

Brottsligt! DNA ger allt fler svar

BERÄKNINGSKEMI  
Artificiell  
intelligens  
utvecklar nya  
mediciner

# Kemisk tidsskrift

N<sup>o</sup>4  
2019



ÄNTLIGEN

Nu får batteriet Nobelpriset

PLUS: Gåtan Alfred Nobel / Ojämsställd publicering / Tyngre än bly



# Innovation på japanska

## Kvalitetslösningar för dina behov

Shimadzu är en av världens ledande tillverkare av analysinstrument. Nu har vi öppnat kontor i Kista i Stockholm.

I vårt 350 kvadratmeter kontor finns vårt demolab. Där kan ni se våra senaste analysinstrumentlösningar för bland annat kromatografi, masspektrometri, TOC, spektroskopi, miljöanalys och bioteknik. Ett lokalt team av specialister finns på plats för att ge råd och tillhandahålla den service du behöver.

Ända sedan Shimadzu grundades i Kyoto 1875 har vårt uppdrag varit att tillhandahålla innovativa och högkvalitativa lösningar. I dag används våra system i nästan all form av industriverksamhet samt inom sjukvård, miljövärd och forskning. Tillsammans med våra globala partners levererar vi våra produkter och tjänster över hela världen.

Vill du veta mer om hur vi kan hjälpa dig, eller boka tid för ett möte? Vänligen besök oss på

[www.shimadzu.se](http://www.shimadzu.se)

## Signaler

- [6](#) Testar alternativ för att rena vatten. Ojämställd publicering i kemi.
- [7](#) Per Ångquist, ny gd för Kemikalieinspektionen.
- [8](#) Gör stark tråd formbar.
- [9](#) Alla kemister under en hatt. Mäter frisättning från nervceller.
- [10](#) Äntligen! Laddat för Nobelpris.
- [12](#) Nya planer i Lysekil.

## Krönika

- [13](#) Henrik Sundén: Synteskemistens *bucket list*.

## Dna säger allt mer

- [14](#) Vi har besökt Nationellt forensiskt centrum.

## Klassning av narkotika

- [18](#) Droger ska fortsätta att klassas substans för substans.

## Artificiell intelligens

- [20](#) Beräkningskemi för att utveckla nya läkemedel.

## Tunga grundämnen

- [26](#) Forskare vill skapa grundämnena 119 och 120.

## Karriär

- [28](#) Per-Ola Norrby belönas för sina beräkningsmodeller.
- [29](#) Avhandlingen: Hon löser mysteriet i Ytterby.

## Nobelpriset 1945

- [30](#) Vilka var de två Alexander Fleming delade priset med?

## Läsvärt

- [32](#) Ny bok om Alfred Nobel.

## Utbildning

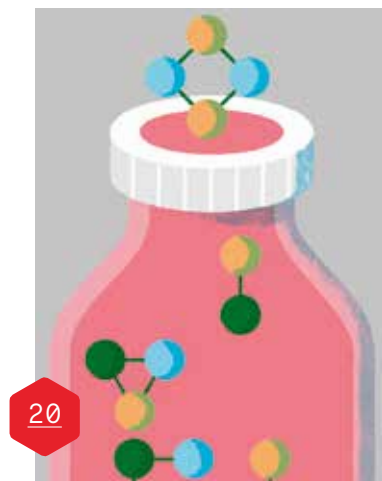
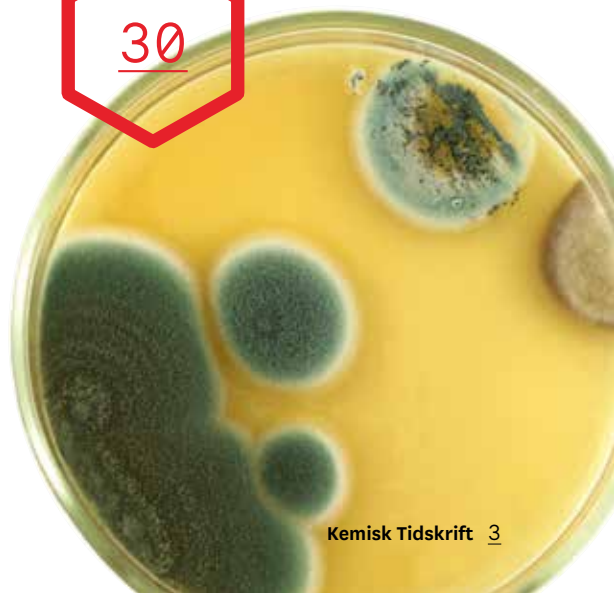
- [33](#) Teknikcollege i Perstorp.

## Till sist

- [34](#) Kontrasternas vetenskapsman: Wilhelm Ostwald.

## Medlemsidan

- [35](#) Videotävling avgjord.



# Priser och annan ära

**D**ecember är mitt i galasäsongen. Årets svenska idrottsprestationer firas – många gånger om. Författande, företagande och mycket annat har egna galor, även dessa med tydligt nationellt perspektiv. Och så firas internationell vetenskap med Nobelprisen i fysik, kemi och medicin samt Riksbankens ekonomipris till Alfred Nobels minne. En vecka med föreläsningar, diskussioner, direktsänd prisutdelning och bankettsittning med högprofilerade tv-kommentatorer, som ger unik inramning åt priserna och VIP-status åt pristagarna. Läs om årets kemipris på sidorna 10–11, och titta gärna igen i de tre föregående numren av Kemisk Tidskrift. Jag ger årets första hedersnämmande till redaktionsrådet och årets alla skribenter oavsett ämne. Vi kommer att få ta del av högklassigt innehåll även 2020.

