



Material & Vakuum

För medlemmar i Svenska Vakuumsällskapet

M A R S 2 0 1 4

Science Link

Sidan fyra

EuXFEL

Sidan tio

Vakuumpkongressen 2019

Sidan fjorton

Vakuumsystem – beräkning

Sidan sjutton

Workshop

Sidan tjugo

PROXITRON

Mät & Test

Hej!

Vi vill gärna bli din leverantör av högspänningsaggregat, genomföringar samt kablage för de mest krävande vakuumapplikationerna.

Kontakta oss redan idag!

Vi diskuterar gärna dina specifika behov, lämnar ett förslag eller bokar in en demonstration.

Rickard Elf – Försäljning

0141-20 96 53 – rickard@proxitron.se

CeramTec
CeramTec North America Corporation

Heinzinger
power supplies
supplies your world

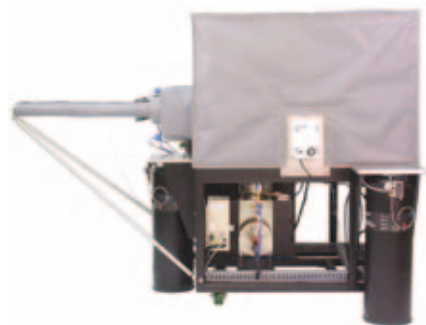
Spellman
power supplies



Proxitron AB – 0141-580 00 – info@proxitron.se – www.proxitron.se

Vi har marknadens bredaste sortiment för urbakning av UHV-system!

Värmejackor • Värmetält • Värmeband • Värmebläktar • Temperaturreglage



Våra kundanpassade värmelösningar för vakuumkammare, rörssystem, pumpar, ventiler etc. är speciellt utvecklade för att nå upp till de höga krav som ställs inom forskning och industri.

Välkommen att kontakta oss för mer information och rådgivning!

www.hemiheating.se

HEMI HEATING
SURFACE HEATING SYSTEMS



Bli medlem

Nu kan du registrera dig som medlem i SVS direkt här på nätet.
För närvarande är det *gratis* att bli medlem för enskilda personer.
Du registrerar dig under fliken *Bli Medlem* på www.vakuumsallskapet.se

SVS:s Vakuumbok

Boken "Grunderna i Tillämpad Vakuumteknik" ger en lättillgänglig beskrivning på allt viktigt man behöver kunna för att börja jobba med vakuum. Den har trots det ett djup som gör den användbar även för den mer erfarne vakuumanvändaren.

Boken kan beställas från
Ulf Helmersson, Linköpings universitet,
ulf.helmersson@liu.se, 013-28 16 85.
Boken kostar 500 kr.



Gratis workshop

**Ångströmlaboratoriet,
Uppsala 8-9 april**

From large - scale vacuum system to
vacuum metrology – Where do we stand
in vacuum science and technology?

Se annons på sista sidan
för mer information.

www.vakuumsallskapet.se

Annonsera?

Annonsera i Material & Vakuum så att ditt företag syns – vill du ha hjälp med annonsutformning kan Play Reklamproduktion ordna det åt dig. Kontakta Niklas.

Format

Helsida 190x256 mm
Halvsida 190x125,5 mm
Kvartssida 92,5x125,5 mm

Material

Tryckfärdig PDF fil utan skärmärken och utfall. ICC profil som skall användas är Fogra -39 eller liknande. Skickas till info@playreklam.se alternativt tyngre dokument och bilder med <https://play.wetransfer.com/>

Behöver du hjälp?

Kontakta Niklas Karlsson
niklas@playreklam.se – 070-345 62 65

STYRELSEN

Lars Brännholm
ORDFÖRANDE
Stockholms universitet

Fredrik Arrhen
SEKRETERARE
*SP Sveriges Tekniska
Forskningsinstitut, Borås*

Lars Johansson
Karlstad universitet

Anders Mikkelsen
Lunds universitet

Kristian Flodström
Rowaco AB

Magnus Odén
Linköpings universitet

Lars Westerberg
VICE ORDFÖRANDE
Uppsala universitet

Ulf Helmersson
KASSÖR
Linköpings universitet

Lars Hellberg
Chalmers tekniska högskola

Patrik Löfgren
Stockholms universitet

Bli medlem samt få information om sällskapet och dess verksamhet
www.vakuumsallskapet.se

Produktion
Play Reklamproduktion
www.playreklam.se

Annonsbokning
Niklas Karlsson
0141-75 44 80

Tryck
Davidsons Tryckeri
Mars 2014



SCIENCE•LINK

– nya industrianvändare till MAX

Genom det delvis EU-finansierade projektet Science Link har över 65 företag i länderna kring Östersjön fått klartecken till att börja använda sig av synkrotron- och neutronanläggningar för sin produktutveckling. En tredjedel av företagen är från Sverige och av de fyra forskningsanläggningar som ingår i projektet har det svenska MAX IV-laboratoriet vid Lunds universitet fått flest företag allokerade.



Projektets mål är att öka industrins användning av synkrotron- och neutronanläggningar med 40 nya användare, vilket man alltså har lyckats överträffa.

Förutom MAX IV-laboratoriet ingår tre forskningsanläggningar i Tyskland i projektet: HZB, HZG och DESY. Tanken är att företag på ett förhållandevis enkelt sätt ska erbjudas att utföra avancerad materialanalys på synkrotron- och neutronanläggningar som annars mest används för akademisk forskning. Därigenom får företagen möjligheten att förbättra och utveckla sina produkter, vilket på sikt stärker den ekonomiska konkurrenskraften i östersjöregionen.

Koppling mellan akademi och industri

Science Link har en budget om 3,6 miljoner euro under två år. I projektet ingår 8 länder och 19 partners, i första hand universitet och organisationer för regional utveckling. Svenska partners är MAX IV-laboratoriet och Invest In Skåne, vars uppdrag är att locka utländska företagsetableringar och investeringar till Skåne samt stimulera internationalisering av skånska företag. Invest In Skåne kan genom Science Link erbjuda företag i både Skåne och resten av Sverige en möjlighet att redan idag börja använda några av de avancerade tekniker som kommer att finnas vid de framtida ESS och MAX IV.

Idag har MAX-Lab 1-2% företag bland sina användare. Vid nya MAX IV vill man öka andelen. Även ESS ser gärna en hög andel industrianvändare. En bra balans mellan användare från akademi och industri ger flera fördelar:

- Industrin har ofta frågor och utmaningar som akademiska forskare annars inte kommer i kontakt med. Därigenom kan forskarna få nya uppslag och idéer.
- Industrin kan bidra till akademisk forskning genom att betala industridoktorander och via sponsring av experimentstationer vid forskningsanläggningar. Ett exempel på det är Toyota som har finansierat och nu driver ett strålrör vid den japanska synkrotronen SPring-8. Vid MAX-lab-anläggningen i Lund driver Saromics Biostructures AB ett laboratorium för proteinkristallisation i direkt anslutning till synkrotronen. För att få igång den typen av samarbeten behöver industrin få upp ögonen för möjligheter med avancerad materialforskning. Science Link är en väg att uppnå det.
- Universitet har som ett av sina syften att få ut forskning till allmänheten. Att erbjuda företag tillgång till avancerade forskningslaboratorier kan ses som en del av denna uppgift.

Konkret hjälp till företag

Förutom själva experimentet (stråltid) vid anläggningarna får företag som antagits via Science Link konsultation inför experimentet och hjälp med resultatanalys. Företagen har blivit hänvisade till den anläggning och den metod som har bäst förutsättningar att hjälpa till med företagets specifika

behov. Urvalet har gjorts av en kommitté bestående av representanter för de fyra anläggningarna samt experter på synkrotron- och neutronforskning vid partneruniversitet inom projektet.

