op i den feedback, jeg får på min undervisning. Han giver som eksempel en kommentar fra gårdsdagens undervisning:

»Det var vældigt spændende i dag. Det meste af det var til at forstå«. Han ler og siger:

- Den kommentar er jeg glad for, så er jeg næsten lykkedes.

Lige nu har han 7 specialestuderende, 4 ph.d.-studerende og 1 bachelorstuderende, og han bruger meget tid på vejlederrollen.

For ham er det et vigtigt mål, at de studerende klarer sig godt.

- Når de er i stand til at diskutere det faglige på et højt niveau, så har jeg gjort det godt, slutter han.

Fodnote:

¹⁾Paradokset blev fremsat af de to berømte astronomer Carl Sagan og George Mullen i 1972.