Det delas ut fina kemipriser även till personer som främst varit verksamma i Sverige, till exempel Ulla och Stig Holmquists pris i organisk kemi, se intervjun på sidan 28, och Kemisamfundets medaljer. Kemisamfundets prisutdelningar är mindre formella, men med tillkännagivanden spridda över året och över landet finns många möjligheter att träffa pristagare och höra deras föredrag på plats. Mitt andra hedersnämmande går till vår medaljnämnd och till dem som lämnar in nomineringar. Utan er hade vi inte haft några medaljörer.

Skolornas och universitetens läsår närmar sig halvtid och det är långt till vårens festliga avslutningar. De omkring 750 som i somras antogs till någon av alla svenska kandidat-, ingenjörs- eller lärarutbildningar i kemi har snart genomfört sin första universitetstermin och några hundra närmar sig sin sista studietermin. Arbetslivet väntar, och det ser bra ut. Mitt tredje hedersnämmande går till alla kemilärare, och särskilt till dem som uppmuntrar sina elever och studenter att skriva.

**ÅR 2019 ÄR** nästan slut. Även nästa år ingår Kemisk Tidskrift i ditt medlemskap i Kemisamfundet. Tycker du att fler borde läsa den? Ge bort ett medlemskap i julklapp eller föreslå din arbetsplats att teckna en prenumeration.

Gott slut och gott nytt år!

**Helena Grennberg är ordförande i Svenska Kemisamfundet och professor i kemi vid Uppsala universitet.**



**Respons:**  
[helena.grennberg@kemi.uu.se](mailto:helena.grennberg@kemi.uu.se)

ges ut av Svenska  
Kemisamfundet med 4 nr/år

## Adress:

Kemisk Tidskrift  
Svenska Kemisamfundet  
Wallingatan 24, 3 tr  
111 24 Stockholm  
[www.kemisamfundet.se](http://www.kemisamfundet.se)

## Chefredaktör:

Siv Engelmark,  
Vetenskapsmedia,  
[siv.engelmark@vetenskapsmedia.se](mailto:siv.engelmark@vetenskapsmedia.se),  
070-560 02 14

## Ansvarig utgivare:

Agneta Sjögren,  
Svenska Kemisamfundet,  
[agneta.sjogren@kemisamfundet.se](mailto:agneta.sjogren@kemisamfundet.se),  
070-811 52 60

## Grafisk form:

Lisa Sigebrand,  
Content Innovation, [ci.se](http://ci.se)

## Språkgranskning:

Lili Guggenheimer

## Annons och prenumeration:

Agneta Sjögren, [agneta.sjogren@kemisamfundet.se](mailto:agneta.sjogren@kemisamfundet.se)  
070-811 52 60

## Produktion:

Vetenskapsmedia i Sverige AB  
Valhallavägen 117 F  
115 31 Stockholm  
[jonas@vetenskapsmedia.se](mailto:jonas@vetenskapsmedia.se)  
[www.vetenskapsmedia.se](http://www.vetenskapsmedia.se)

## Redaktionsråd:

Ordförande: Ulla Nyman, IKEM; Daniel Brandell, Uppsala universitet; Leif Jönsson, Umeå universitet; Sven Järrås, KTH; Anna Kärrman, Örebro universitet; Olle Mattsson, Uppsala universitet; Henrik Pedersen, Linköpings universitet; Oleg Pajalic, Chalmers och Perstorp; Petter Persson, Lunds universitet; Henrik Sundén, Chalmers.

## Omslagsfoto: Getty Images.

## Tryck: Pipeline Nordic.

## Upplaga: 3 000.

Kemisk Tidskrift är medlems-tidning för Svenska Kemisamfundet. Följ @kemisktidskrift på Facebook, Twitter och Instagram.

 Vetenskapsmedia

 SVENSKA KEMISAMFUNDET  
The Swedish Chemical Society

# SCS 2020

## 15–17 juni



# Linköping

Ca 400 deltagare  
Utställare  
Sponsorer  
**Linköping**  
**konsert & kongress**  
[www.scs2020.se](http://www.scs2020.se)



**EAST  
SWEDEN**



# Signaler

UV-ljus och väteperoxid testas för att se om kombinationen kan ta bort läkemedelsrester i avloppsvatten.

Inget krav  
Rening av läkemedel är inget krav i Sverige, men i Schweiz krävs det av större reningsverk.

## Alternativ för att rena vatten testas

Pilotförsök i Växjö visar lovande resultat.

**VÅRA AVLOPPSRENINGSVERK** är inte byggda för att kunna ta bort läkemedelsrester. Samtidigt vet vi att rester passerar genom reningsverken ut i sjöar och vattendrag, där de kan påverka vattenlevande djur och växter. En rad pågående projekt utvecklar teknik som kan lösa problemet.

Växjö kommun har i ett pilotförsök på ett kommunalt avloppsreningsverk undersökt om en kombination av UV-ljus och väteperoxid kan få bort resterna. Bakom försöket finns utöver kommunen också kemiföretaget Nouryon och holländska Van Remmen UV Technology.