Eftersom experimenten genom Science Link betalas med offentliga medel finns det krav på att resultaten publiceras. Detta kan ske genom exempelvis akademisk publikation, patentansökan eller en artikel i anläggningens årsrapport.

En annan målsättning med Science Link har varit att sprida det industriella användandet, så att även företag i de länder kring Östersjön som inte har synkrotroner och neutronkällor får del av tekniken. Därför har EU bekostat projektet med pengar från fonder för utveckling av östersjöregionen.

Olika ingångar till forskningsanläggningar

Det finns i huvudsak två sätt att få tillgång till anläggningar för synkrotronljus och neutroner. Akademiska användare ansöker om att få göra experiment. Om ansökningen godkänns så får forskarna göra experiment gratis under förutsättning att resultaten publiceras. Väntetiden från ansökan till experiment kan vara upp till ett år. Det andra sättet är att en industriell användare kan betala för stråltid och därigenom få tillgång till anläggningen relativt snabbt. Företaget äger då resultaten och kan välja om de ska publiceras eller hemlighållas.

En tredje ingång är att använda konsultföretag som

Fakta om Science Link

Antal partner: 17
Antal länder: 8
Budget: 3.6 MEUR
Projekttid: 2012–2014 (mars)

Ansökningar om stråltid per land

Sverige: 22
Polen: 14
Finland: 6
Litauen: 6
Tyskland: 5
Lettland: 5
Estland: 4
Danmark: 3
Norge: 1

Ansökningar per industri

Konstruktion & anläggning: 21
Materialvetenskap & nanoteknik: 19
Life science & bioteknik: 8
Kemi: 7
Miljö & Energi: 6
Jordbruk & livsmedelsvetenskap: 3
Hem och personhygien: 2

www.science-link.eu
www.investinskane.com
www.maxlab.lu.se
www.desy.de
www.helmholtz-berlin.de
www.hzg.de
www.europeanspallationsource.se





använder till exempel synkrotroner som ett av flera verktyg i sin verktygslåda. Flera företag med mer eller mindre utbyggda ambitioner i den riktningen finns i Lund, några av dem är Colloidal Resource, Saromics Biostructures, SP, Imaging Resource och Adroit Science.

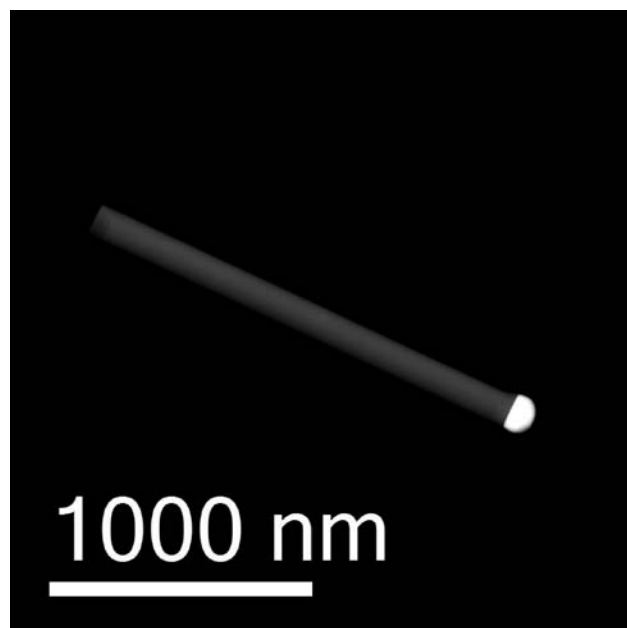
Några av de företag som tagit fasta på möjligheten

De företag som har ansökt om experiment via Science Link är forskningsintensiva. För övrigt är spannet stort, från enmansföretag till globala koncerner. Många av de svenska företagen i Science Link är avknoppningar från universitet och majoriteten är skånska företag, delvis på grund av närheten till projektets svenska partners (MAX IV-laboratoriet och Invest In Skåne).

Sol Voltaics AB

Sol Voltaics AB är ett nanoteknikföretag i Lund som utvecklar nanotrådar av GaAs för tillämpningar inom förnyelsebar energi. Nanotrådarna är viktiga i företagets produkt Solink™ som kan appliceras på konventionella solceller av kisel för att till låg kostnad öka deras effektivitet.

För Sol Voltaics är det viktigt att förstå och kontrollera nanotrådarnas ytkemi då den påverkar dess inverkan på solcellerna. Företaget ansökte därför om stråltid vid



En GaAs-nanotråd avbildad med transmissions-elektronmikroskop. Den ljusa änden består av guld.

MAX IV-laboratoriet genom Science Link och fick tillträde till SPELEEM-mikroskopet vid strålrör I311. Med mikroskopet kan man få fram kemisk information med en upplösning på mindre än 100 nm vilket gör det möjligt att undersöka enskilda nanoobjekt som till exempel Sol Voltaics nanotrådar.

Mätningarna ledde till att Sol Voltaics kunde testa och utveckla nya idéer för hur nanotrådarnas ytkemi kan modifieras för att på så sätt skapa en bättre produkt.

CR Competence AB

CR Competence AB erbjuder forsknings- och utvecklings-service för företag inom en bred samling industrisektorer inklusive läkemedel, kosmetika och verkstadsteknik. De driver sitt eget laboratorium, men hyr även in sig på utrustning på universitet och högskolor i södra Sverige. En av deras klienter gav dem i uppdrag att undersöka en metallbindande polymer avsedd för en medicinteknisk produkt. För att optimera produkten var det nödvändigt att undersöka metallens kemiska bindning till polymermatrisen. CR Competence ansökte därför genom Science Link om stråltid för röntgenabsorptionsspektroskopi (XAS) vid

MAX IV-laboratoriet. XAS är en kraftfull metod för att undersöka ämnens kemiska tillstånd som oxidationstal och bindningslängder. Mätningarna resulterade i att klienten fick ökad förståelse för materialet och insåg att de behövde ändra tillverkningsprocessen för att optimera dess funktion.

Sydvatten AB

Sydvatten AB är Skånes största leverantör av dricksvatten. Företagets forsknings- och utvecklingsavdelning arbetar aktivt med att främja och förbättra dricksvattenproduktionen för sina kunder.

Sydvattens vatten kommer till stor del från sjön Bolmen och renas innan det distribueras till konsumenterna. I reningsprocessen skapas slam som innehåller biomaterial från sjövattnet och stora mängder järnföreningar. Sydvatten var intresserade av hur järnet förenas med andra ämnen i slammet. Efter diskussioner med MAX IV-laboratoriet ansökte företaget om stråltid för röntgenabsorptionsspektroskopi genom Science Link. Mätningarna gav värdefull information om vilka metaller slammet innehåller och mer specifikt vilka järnföreningar det innehåller, information som kan visa sig vara värdefull för optimering av reningsprocessen.



Chromalytica AB

Malmöbaserade Chromalytica AB utvecklar ett diagnostik-instrument som analyserar gasformiga metaboliter - biomarkörer i patienters utandningsluft. Metoden utförs med UV-spektroskopi och bygger på identifiering av biomarkörer i utandningsluften karaktäristiska för vitt skilda sjukdomar såsom olika cancerformer, diabetes och schizofreni.