– Vi har undersökt 27 olika läkemedelssubstanser som hittats i det renade vattnet ut från reningsverket. Resultatet indikerar att mer än 90 procent av den samlade mängden bryts ner, säger Thomas Greschik vid Nouryon.

UV-ljuset sönderdelar väteperoxid så att det bildas reaktiva hydroxylradikaler som oxiderar och bryter ned läkemedelsresterna. Några toxiska nedbrytningsprodukter har inte kunnat påvisas i labb- och pilotförsök där tekniken testats tidigare.

– Det ser väldigt bra ut. Våra preliminära resultat bekräftar försök i laboratorie- och pilotskala.

**I DAG RENAS** avloppsvatten från läkemedelsrester i full skala på två platser i Sverige. I Linköping görs reningen med hjälp av ozon, i Simrishamn med ozon och aktivt kol. I båda fallen försvinner 90–95 procent av resterna vid rimliga doser.

– Vi vill visa att UV-ljus och väteperoxid är ett alternativ till teknik som används i dag, säger Thomas Greschik.

IVL Svenska miljöinstitutet har tidigare testat tekniken i sin pilotanläggning i Stockholm, där institutet under flera år undersökt metoder för att ta bort läkemedelsrester. Christian Baresel är projektledare.

– UV har använts länge i vattenrening för desinfektion. UV i kombination med väteperoxid blir intressant i de fall där ozon och aktivt kol inte räcker till för att ta bort vissa mikroföroreningar, säger han.

Tekniken ser ut att ha fördelar men behöver utredas mer, enligt Christian Baresel. Han konstaterar också att den ännu så länge är dyrare än exempelvis ozon, samtidigt som det är svårt att jämföra metoder när det inte finns specifika krav på rening av olika substanser.

IVL:s pilotförsök presenterades i september. Rapporten från Växjö kommer i början av nästa år. ◦

## Ojämställd publicering i kemi

Sannolikheten att en vetenskaplig artikel publiceras är mindre om det finns en kvinna bakom artikeln än om där finns en man. Det visar en analys av brittiska Royal Society of Chemistry, som publicerades i november.

Organisationen har tittat på mer än 700 000 artiklar som har skickats in till någon av deras tidskrifter mellan januari 2014 och juli 2018. Nästan 36 procent av författarna var kvinnor, men bara cirka 23 procent av de artiklar som accepterades hade en kvinna som korresponderande författare. Analysen visar också att rapporter av kvinnor i genomsnitt citeras mindre.

– Resultatet är inte oväntat eftersom tidigare studier har visat liknande resultat. Vi måste bli medvetna om hur vi tänker. Vetenskapliga publiceringar är en viktig del på meritlistan när man bedömer vem som ska få finansiering. Om det är svårare för kvinnor att publicera sina resultat, blir det också svårare att få finansiering, säger Pernilla Wittung Stafshede, kemiprofessor som leder jämställdhetsutskottet vid Chalmers.

# 9

MILJARDER KRONOR

Det betalar läkemedelsbolaget Sobi för amerikanska Dova Pharmaceuticals. Bolaget har ett läkemedel mot blodsjukdomen trombocytopeni. Dova blir nu ett dotterbolag till Sobi.

# ”Jag är hundra procent stats-tjänsteman”

Hallå där Per Ångquist, tidigare miljöpartistisk statssekreterare, som sedan den 1 oktober är generaldirektör för Kemikalieinspektionen.

## Vad betyder din bakgrund för det här jobbet?

– Jag är hundra procent statstjänsteman i det här jobbet. Jag kommer att ta beslut enligt instruktioner, uppdrag och regelverk som finns, även där jag ur ett politiskt perspektiv kanske hade tyckt annorlunda.

## Vad har du för erfarenheter av området sedan tidigare?

– Jag är agronom och har jobbat med miljöpolitik i bred mening, varit statssekreterare med ansvar för kemikaliepolitik och Kemikalieinspektionen. Många på myndigheten kan kemikalier bättre än jag, men jag är duktig på statlig styrning, organisation och ledarskap.

## Vad är utmaningarna för Kemikalieinspektionen?

– Köpmönster förändras. Jag var nyligen i Göteborgs hamn där det nyss hade kommit in en båt från Kina som rymde 20 000 containrar. Flödet av varor ser ut på ett helt annat sätt än för bara några år sedan. Det innebär att utmaningarna för oss, som ska hålla reda på och skapa förutsättningar för en giftfri vardag och en giftfri miljö, är större, samtidigt som det är tuffare än nånsin att jobba på en internationell nivå.

## Vilken strategi behövs för att möta de utmaningarna?

– Det är ett antal. Vi måste skapa medvetenhet hos konsumenter om risker med att handla från leverantörer utanför EU där regelverket ser annorlunda ut. Vi jobbar med att förstärka samarbetet tillståndsmyndigheter emellan. Nästa år kommer vi att medverka i ett EU-gemensamt tillsynsprojekt

  
**Per  
Ångquist**

**Ny gd för Kemikalieinspektionen, som vill fortsätta arbetet för att nå ett globalt kemikalieavtal.**

som gäller e-handel inom kemikaliemyndigheten ECHA:s tillsynssamarbete.

## Vilka är de övriga mest aktuella frågorna för Kemikalieinspektionen just nu?

– Hur vi ska ta arbetet med det svenska initiativet att nå ett globalt kemikalieavtal vidare, att fortsätta arbeta för en giftfri vardag och för att nå miljö kvalitetsmålet giftfri miljö.