För att kunna identifiera de olika markörerna krävs att man använder ett brett våglängdsområde för UV-ljuset. Ju kortare våglängd man använder sig av desto noggrannare "gasfingeravtryck" går att bestämma. Då synkrotronljus kan produceras inom väldigt breda våglängdsområden var Chromalytica intresserade av att testa sitt instrument vid MAX IV-laboratoriet. Genom Science Link fick företaget tillträde till I3-strålröret och kunde där testa instrumentets egenskaper.

Resultaten visade att utrymme finns för att instrumentet kan modifieras för att på så sätt ytterligare förbättra diagnostiken.

Recept för att locka industrin

Antalet nya användare som inkommit via Science Link har varierat mycket mellan länderna i projektet. Med 22 ansökningar har Sverige det överlägset bästa resultatet. En framgångsfaktor kan sägas vara den organisation som parterna har skapat och jobbat efter. Det svenska teamet har bestått av en kontaktperson för svensk industri (Contact and Consultation Point) och projektets PR- och kommunikationsanvarig, båda på Invest In Skåne, samt industrikontakter vid MAX IV-laboratoriet (Industrial Liaison Officers).

Relevanta företag har identifierats, en diskussion har inletts och därefter har intresserade företag bjudits in till MAX-lab för en fördjupad diskussion med relevanta forskare. Även inför själva ansökan har alla parter varit aktiva. Efter ansökan har den anläggning som blivit utvald bestämt detaljerna kring experimenten tillsammans med företagen. Förutom det goda samarbetet kan resultaten från Sverige antas bero på några olika faktorer:

Hitta rätt företag – erbjud rätt metoder. Endast ett begränsat antal företag har behov av avancerad materialanalys. Det är viktigt att kunna identifiera dessa företag och kunna presentera experiment som de har nytta av, undersökningar som är relevanta för just dem. Avknoppningsföretag från universitet och större industri som arbetar med avancerad materialvetenskap är bra kandidater.

Kunskap och erfarenhet från både akademisk forskning och industriell forskning och utveckling är en klar fördel. Om kontaktpersonen förstår båda sidor och har grundläggande förståelse för relevanta experimentella

metoder blir träffsäkerheten och effektiviteten högre. Man måste inse att det är en säljprocess, forskningsavdelningar har begränsat med pengar och tid. De har sällan möjlighet att testa nya tekniker bara för att det är spännande. Som industrikontakt för en forskningsanläggning behöver man vara ihärdig, aktiv och lyhörd, även om det man "säljer" är gratis och till synes lättsålt.

Öppen kultur. I Sverige råder det en ganska öppen och prestigelös kultur där det är förhållandevis enkelt att få bra kontakt med både akademiker och forskningschefer vilket är en stor fördel i framför allt initialskedet. Även på forskningsanläggningar råder det en avslappnad, välkomnande och nyfiken attityd gentemot företagen och de forskningsutmaningar som de kan presentera.

Forskningsanläggningarna ESS och MAX IV väcker också viss nyfikenhet bland företagen, "Rocket Science" blir tillgängligt även för dem. Företagen är nyfikna på hur de kan använda ESS och MAX IV i sin verksamhet i framtiden och är öppna för att prova på teknikerna som kommer att finnas på de anläggningarna.

Slutsats och fortsättning

Science Link har varit framgångsrikt. Målet att öka kännedomen om anläggningarna bland företag och locka nya användare har uppnåtts. Det finns dock många lärdomar att hämta från projektet. En sådan är att för att öka andelen industrianvändare behöver forskningsanläggningar vara aktiva och engagerade i kontakten med industrin. Till exempel kan ett framtida centrum för industriell användning av ESS och MAX IV i Lund bilda en gemensam ingång till de båda anläggningarna, vilket skulle underlätta för industrin.

Forskningskonsultföretag kommer i framtiden troligen spela en stor roll i utnyttjandet av de båda anläggningarna och resurserna vid Lunds universitet. Till exempel har Lunds universitet och SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut nyligen tillsammans format LUSP som kommer att utnyttja MAX IV och annan forskningsinfrastruktur vid Lunds universitet.

För att Sverige på bästa sätt ska kunna utnyttja ESS, MAX IV och andra forskningsanläggningar är det viktigt att man skapar bra gränssnitt mot både svensk och utländsk industri. I den processen är lärdomarna från Science Link värdefulla.

*Johan Kronholm, María Fernanda Bocángel
och Andreas Lassesson, Science Link*

*Illustration Fojab Arkitekter, flygfoto Perry Nordeng
och foto magnetbild Johan Persson*

Stockholms universitets bidrag till

EUXFEL

världens kraftfullaste ljuskälla i röntgenområdet

Två stora acceleratorprojekt är under planering och under uppbyggnad utanför Lund; synkrotronljuskällan MAX IV och neutronkällan ESS. Inte långt därifrån i norra Tyskland är ytterligare ett stort europeisk acceleratorprojekt i startgroparna. Det är nu lite mer än två år kvar tills den europeiska frielektronlasern "The European X-ray Free Electron Laser" (EuXFEL) utanför Hamburg ska vara klar att tas i bruk och kommer då vara den kraftfullaste ljuskällan i världen i röntgenområdet.

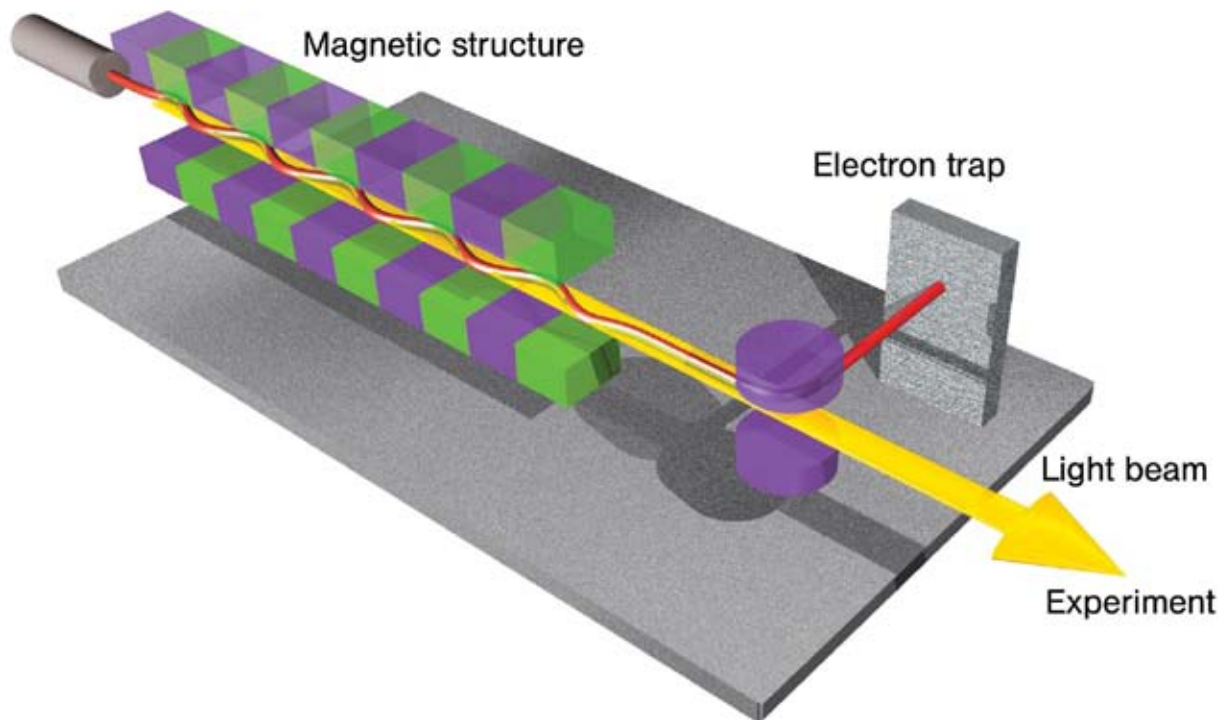
EuXFEL är ett europeiskt projekt med tolv deltagande länder och beräknas kosta ungefär 1.15 miljarder Euro som till hälften finansieras av Tyskland och Sverige bidrar med närmare två procent. Delar av medlemsländernas bidrag sker genom så kallade in-kind-bidrag, vilket betyder att

länderna levererar en produkt, system eller liknande till ett värde som de sedan får tillgodoräknat sig. Stockholm universitet var aktiv redan i förberedelsefasen för EuXFEL och jobbar nu med fem olika in-kind-bidrag.

Magnetfältet i undulatorn är anpassat

En frielektronlaser är som namnet antyder en maskin som skapar ljus med liknande egenskaper som hos en vanlig laser. Istället för att atomer eller molekyler emitterar ljus kopplat till bundna elektrontillstånd är det fria elektroner som skapar monokrom och koherent strålning (fotoner med lika våglängd där alla är i fas). För att elektronerna ska avge strålning med en specifik våglängd passerar de igenom en undulator där de påverkas av ett periodiskt

Electron source
and accelerator





magnetfält som accelererar i ett plan vinkelrätt mot strålens riktning.

När relativistiska elektroner accelereras emitterar de ljus (synkrotronljus) i en smal kon i elektronstrålens riktning. Magnetfältet i undulatorn är anpassat så att endast en specifik våglängd emitteras. I en vanlig laser använder man sig av en optisk kavitet med en spegel på var sida om lasermediet för att skapa stimulerad emission. På liknande sätt kan man använda sig av speglar i en FEL för våglängder motsvarande ultraviolett och längre. I en röntgen-FEL är det däremot inte lika lätt att använda sig av speglar och man använder sig istället av en process som kallas för SASE (Self Amplified Spontaneous Emission) för att förstärka och skapa koherent ljus.

I början av undulatorn är elektronerna i varje elektronpuls utspridda och strålar ur fas, men desto längre elektronerna fortsätter i sin bana påverkas de av synkrotronstrålningen från bakomvarande elektroner. En mikrostruktur uppkommer med samma våglängd som synkrotronstrålningen. Elektroner i denna struktur rör sig i fas och strålningen blir därmed koherent. När denna process fortgått en vis sträcka mätas denna effekt och man har en koherent fotonstråle med hög intensitet, flera storleksordningar högre än vad man kan få vid en synkrotronljusanläggning.

Elektronerna accelereras

EuXFEL beräknas vara klar 2016, men är i dagsläget endast en näst intill tom 3,4 km lång tunnel under mark i Hamburg. Den kommer inom kort att börja fyllas och kan i stora drag delas upp i tre större delar; elektronproduktion, acceleration och fotonproduktion (undulatorn). Fria elektroner skapas genom att en kort laserpuls sliter loss dem från en metall. Det kan låta trivalt, men att få extremt korta pulser med samma form och lika många elektroner i varje puls ställer höga krav på teknologi och kräver ett långt utvecklingsarbete. Elektronerna accelereras sedan i en 1,7 km lång partikelaccelerator där oscillerande mikrovågor överför sin energi till dem. Kaviteterna är supraleddande och det blir de först när de är nerkylda till $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$ eftersom de då förlorar sin elektriska resistans.

I supraleddande kaviteter kan nästan all elektrisk effekt överföras till elektronerna. Fördelen med supraleddande kaviteter är att man får en elektronstråle av hög kvalitet och hög repetitionsfrekvens (27 kHz) som kan användas till att fördela pulserna på flera undulatorer. Efter att elektronerna accelererats till 17.5 GeV passerar de igenom någon av de tre undulatorerna som skapar röntgenljuset. Den längsta undulatorn är mer än 200 m lång och producerar röntgenljus med våglängden 0.05 nm. Efter undulatorerna

böjs elektronerna bort från fotonstrålen till en stråldump och fotonerna fortsätter till experimentstationerna.

Används i många områden inom grundforskning

Fördelen med en röntgenfrielektronlaser är att den ger korta pulser med koherent ljus och med mycket högre effekt än vad både synkrotronljuskällor och konventionella lasersystem kan erbjuda. Dessutom är det relativt enkelt att ändra på våglängden jämfört med vanliga lasersystem.

Den första röntgenfrielektronlasern i världen var LCLS i Kalifornien och startade 2009, men nu när EuXFEL kör igång kommer det vara den största i världen. Den kommer kunna användas inom många områden inom grundforskning, bland annat vill man använda ljuspulserna till att bestämma struktur på biomolekyler, delar av celler och även virus. De korta ljuspulserna kan även användas till att filma kemiska reaktioner och de höga elektromagnetiska fälten i pulserna kan användas till att studera dess påverkan på atomer och molekyler.

Fysikum bygger ett system

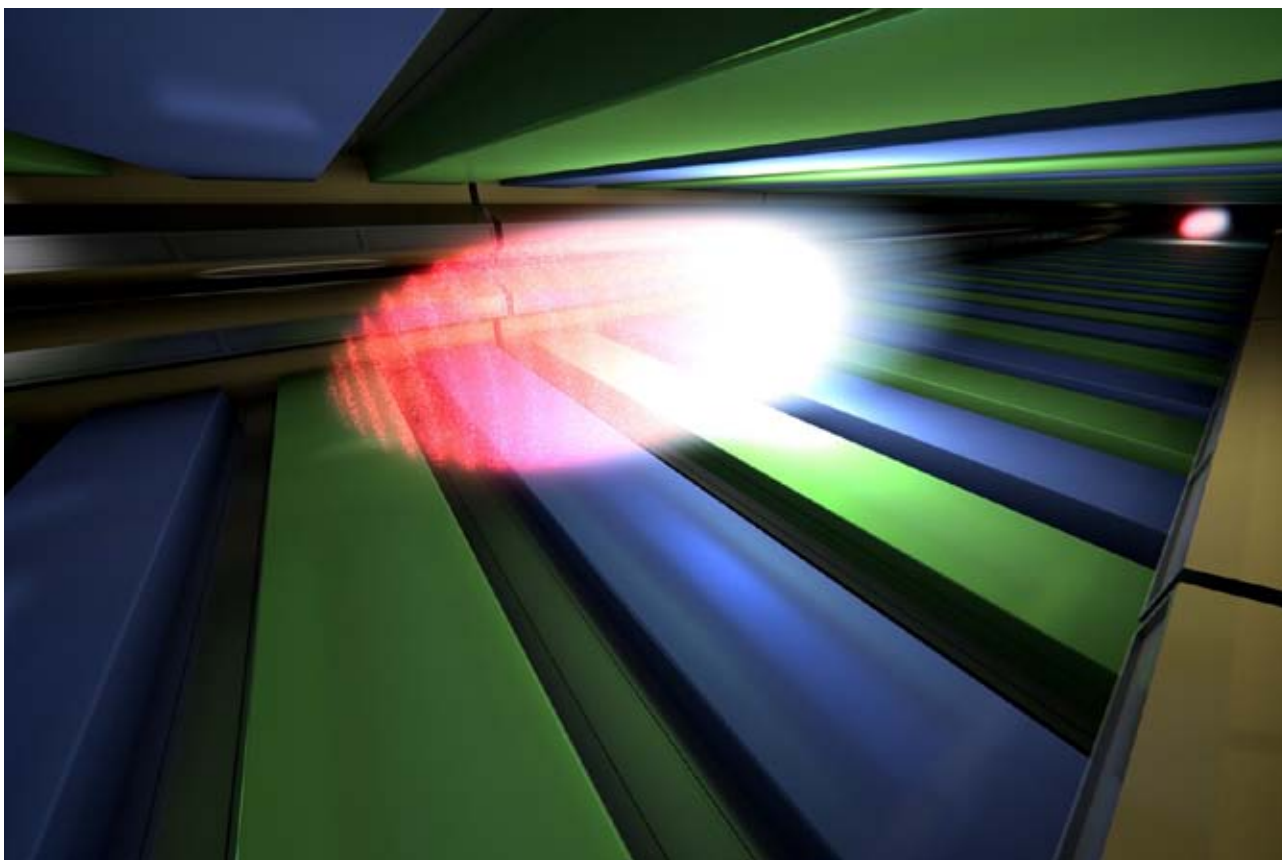
Stockholms universitet (SU) upprättade tillsammans med KTH och Uppsala universitet ett centrum för frielektron-