## Hur ser du på utvecklingen inom det område som Kemikalieinspektionen har ansvar för?

– För att nå målet giftfri miljö är det nödvändigt att alla samverkar – näringsliv, myndigheter, forskare, konsumenter. Det pågår en positiv utveckling där industri och näringsliv tar fram nya affärsmodeller, nya och bättre produkter.

## På vilket sätt vill du samarbeta med industrin och andra intressenter i olika frågor?

– Vi har en återkommande dialog med industrin. Vi informerar och hämtar in synpunkter, har direktkontakt med branschorganisationer, bjuder in till hearings, lite beroende på vad det handlar om.

– Siv Engelman

## Gör stark tråd formbar

Spindeltråd är både exceptionellt stark och töjbar. Trots många försök att härma naturen har det varit svårt att producera en syntetisk variant med lika goda mekaniska egenskaper som originalet. Nu tycks dock forskare i Würzburg och Mainz vara spindelns hemligheter på spåret.

De har studerat en domän (en del av ett protein) i ett spindeltrådsprotein och kunnat visa att aminosyran metionin är viktig. Enligt forskarna ger den proteinet en plasticitet som väsentligt ökar styrkan i bindningen mellan de individuella domänerna.

Metionin har låg löslighet i vatten. Aminosyror med den egenskapen finns ofta mitt i ett protein, där de stabiliserar den veckade formen av proteinet. Sidokedjan i metionin är extremt flexibel jämfört med sidokedjan hos andra naturliga aminosyror. De tyska forskarna har nu kunnat visa att de finns ett stort antal metionin i kärnan av den studerade domänen, vilket kan göra den flexibel och formbar.

Resultaten har publicerats i *Nature Communications*.

Viktig aminosyra  
Metioninets sidokedjor är markerade som färgade pinnar i bilden av proteindomänen.



Mötet SCS 2020 vill samla kemister med alla inriktningar. SCS står för Swedish Chemical Society.

# Alla kemister under en hatt

I juni nästa år strålar hundratal kemister samman i Linköping.

**REDAN NU PÅGÅR** förberedelserna för det stora mötet SCS 2020 som hålls i Linköping nästa år. SCS står för Swedish Chemical Society, som är Kemisamfundets engelska namn.

– Vi vill ge ett smakprov på forskningsfronten, i Sverige och internationellt, säger Henrik Pedersen, som är professor vid Linköpings

universitet och ordförande i organisationskommittén.

Tidigare har de olika avdelningarna inom Kemisamfundet arrangerat egna möten varje år. Det första stora mötet, gemensamt för alla inriktningar, hölls i Lund 2018.

– Vi hoppas nu på att det kommer 500–600 kemister och att vi kan bygga på det som startade i Lund – ett möte där

hela Kemisverige träffas.

Upplägget nästa år blir ett liknande som i Lund. Det blir stora plenarföreläsningar av internationella forskare, vars forskning håller så hög vetenskaplig kvalitet, att den om något år kan ge ett Nobelpris, berättar Henrik Pedersen. Dessutom blir det ett antal parallella föredrag med inbjudna föredragshållare, som väljs ut för att intressera kemister med många olika inriktningar.

– Det ska vara intressanta föredrag med vetenskaplig höjd.

De olika sektionerna i Kemisamfundet ordnar innehållet inom sina respektive områden, såväl föreläsningar som posterpresentationer från doktorander och forskare. Det blir också en utställning.

– Precis när man kommer in i lokalerna finns en stor yta där företag kommer att ställa ut. Där finns också posterutställningen och fika. Det blir en central del av konferensen, säger Henrik Pedersen.

**HANS EGET OMRÅDE** är oorganisk kemi. Han har specialiserat sig på kemin i den så kallade CVD-processen. CVD (chemical vapor deposition) är en teknik som används för att syntetisera tunna filmer, som kan användas exempelvis vid tillverkning av elektronik. Kemiavdelningen vid universitetet är väl samordnad, något Henrik Pedersen tycker gör dem lämpade att arrangera ett brett möte.

– Vi har inte särskilt täta skott mellan oorganisk och organisk kemi. Vi är bra på att överbrygga discipliner. Vi tycker också att vi har ett strategiskt bra läge i landet. Man kommer hit på två till tre timmar från de flesta universitetsstäder.

På sikt är målet att mötet ska arrangeras vartannat eller var tredje år och att alla tar sig tid att åka dit. Många nationella kemisamfund har konferenser som samlar alla deras medlemmar. ◊

## Mäter frisättning från nervceller

Glutamat är en viktig signalsubstans i hjärnan. Den samlas i vätskefyllda blåsor (så kallade vesiklar) inuti nervceller. När en nervcell vill förmedla en nervsignal till en annan cell skickar den ut signal-substanser från dessa blåsor.

Chalmersforskaren Ann-Sofie Cans och hennes kolleger har nu tagit fram en ultrasnabb biosensor som kan mäta en enstaka sådan glutamatfrisättning – en process som är snabbare än en millisekund. Med hjälp av denna har de också utvecklat en metod för att mäta antalet glutamatmolekyler i en vesikel.

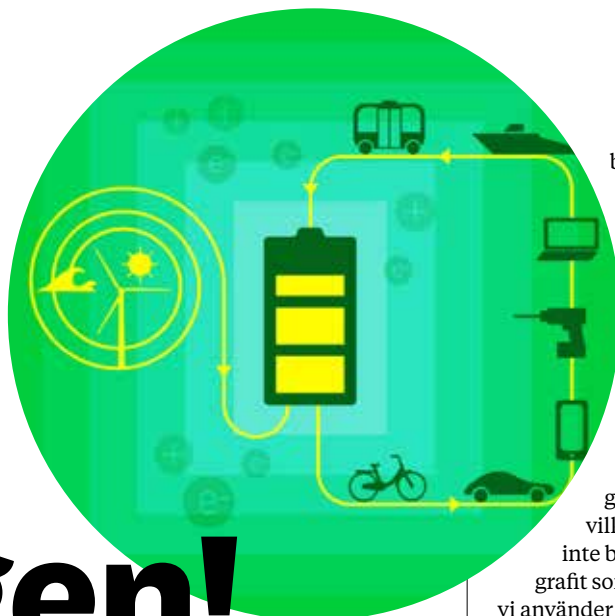
– Där finns mycket högre halter av glutamat än vi har trott tidigare. En enda isolerad vesikel innehåller cirka 8 000 glutamatmolekyler, vilket liknar koncentrationer man tidigare funnit i till exempel dopaminsystem. Detta öppnar för att kunna göra direktstudier av glutamat-systemet, hos både den friska och sjuka hjärnan där glutamat är involverat, säger hon.

Resultaten publicerades i *Journal of the American chemical society* i november.

JUL  
KALENDERJUBILEUM

För tionde året i rad har studenterna på Lunds tekniska högskola tagit fram en julkalender. Den första kom egentligen redan 2007, och handlade bara om kemi. I år döljer sig kemi bakom en fjärdedel av luckorna.

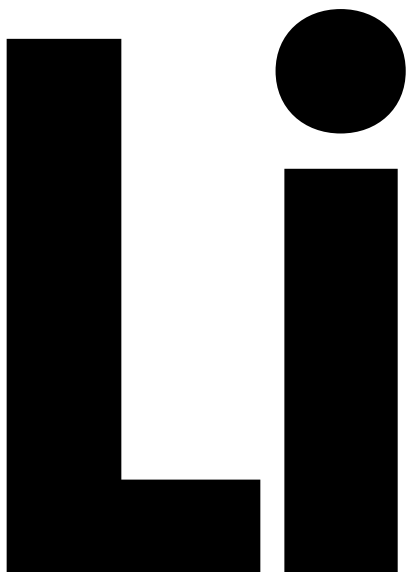
Kalendern finns på Youtube.



# Äntligen! Laddat för Nobelpris

Det råder ingen tvekan om att upptäckten som belönas har varit till nytta för mänskligheten.

LITIUMJONBATTERIET finns i allt från mobiltelefoner till bilar.



tiumjonbatterierna har revolutionerat vår vardag. De finns i mobiltelefoner och bärbara datorer, elbussar och elbilar och har även börjat spela en roll för lagring av energi från förnybara variabla energikällor som sol och vind. Det ständigt uppkopplade samhället med alla tjänster skulle inte vara möjligt utan batteriet.

2019 års Nobelpris i kemi belönar utvecklingen av litiumjonbatteriet.

– Det var på tiden med tanke på det genomslag litiumjonbatteriet har haft i samhället. Det är ett mycket bra val, säger Patrik Johansson, som är professor i fysik och

batteriforskare vid Chalmers tekniska högskola.

Frågan är dock vad Nobelkommittén har premierat – upptäckten eller den tekniska bedriften att få batteriet funktionellt.

– Nu verkar man ha valt att mestadels premiera det som gjorde det tekniskt möjligt. Jag tycker man kunde premierat mera av de grundläggande upptäckterna, vilka man kan ha missat. Man har

inte belönat vare sig upptäckten av grafit som elektrodmaterial – det som vi använder än i dag och som även kopplar till elektrolytutvecklingen – eller konceptet med interkalation i bägge elektroderna.

– Men det är svårt att kritisera ett Nobelpris – och det är kanske som det ska, vi vet inte vilka överväganden som har gjorts, säger han.

**DET ÄR TRE** forskare som nu belönas för olika bidrag till utvecklingen av litiumjonbatteriet: Akira Yoshino, John B. Goodenough och M. Stanley Whittingham.

Allt började med energikrisen på 1970-talet. Inför hotet om att oljan skulle ta slut ville den amerikanske oljejätten Exxon bredda sin verksamhet. Företaget rekryterade några av de mest framstående forskarna inom energiområdet. En av dessa var Stanley Whittingham som hade sysslat med materialforskning vid Stanforduniversitetet.

Vid Exxon upptäckte Stanley Whittingham ett sätt att öka materials ledningsförmåga. Han använde det för att utveckla ett batteri med titandisulfid som positiv elektrod. Som negativ elektrod valde han litium. Resultatet blev ett laddningsbart litiumbatteri som fungerade i rumstemperatur. Exxon beslutade att utveckla upptäckten till ett kommersiellt gångbart batteri.

Men arbetet var inte utan problem. När batterierna laddades flera gånger, bildades tunna utskott av litium från den negativa elektroden. När dessa nådde den positiva elektroden blev det kortslutning. Brandkåren fick rycka ut flera gånger.

För att göra batteriet säkrare blandades aluminium in i litiumelektroden. År 1976 kunde batteriet börja produceras i liten skala för en schweizisk klocktillverkare som skulle använda det i soldrivna ur. I början av 1980-talet tvingades dock Exxon lägga ner batteriutvecklingen. Tekniken licensierades ut till tre företag i tre olika världsdelar.