laserforskning 2006 för att vara aktiva partners i FEL-anläggningar runt om i världen och för att på längre sikt även arbeta för att bygga en frielektronlaser i Stockholm-Uppsalaområdet. Manne Siegbahnlaboratoriet (MSL) vid SU, som numera är nerlagt och integrerat i Fysikum vid samma universitet startade ett samarbete med EuXFEL redan i förberedelsefasen vilket idag har resulterat i tre in-kindbidrag som alla berör undulatorsektionen.

Undulatorerna är uppdelade i 5 m långa segment och mellan dessa finns bland annat fokuserande kvadrupoler för att fokusera elektronstrålen. För att SASE processen skall fungera ställs höga krav på att positionen för den magnetiska axeln för kvadrupolen är stabil och att den upplinjerats väl. Ett instrument har designats och byggts upp för att mäta kvadrupolernas fältstyrka och för att bestämma positionen på den magnetiska axel relativt kalibreringspunkter. Samtliga 126 kvadrupolmagneter som producerats i Novosibirsk i Ryssland fick passera MSL för att mätas och upplinjerats innan de skickades vidare till EuXFEL.

Ett annat bidrag är att bygga ett system för att noggrant mäta temperaturen på undulatorerna. Magnetiska fältstyrkan som skapar det periodiska magnetfältet i undulatorerna beror av temperaturen på permanentmagnetiska materialen och för att kunna upprätthålla samma magnetfält längs





hela undulatern är det viktigt att temperaturen i tunneln är stabil inom $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Att införskaffa ett klimatsystem som klara detta är väldigt dyrt, så en lösning är att istället mäta temperaturen för varje undularsegment bättre än $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ och sedan korrigera ändring i fältstyrka genom att ändra avståndet mellan magnetpolerna.

Permanentmagnetmaterialet är även känsligt för joniserande strålning som till stor del kommer av att elektronstrålen ibland förlorar ett fåtal elektroner som träffar strålröret. Fysikum ska bygga ett system som har till uppgift att övervaka stråldosen på undulatorerna, så att de inte förstörs. Förutom tre in-kindbidrag till undulatorerna är Fysikum även inblandad i ett webbaserad kontrollsystem och konstruktion av elektronikkort som har hand om timing och triggerpulser för EuXFEL.

Planer finns att bygga en FEL

FEL-centrum har även planer på att bygga en FEL i Stockholm-Uppsala regionen. Uppsala universitet har beviljats ett anslag för att testa accelerationskaviteter för ESS och har därför byggt en helt ny hall, FREIA-hallen, i vilken det finns bland annat en kryostatanläggning som ska användas till att testa de supraleddande kaviteterna. Utrymmet i hallen är inte på långa vägar tillräckligt för en röntgen-FEL, men planer finns att bygga en FEL för THz-frekvenser och att använda sig av supraleddande kaviteter för att bland annat maximera repetitionsfrekvensen.

Än så länge är detta endast förstudier för ett eventuellt planeringsbidrag, men förhoppningsvis kommer Stockholm-Uppsala regionen inom några år kunna få en ny acceleratoranläggning i form av en FEL.

*Fredrik Hellberg
Foton från European XFEL GmbH*

Sverige kommer att stå värd för den INTERNATIONELLA VAKUUM- KONGRESSEN 2019

Jag och Ulf Karlsson från KTH har under den senaste tre-årsperioden varit Councillor samt Vice-Councillor för Sverige i IUVSTAs Executive Committee. Jag har dessutom varit ordförande för Congress Planning Committee. I slutet på hösten 2012 stod det klart för mig att USA ej tänkte anmäla sitt intresse för att anordna IVC 2019. Dessa kongresser som genomförs vart tredje år har inofficiellt arrangerats i de tre kontinenterna USA, Asien och Europa på ett någorlunda jämnt distribuerat sätt.

De senaste kongresserna har arrangerats 2007 i Sverige, 2010 i Kina, 2013 i Paris och i 2016 är det Korea som är värdland. Eftersom USA nu meddelade att de inte tänkte lämna in ett bud så blev följden att det fanns realism för Sverige att skicka in en intresseanmälan. Efter kontakt med SVS styrelse så kom vi överens om att så göra och en ansökan skickades med kort varsel in vid årsskiftet med mig som Chairman. Det var lite speciellt att jag som ordförande för Planning Committee också skickade in en ansökan om att anordna en kongress.

Sammanträde i Krakow

Under våren kontaktade jag Congrex (Åsa Eklund) som varit arrangör i Stockholm 2007 samt Malmö Turistbyrå (Sara Andersson) och vi hjälptes åt att skapa ett mer komplett bud. På våren sammanträdde kommittén i Krakow och granskade de inkomna ansökningarna. Det hade då kommit in ansökningar från fyra länder: Sverige, Italien, Pakistan och Indien. Eftersom jag var både ordförande för kommittén och Chairman för ett alternativ så bad jag Sara (Malmö Turistbyrå) och Åsa (Congrex) att följa med till mötet i Krakow och presentera det svenska budet.

Alla buden bedömdes som giltiga i Krakow men det saknades olika delar av information så kommittén beslutade att be om kompletteringar. I Krakow blev jag också nominerad som kommande president för IUVSTA-organisatio-

nen (President Elect). I samband med kongressen i Paris i september 2013 så skulle beslutet tas om vem som skulle få äran att anordna 2019 års kongress, den 21:a i ordningen sedan starten i Namur 1958.

Omröstning

Läget inför kongressen i Paris var lite prekärt eftersom jag nu befann mig på flera "stolar" – dels var jag ordförande för Planning Committee som skall ge rekommendationer till IUVSTA Executive Committee, där jag är Councillor för Sverige, och till IUVSTAs högsta beslutande organ, the General Meeting, som bara hålls vart tredje år, och dels var jag nominerad som President Elect för IUVSTA för nästa treårsperiod (och därmed som President för Perioden 2016-2019), och så var jag ju också Chairman för det svenska budet för att arrangera kongressen 2019. Denna situation hade aldrig tidigare inträffat i IUVSTAs långa historia. Detta löstes dock på ett pragmatiskt sätt och Ivan Petrov från USA tog över min roll som Congress Planning Committee mötesordförande och ledde förhandlingarna och omröstningen.