Oljekrisen hade fått också John Goodenough att intressera sig för batterier. När han blev erbjuden en tjänst som professor



i oorganisk kemi vid Oxforduniversitetet i Storbritannien, tog han chansen och gav sig in i energiforskningen.

John Goodenough kände till Whittinghams batteri, men valde att bygga den positiva elektroden (katoden) av en metalloxid i stället för en metallsulfid. Den negativa elektroden bestod fortfarande av metalliskt litium. Batteriet genererade en spänning på fyra volt, nästan dubbelt så mycket som Whittinghams batteri.

År 1980 publicerade han upptäckten av det nya energitäta katodmaterialet.

Med Goodenoughs katod som grund, skapade Akira Yoshino 1985 det första kommersiellt gångbara litiumjonbatteriet. I stället för reaktivt metalliskt litium som negativ elektrod använde han petroleumkoks, en slaggprodukt från oljeindustrin.

Han laddade petroleumkoksen med elektroner och litiumjoner drogs in (interkaleras) i materialet. När han sedan använde batteriet, strömmade både elektroner och litiumjoner mot koboltoxiden i den positiva elektroden. Resultatet: ett lätt, hållbart och laddbart batteri.

Den stora fördelen med litiumjonbatteriet är att jonerna interkaleras i elektroderna. När batteriet laddas upp eller ur, transporteras joner genom elektrolyten mellan elektroderna utan att reagera med omgivningen. Det gör att batteriet blir långlivat och kan laddas tusentals gånger innan det får för dålig prestanda.

Före årets pris har Nobelpriset fem år i rad gått till upptäckter inom bioteknik och angränsande områden. Det är något som forskare har reagerat på.

– Jag tycker att det har funnits ett problem en längre tid med vad Nobelpriset belönar för typ av kemi – det har varit för ensidigt. I år är det absolut en annan typ av kemi än på länge, men det återstår att se om det är ett trendbrott och priset kommer att avspegla hela bredden av kemiämnet, säger Patrik Johansson.



**Pristagarna är:**

**AKIRA YOSHINO**

född i Suita, Japan, 1948. Professor vid Asahi Kasei Corporation, Tokyo, Japan Meijo University, Nagoya, Japan.

**JOHN B. GOODENOUGH**

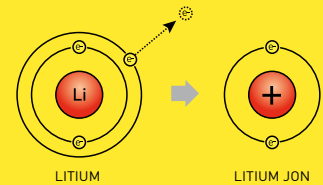
född i Jena, Tyskland, 1922. Professor vid University of Texas i Austin, USA.

**M. STANLEY WHITTINGHAM**

född i Nottingham, Storbritannien 1941. Professor vid Binghamton University, State University of New York, USA.

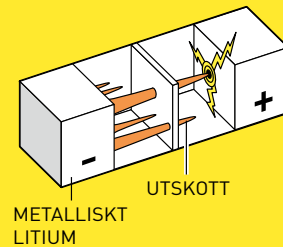
De får dela på prissumman nio miljoner kronor.

## Från litium till litiumjoner



### HITTADES PÅ UTÖ

År 1817 renade de svenska kemisterna Johan August Arfwedson och Jöns Jacob Berzelius fram ett litiumsalt ur ett mineralprov från Utö gruva i Stockholms skärgård.

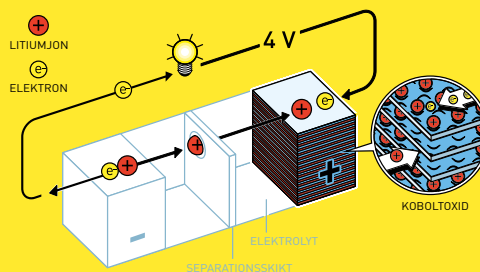
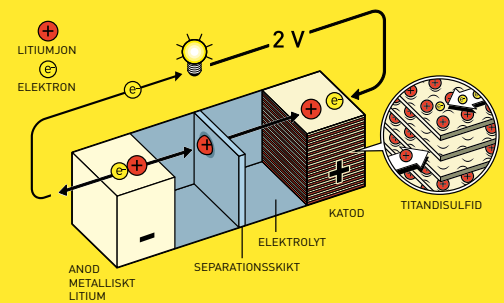


### REAKTIVT

När batterier med metalliskt litium i anoden laddas, bildas utskott av litium som kan kortsluta batteriet och orsaka en explosion.

### WHITTINGHAMS BATTERI

Litiumjoner lagras i hålrum i titandisulfiden i katoden.

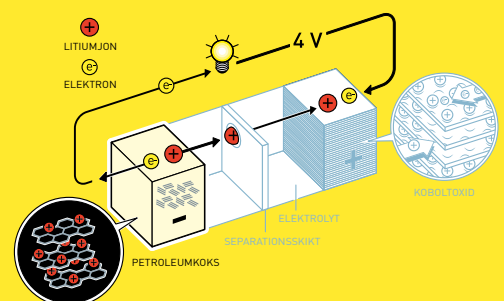


### GOOD-ENOUGHS BATTERI

Kobaltoxid i stället för titandisulfid i katoden.

### YOSHINOS BATTERI

Petroleumkoks, en slaggprodukt från oljeindustrin, används som anod.





Preem har i dag inte tillstånd att producera förnybara drivmedel i anläggningen i Lysekil.

## Nya planer för Preem i Lysekil

Bygger ut mindre för att minska ökningen av koldioxidutsläppen.

**PREEMS REVIDERADE** ombyggnadsplaner för raffinaderiet i Lysekil gör att utsläppen inte kommer att öka lika mycket som det ursprungligen var tänkt. Bland annat ska utbyggnaden nu bli mindre.

– Den *slurry hydrocracker* vi ska bygga blir 20 procent mindre. Den byggs inte heller som en helt fristående enhet, då vi har optimerat designen och återför strömmar till anläggningen. Vi har redan har, säger Malin

April 2020

Då startar försöken att fånga in koldioxid i demonstrationsanläggningen.

Hallin, som är civilingenjör i kemiteknik och chef för hållbar utveckling vid Preem.

Samtidigt ska företaget börja testa om det går att fånga in den koldioxid som bildas i processen. En demonstrationsanläggning installeras i mars. I april startar infångningsförsöken.

– Det blir inte fullskalig infångning och lagring i detta skede. För det saknas infrastruktur och regulatoriska förutsättningar. Nu kommer vi att utvärdera tekniken för att fånga in koldioxid för att se hur vi kan göra det på bästa sätt. Målet är att ha en fullskalig anläggning till 2025.

**RAFFINADERIET** i Lysekil är en av de industrier i Sverige som släpper ut mest koldioxid. Den ursprungliga utbyggnaden – som mark- och miljödomstolen i Vänersborg i fjol gav tillstånd till – skulle ha fördubblat utsläppen från 1,7 till 3,4 miljoner ton om året. Den nya lösningen – som tagits fram efter att tillståndet har överklagats och ärendet hamnat hos mark- och miljööverdomstolen – ger en ökning på en miljon ton, och utsläpp på 2,7 miljoner ton per år.

Utbyggnaden görs för att kunna uppgradera tjockolja på ett annat sätt än tidigare. Företaget ansöker också om att få producera förnybara drivmedel. För den produktionen behövs vätgas, vilket ökar utsläppen av koldioxid. Mer förnybara drivmedel minskar dock utsläppen från fordonen. Preems mål är att producera fem miljoner kubikmeter förnybara drivmedel år 2030, vilket enligt deras beräkningar skulle minska transportutsläppen med 12,5 miljoner ton per år.

– Våra klimatlöften till mark- och miljööverdomstolen är att vi genom att använda förnybara råvaror och med koldioxidinfångning ska ha netto noll utsläpp 2045, säger Malin Hallin.

Mark- och miljööverdomstolen prövar ansökan det första kvartalet nästa år. Därefter beslutar regeringen om verksamheten ska tillåtas eller inte. ◻

## Nobelpris för reglering av syretillgång

Våra celler behöver syre för att omvandla föda till energi. Ibland är dock syretillgången lägre än normalt, som när våra muskler arbetar eller vi är uppe på höga höjder. Det måste cellerna anpassa sig till.

Forskarna William G. Kaelin jr, Sir Peter J. Ratcliffe och Gregg L. Semenza har upptäckt hur celler känner av och anpassar sig till förändrade syrenivåer. De har identifierat ett molekylärt maskineri som reglerar generns aktivitet och förklarar mekanismerna bakom. För det får de årets Nobelpris i medicin eller fysiologi.

Forskarna har studerat proteinet HIF-1 $\alpha$  som bland annat kan reglera produktionen av hormonet erythropoietin (EPO), som stimulerar nybildning av röda blodkroppar. De har visat hur proteinet HIF-1 $\alpha$  skyddas från nedbrytning när syrenivån är låg.

Det är grundforskning men upptäckterna har också gett nya strategier för att bekämpa sjukdomar. Flera läkemedel som ökar halten HIF-1 $\alpha$  vid blodbrist är under utveckling.

Det pågår även kliniska prövningar med substanser som ska hämma HIF-1 $\alpha$  vid vissa former av cancer.

# 18

PILOTPROJEKT

Så många projekt har undersökts i Testa Center i Uppsala sedan starten för drygt ett år sedan. I centret finns bland annat fyra bioprocesslabbar där forskare och företag kan testa processer och produktion.

# Syntes- kemistens *bucket list*

Tio organisk kemiska reaktioner du måste göra innan du dör. De är inte så enkla att lista som man först kan tro. [HENRIK SUNDÉN](#), docent vid Chalmers, gör en bucket list för en organisk kemist.

**PÅ ETT REDAKTIONSRÅDSMÖTE** kom frågan om vilka tio reaktioner man bör ha gjort under ett liv som syntetisk organisk kemist. Lätt! Peptidsyntes, Wittig-reaktionen, Grignardreaktionen och övergångsmetallkatalyserad korskoppling, för att ta några klassiska exempel på syntetiskt användbara reaktioner. Men faktum är att många av dessa reaktioner inte är så eleganta när man tittar på dem med samtidens kritiska glasögon, eller ens roliga att göra. Låt mig ta ett exempel: Peptidsyntesen. Otroligt användbar, väldigt viktig och till och med belönad med ett Nobelpris om man räknar in Bruce Merrifields pris för peptidsyntes på fastfas 1984. Med peptidsyntes på fastfas så kan man göra upp till 70 aminosyror långa peptider med väldigt hög noggrannhet. Men för att delstegen i dessa reaktioner ska fungera på ett optimalt sätt krävs överskott av kopplingsreagens och många upprepade reningssteg. Sammanfattningsvis kan man säga att reaktionen är långt ifrån optimal



eftersom stora mängder kemiskt avfall skapas i denna process. För att till exempel göra ett kilo av en 20 aminosyror lång peptid skapas 300 ton skräp i form av reagens och lösningsmedel.