På samma sätt som i Krakow hade jag också med mig Åsa och Sara från Congrex respektive Malmö Turistbyrå som presenterade det svenska förslaget. Ännu mer speciellt blev det då Indien och Pakistan hade bett mig att presentera deras bud. Allt gick till slut bra, på omröstningen i Executive Council Meeting fick Sverige 20 röster, Italien åtta, Pakistan tre och Indien en röst. Således kommer Sverige att vara värdland 2019. Och jag blev vald till President Elect och kommer 2016 att bli President. Detta är första gången som Sverige innehar Presidentskapet.

Således, vi räknar med att runt 1 800 delegater kommer till Malmö i juli 2019 för). Kongressen kommer att anordnas på Malmö Live med inplanerade besök i Lund på Max IV, ESS och Scandinavian Science Village.



De lyckliga vinnarna i Paris den 8:e september. Från vänster Mariano Anderle, (President IUVESTA 2013-2016), Sara Andersson (Malmö Kongressbyrå), Jean-Jaques Pireaux (President 2010-2013), Åsa Eklund (Congrex) samt Lars Montelius (President Elect 2013-2016).
Foto av Ivan Petrov.

Pressrelease

Nedan är ett utdrag från den pressrelease som skickade ut i samband med att beslutet hade tagits på ECM-mötet i Paris den 8 september 2013.

"MalmöLund ses inom materialforskningsvärlden som en fantastisk miljö att arrangera en stor kongress i", säger Lars Montelius. "Materialvetenskap är ett av Lunds Universitets absolut starkaste och mest prioriterade områden med omfattande forskning, undervisning och företagsutveckling. Smarta material är ett av Region Skånes profilområden och inom Öresundsregionen finns det en mycket stor kommersiell verksamhet inom materialvetenskap. En av de största händelserna inom Materialområdet 2019 är invigningen av ESS (European Spallation Source). Tillsammans med MAX IV och våra skandinaviska universitet i samklang kommer regionen att bli ett internationellt centrum för avancerad materialvetenskaplig forskning och utveckling. Området där MAX IV (invigs 2016) och ESS (invigs 2019) ligger kommer också att innehålla "Science Village Scandinavia" - en ny levande miljö med utställningsfunktioner, innovationssystem, kontor, hotell och näringar - som binder ihop anläggningarna - där flertal internationella universitet och företag kan etablera sig. Tillsammans med mötesmöjligheterna i Malmö så finns det ingen bättre miljö i Norra Europa att arrangera en stor materialkongress på."

Kunskap som omsätts

IUVSTA (International Union of Vacuum Science & Technology and Applications) är en internationell organisation som bildades 1958 och är ett förbund av 33 nationella vakuumorganisationer i vilken det svenska vakuumförbundet ingår. IUVSTA arbetar för att främja vetenskap och teknologi inom vakuumområdet. Vakuum har grundläggande betydelse för stora delar av modern industri och används inom många områden såsom pumpar, motorer, maskiner mm. Samtidigt har det en extremt stor betydelse för att nå fundamental kunskap om material och materialkombinationer. Kunskap som i sin tur omsätts i nästan alla produkter som används i vårt moderna samhälle.

Utvecklingen inom området är av stor betydelse för att kunna nå fram till ett uthålligt samhälle och för att adressera våra stora samhällsliga utmaningar. IVC kongressen som genomförs vart tredje år är den absolut viktigaste mötesplatsen inom området samtidigt som det är den enskilt viktigaste händelsen för IUVSTA. <http://iuvsta-us.org>

Malmö Convention Bureau

Malmö Convention Bureau är Malmö stads officiella organisation för konferenser, kongresser och möten. Vi ger dig kostnadsfri information och rådgivning för lyckade möten i Malmö, till exempel om lämpliga hotell- och konferenslokaler, transportlösningar, aktiviteter och förmedlar även kontakter till professionella kongressarrangörer som hjälper dig med allt det praktiska kring arrangemanget.

För mer information:

Sara Andersson, Malmö Convention Bureau
0734-32 48 98, sara.andersson15@malmo.se

Lars Montelius, Lunds Universitet
0705-22 41 47, lars.montelius@ftf.lth.se

*Lars Montelius,
Professor i nanoteknologi, Lunds Universitet
<http://www.nano.lth.se/lars.montelius>*

Lift your performance

CIRRUS 2

The mass spectrometer Cirrus 2 from MKS Instruments monitors multiple gas species at atmospheric pressure.

The system utilizes a pump that enables sampling of light gases, such as H₂ and He. For catalysis applications, it can be configured with a dedicated optical CO detector which integrates directly with the Cirrus 2.

The included software is recipe driven and enables automated operation and calibration. It is ideal for on-line monitoring and can be configured with 4-, 6- or 8-way multi steam inlets.



MAX-LT

The mass spectrometer MAX-LT for vacuum analysis from Extrel comes mounted on a UHV compatible flange. With its 9.5 mm rod diameter mass filter, the MAX-LT can monitor very low partial pressure components within a high background. This makes it ideal for plasma applications and for surface analysis e.g. TPD. It can analyse masses up to 1000 amu and can analyse positive and negative ions, radicals and neutrals.

E-VISION 2

The residual gas analyser e-Vision 2 from MKS Instruments is designed for general purpose vacuum analysis.

It works perfect for leak detection of vacuum lines and for chamber contaminant monitoring. The e-Vision 2 is equipped with twin filaments to ensure minimum downtime during critical diagnostic testing.

It has a high mass stability and signals close to noise can be reliably measured, even immediately after measuring very large signals.



Rowaco AB

Westmansgatan 49 | SE-582 16 Linköping | Sweden
Tel: +46 (0)13 13 80 10 | info@rowaco.se | www.rowaco.se



Att beräkna VAKUUMSYSTEM

Här beskrivs metoder som möjliggör beräkning av tryckfördelningar i godtyckliga vakuum system som består av rör, pumpar och element som gasar ur.

Introduktion

Här beskriver jag kort en metod som gör det möjligt att beräkna tryckfördelning i system av rör, pumpar och källor till urgasning. Dessa metoder utvecklades för beräkningen av vakuum system i partikel acceleratorer, som för en vakuum ingenjör är ett system av just dessa element. Problemet som ofta uppstår är att det finns för lite plats för pumpar, därför att någonting annat redan finns på den bästa platsen, till exempel en partikel detektor, och att pumparna ofta måste sitta långt bort från källorna till urgasning. Dessutom kan röret där partiklarna flyger ha en ganska liten diameter av olika skäl, vilket gör att systemet är konduktansbegränsat.

För att kunna balansera alla dessa olika krav och hitta de bästa lösningarna för placering och dimensionering av pumpar och andra delar av vakuum systemet har jag utvecklat metoder och skrivit olika datorprogram som hjälper i denna bedrift och som jag kort beskriver i de följande paragraferna.

Gasdynamikens Ekvation

Vi måste börja med ekvationen som beskriver tryckfördelningen i konduktansbegränsade vakuum system. Vi behandlar alltså system med mycket lågt tryck, där gasens molekyler inte träffar på varandra, utan bara växelverkar med tryckkärlen. I detta område gäller gasekvationen $PV = NkT$, där P beskriver trycket, V volymen, N är antal partiklar i kärlet, k är Boltzmann konstanten och T den absoluta temperaturen i Kelvin. Vad som är viktigt är att PV är ett mått för antal partiklar i volymen och har enheten mbar-liter.

Genom att analysera hur gasmolekyler kommer in i och lämnar en liten longitudinell del av systemet med längd dz kan man visa att tryckfördelningen $P(z, t)$ längs z -axen vid tiden t kan beskrivas genom ekvationen

$$A \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(c \frac{\partial P}{\partial z} - sP + q \right) \quad \text{I}$$

som har en ganska enkel förklaring. På vänstra sidan står

ändringen i tiden av antal partiklar $PV = PA dz$ i den liten volym $V = Adz$ där A är tvärsnittet av röret. På höger sidan beskriver första termen diffusionen längs longitudinella riktningen med diffusionskonstant $c = Cdz$ där stora C är den vanliga konduktansen i liter per sekund. I ekvationen använder vi oss alltså av per-meter storlekar. Andra termen beskriver hur gasmolekyler tas upp av pumpen med pumphastighet $s = S/dz$ och därför är negativ. Stort S är den vanliga pumphastigheten med enhet liter per sekund. Tredje termen $q = \Delta Q/dz$ beskriver hur gasmolekyler kommer in i systemet och är därför positiv. ΔQ är den vanliga gaslasten med enhet mbar liter per sekund.

Om man nu skulle ha en tabell med rörets tvärsnitt $A(z)$, konduktansen $C(z)$, pumphastighet $S(z)$ och gaslasten $\Delta Q(z)$ kan vi rakt av integrera ekvationen med lämpliga randvillkor och komma fram till tryckfördelning $P(z, t)$. Detta är gjort i programmet *vakdyn* som finns beskrivet i [1] och kan laddas ner från författarens hemsida [2]. Att kunna lösa ekvationen mycket allmänt har sitt pris i ökad komplexitet, men ofta är vi bara intresserade av jämnviktstryckfördelning $P(z)$ som inte beror på tiden t och är given genom att trycket P inte ändras sig längre, alltså $\partial P / \partial t = 0$ i ekvationen.

I jämnviktsfall kan vi alltså skriva om ekvationen och samtidigt använda oss av de vanliga konduktans och pumphastigheter. Utöver detta antar vi att c , s , och q är bitvis konstant längs röret, så att vi kan skriva

$$0 = c \frac{d^2 P}{dz^2} - sP + q \quad \text{2}$$

vilket är en vanlig differentialekvation för tryckfördelning $P(z)$ med bitvis konstanta koefficienter c , s och q .

I nästa sektion ska vi ägna oss åt att lösa ekvation 2 och härleda enkla matriser som beskriver delar av systemet, men går mycket enkelt att sammansätta till mer komplexa system.

Transfer matriser

Att lösa ekvation 2 med hjälp av matriser är inspirerat av beskrivningen av accelerators där partiklarnas rörelse genom magnetuppställningar kan beskrivas genom liknande ekvationer och där löser man det genom transfermatriser som avbildar partikelns position och vinkel mot axeln vid ingången till position och vinkel vid utgången av en magnet.

För att använda samma metod här inför vi gasflöde $Q = -cdP/dz$ istället för tryckgradienten dP/dz . Då blir tolkningen av ekvationer och deras lösningar också mycket mer intuitiv. Transfermatrisen som avbildar tryck P och gasflöde Q på sidan 1 av ett rör till den på andra sidan 2 går att skriva

$$\begin{pmatrix} P \\ Q \\ 1 \end{pmatrix}_2 = \begin{pmatrix} 1 & -1/C & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P \\ Q \\ 1 \end{pmatrix}_1 \quad \mathbf{3}$$

Och matrisen för pumpen blir

$$\begin{pmatrix} P \\ Q \\ 1 \end{pmatrix}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -S & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P \\ Q \\ 1 \end{pmatrix}_1 \quad \mathbf{4}$$

och för urgasning får vi

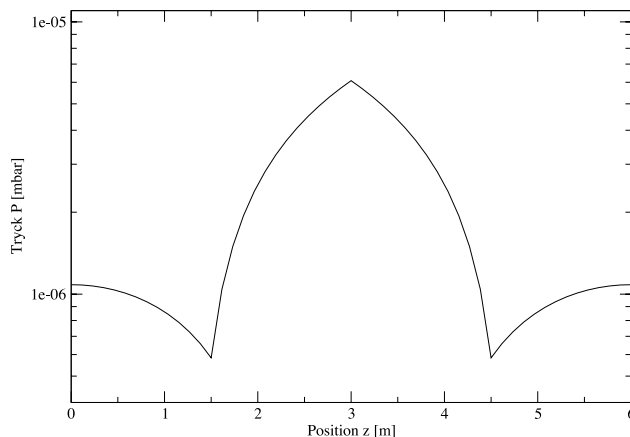
$$\begin{pmatrix} P \\ Q \\ 1 \end{pmatrix}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \Delta Q \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P \\ Q \\ 1 \end{pmatrix}_1 \quad \mathbf{5}$$

Notera att vi utökade matriserna med en tredje kolumn för att kunna ta hand om den inhomogena termen för urgasning ΔQ , med det är bara ett knep för att förenkla hanteringen. Jag angav bara matriser för enkla element, med det går att räkna fram även matriser som har konduktans, pumpar och urgasar samtidigt. Alla dessa matriser finns beskrivna i referens [3]. Jag vill påpeka att man måste separat beräkna konduktansen C och urgasning ΔQ för enstaka element. För ett runt rör kan konduktansen för kväve molekyler vid rumstemperatur beräknas från $C \approx 100D^3/l$. Här är C i liter per sekund och diametern D och längd l av röret är i centimeter.

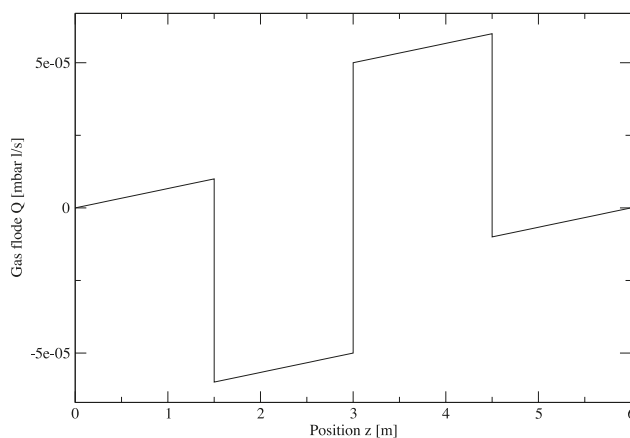
Att matrisbeskrivningen reproducerar kända resultat ses genom att beakta ett system av två rör med var sin konduktans C_1 och C_2 och beräkna matrisen för det sammansatta system, vilket beskrivs av produkten av matriserna och är

$$M(C_1)M(C_2) = \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{6}$$

Konduktansen för det sammansatta system är alltså given genom att addera dem reciproka konduktanserna, vilket är ju välkänt.



Figur 1 Trycket som funktion av positionen i vakuumsystemet för exemplet.



Figur 2 Gasflöde som funktion av positionen för exemplet.

Observera att genom matrismultiplikationen har vi en fullständig beskrivning av systemet som relaterar tryck P och gasflöde Q på en sida till den på andra änden av systemet. Det är alltså fyra variabler man måste bestämma, men vi har bara två ekvationer (första och andra räden i matris-ekvationen). Vi behöver alltså mer information och den får vi från randvillkoren. Om vi till exempel kräver att systemet har flänsar i båda ändarna, så betyder det att gasflöde Q_1 in i och Q_2 ut ur systemet måste vara noll, vilket ger två ekvationer till, som tillåter att lösa upp ekvationerna i trycken P_1 och P_2 och då ger en entydig lösning. Eftersom vi nu känner P och Q i en ände av systemet kan vi mappa P och Q från ena änden till den andra och plotta trycket och gasflöde längs vägen.

Att multiplicera matriser för hand är lite besvärligt och därför har jag skrivit programmet *Vaktrak* [3] som finns beskrivet i [3].

VAKTRAK

I programmet *Vaktrak*, som är lite ålderdomligt, eftersom det skrevs på 90-talet, beskrivs ett vakuum system med en enkel datafil, där varje rad beskriver ett element, det vill säga en pump, rör, eller urgasning. Ett exempel är här

'Exempel'					
99	0	7	0	0	'BDRY'
5	1.5	10	0	1e-5	'pipe'
2	0	0	120	0	'pump'
5	1.5	10	0	1e-5	'pipe'
4	0	0	0	1e-4	'leak'
5	1.5	10	0	1e-5	'pipe'
2	0	0	120	0	'pump'
5	1.5	10	0	1e-5	'pipe'

Första raden är en text och andra raden beskriver randvillkoren, här att gasflöde är noll på båda ändarna och ingen gas kommer in eller ut ur systemet via ändarna. Nästa rad beskriver ett rör som är 1,5 meter långt, har konduktansen 10l/s och gasar med 10^{-5} mbar l/s. I nästa rad kommer en pump med pumphastighet 120 l/s, och så kommer samma rör igen och en läcka som urgasar 10^{-4} mbar l/s. Därefter upprepas samma system med två rör och pump igen. Första kolumnen beskriver vilken typ av element som kommer efter, 5 står för rör med urgasning, 2 för pump och 4 för läcka. En komplett beskrivning av alla möjliga element och deras egenskaper finns i [3]. Programmet producerar en fil med tryck och gasflöde värden i tabellform som man kan, efter lite rensning, stoppa in i vilket ritprogram som helst och producera en bild lika den som visas i *Figur 1* och 2. Notera att gasflödet är positivt om molekyler rör sig mot höger och negativt om de rör sig till vänster. På detta sätt är det uppenbart till vilken pump molekylerna är på väg. Att ändra en parameter som pumphastighet är enkelt gjort genom att ändra värdet i inputfilen, köra *vaktrak* igen, vilket går snabbt, och rita upp värdena.

Komplexa vakuum system

Vaktrak-programmet i sig behandlar bara raka system, det vill säga de som börjar i en ände och slutar på den andra. Om man däremot har att göra med ett system, där det finns två parallella rör som är förbundna på några platser, så finns det loopar i systemet som gör det mer komplicerat med randvillkoren. Men detta kan förhållandevis enkelt lösas med hjälp av observationen, att tryckdifferenser i en loop

måste summera upp till noll och att gasflöde in i en knutpunkt måste summera upp till noll i jämnviktsläge. Detta är analogt med elektriska system med Kirchhoffs lagar, om man identifierar tryck med spänningen och elektrisk ström med gasflöde. Jag har skrivit programmet *vakloop* som tar emot en liknande inputfil som *vaktrak*, men en som har flera segment beskrivna var för sig. Sen räknar programmet fram transfermatriser för alla segment och bygger *vakloop* upp ekvationssystemet och löser det. Som resultat får man ett antal plottar med tryck och gasflöde, ett för varje segment. Men här måste jag hänvisa till hemsidan [2].

Jag vill också påpeka att det finns andra metoder än matrismetoden. En använder sig av analogien till elektriska system och översätter vakuumbeskrivningen till ett elektriskt system [4] och kör sen ett elektriskt nätverkssimulationsprogram SPICE för att få fram spännings- och därmed tryckfördelning i systemet.

Sammanfattning

I denna artikel beskrev jag metoder att beräkna tryckprofilen i allmänna vakuumsystem. Jag beskrev kort programmen *vaktrak* och *vakloop* som jag skrev (i forntiden) och som fortfarande används på flera acceleratorlaboratorier. Syftet är att beskriva vad man kan göra och i grova lag hur man gör det, men för att gå vidare måste jag hänvisa till hemsidan [2] för mer dokumentation och nerladdning av programmen.

Referenser

- [1] V. Ziemann, Vakdyn, a program to calculate time dependent pressure profiles, Vacuum, 81 (2007) 866.
- [2] <http://cern.ch/ziemann/vaktrak>
- [3] V. Ziemann, Vacuum Tracking, Proceedings of the Particle Accelerator. Conf., Washington, D.C., May 1993; SLAC-PUB-5962. <http://www.slac.stanford.edu/pubs/slacpubs/5750/slac-pub-5962.pdf>
- [4] S. Ohta, N. Yoshimura, H. Hirano, J. Vac Sci Technology A 1 (1983) 84.

Volker Ziemann
Institutionen för fysik och astronomi, Uppsala Universitet

- WORKSHOP -

Ångströmlaboratoriet, Uppsala 8-9 april 2014

Free admission to the public

From

LARGE - SCALE VACUUM SYSTEM to VACUUM METROLOGY

- Where do we stand in vacuum science and technology?

THURSDAY 8 APRIL

**Large - scale vacuum systems
in Polhemssalen**

- 13.15 Meeting opens
- 13.30 Vincent Baglin, CERN. *Operation of the LHC beam vacuum system during run 1.*
- 14.15 Peter Ladd, ESS, Lund. *ESS Vacuum system.*
- 14.45 Coffee
- 15.15 Eshraq Al Dmour or Johnny Albäck, Maxlab. *The vacuum system of MAXIV.*
- 16.00 Oleg Malyshev. *Interpretation of experimental data for modelling of Large Vacuum Systems.*
- 16.45 End of session
- 16.50 Volker Ziemann. *Introduction to work for ESS and others in the new FREIA experimental hall at Ångström laboratory, followed by a visit to the hall.*
- 17.30 Annual meeting Swedish Vacuum Society *(Only for members; in Swedish)*
- 19.00 Buffet in Ångström

FRIDAY 9 APRIL

**Large - scale vacuum systems,
Measurement, Metrology and
small - scale vacuum systems
in Häggsalen**

- 09.00 Chris Day, Karlsruhe. *ITER, DEMO and KATRIN (neutrino mass measurement) – Current status of vacuum systems development.*
- 09.45 Jed Bothell, Atlas. *Advantages of Aluminum Vacuum Systems.*
- 10.10 Coffee
- 10.25 Janez Setina, IMT, Ljubljana, Slovenia. *From gas flows through nano holes to calibrations of QMS, outgassing measurements and Water vapor metrology.*
- 11.10 Peter Christensen; *Advanced Vacuum, The latest technology in dry scroll pumps.*
- 11.30 Patrik Löfgren, DESIREE. *Double electrostatic storage ring in a single cryogenic Vacuum chamber.*
- 12.05 Pat O'Hara. *In-Vacuo Manipulation Solutions – Introduction to UHV Design Ltd.*
- 12.30 Staffan Yngve, Uppsala. *Thermal transpiration effect.*
- 12.50 Discussion and summary.
- 13.00 End of meeting

REGISTRATION:

By e-mail to lars.westerberg@physics.uu.se
State if you will participate one or both days, and if you will participate in the buffet dinner on April 8.
Pay SEK 400 crowns for the dinner to Svenska Vakuum-sällskapet, no later than 31 March 2014.
SE Banken 5319-1016856.
Bic-code: ESSESESS.
IBAN: SE3950000000053191016856.
No registration fee for the meeting.
Please contact Lars Westerberg for booking information at special price in Hotel Svava.

EXHIBITING COMPANIES:

**Advanced Vacuum,
Hemi Heating, Low2high
Vacuum, Löwener
Vacuumservice, Pfeiffer,
Rowaco and VG Scienta.**