Wittigreaktionen är en annan mycket användbar reaktion där en karbonylförening görs om till en dubbelbindning. Georg

Wittig fick även han ett Nobelpris 1979, för denna reaktion. Men problemen liknar de som finns för peptidsyntesen. Ungefär lika mycket skräp bildas som den produkt som man är ute efter. Atomekonomin för dessa reaktioner är långt ifrån optimal.

**HUR ÄR DET DÅ** med en övergångsmetallkatalyserad korskoppling? Det är en reaktion där man skapar nya kol-kol-bindingar. Mycket användbar och ofta använd inom läkemedelsutveckling. Denna reaktion fick ett Nobelpris så sent som 2010. Men trots att reaktionen är katalytisk så nog bildas det en stökiometrisk biprodukt. Inom läkemedelsutveckling är möjligtvis inte en stökiometrisk biprodukt ett allvarligt problem men reaktionsestetiken kommer på skam.

En reaktion där alla atomer som finns i startmaterialen också återfinns i produkten har god atomekonomi och en tilltalade estetik. Diels-Alder-reaktionen (Nobelpris 1950) är en sådan. Här får en molekyl med en dubbelbindning reagera med en med två dubbelbindningar och vi kan skapa diverse cykliska kolväten utan biprodukter.

En annan typ av atomekonomisk reaktion är additionsreaktioner. Hit räknas en uppsjö av hydrogeneringsreaktioner, det vill säga reaktioner där man adderar väte till dubbelbindningar. Denna reaktion är industriellt viktig eftersom det är via denna som vi skapar mättade fetter, med mera. Men om man fick tillfälle att ställa sig på ett labb och göra vilken reaktion man vill – inte skulle man välja att mätta fett med väte.

**DET ÄR KANSKE DET** laborativa momentet man ska ta sig en titt på i stället. Här sticker Grignardreaktionen (Nobelpris 1912) ut som ett arketyriskt exempel på en reaktion som kräver flertalet på varandra följande laborativa moment. Steg ett, bildandet av ett Grignardreagens sker vid långsam tillsats av en aryl eller alkylhalid till magnesium. För att detta ska gå bra så får man inte slarva och ha vatten i sitt lösningsmedel. Till Grignardreagenset tillsätts sedan en elektrofil, exempelvis en karbonylförening. I det fallet skapas en ny kol-kol-binding och en alkohol. Denna typ av reaktioner kräver lite finlir och är väldigt roliga att utföra.

Det är uppenbarligen inte så lätt att göra en *bucket list*. Den blir väldigt personlig, kräver både tid och tanke och kan komma att ändras över tid.

**Henrik Sundén är docent i organisk kemi vid Chalmers och expert inom supramolekylära gelmaterial och organokatalys. Han är också medlem i redaktionsrådet för Kemisk Tidskrift.**

# Dna säger

Dna används allt oftare i brottsutredningar. I dag kan polisen matcha spår från brottsplatser mot register där det kan finnas dna från släktingar som begått brott. Samtidigt försöker forskare få ut information om en persons utseende via dna.

Text Catarina Gisby Foto John Sandlund





# allt mer





ationellt forensiskt centrum, NFC, har sitt huvudkontor i Linköping. Det är här alla dna-analyser i Sverige genomförs.

– Förra året gjorde vi mer än 56 000 analyser av spår från olika brottsplatser. Siffran ökar från år till år. Antalet ärenden per år är annars cirka 16 000. Ungefär 40 procent av dem handlar om grova brott som mord, mordförsök, sexualbrott och rån. Övriga brott är så kallade mängdbrott som inbrott och stölder, säger Christina Forsberg, som är verksamhetsexpert på NFC och har arbetat med dna-analyser sedan hon kom till myndigheten 2003.

Föregångslandet när det handlar om dna-analys är Storbritannien. Dit skickade Sverige bevismaterial före 1991, då de första dna-analyserna gjordes i Sverige. Åtta år senare skapades det första svenska dna-registret.

2006 är ett annat viktigt år i det här sammanhanget. Då fick polisen möjlighet att ta prover från skäligen misstänkta för brott som ger fängelse i straffskalan, och dessutom på frivillig grund från andra personer som kunde tänkas vara relevanta för utredningen.

I dag har polisen inte mindre än tre olika register för dna-profiler: spårregistret, utredningsregistret och dna-registret.

Christina Forsberg tar med oss till ett utbildningslaboratorium för att visa hur en dna-analys inledningsvis kan gå till. De riktiga laboratorierna kommer vi inte in i. Risken för kontaminering är för stor. Hon tar fram en tops med en blodfläck och klipper av två gånger två millimeter som hon petar ner i ett litet rör. Därefter fyller hon på med en lösning för att extrahera dna.

– Cellmembranet och cellkärnan ska slås sönder så att dna frigörs. Det krävs olika kemiska lösningar beroende på vilket material vi analyserar och vad det materialet sitter på, förklarar hon. Det krävs till exempel tuffare kemikalier för att slå sönder sperma än blod.

Utvunnet dna masskopieras med PCR-teknik. Målet är att komma åt markörer för de så kallade STR-områdena, de delar av dna där vi människor är olika. (STR står för *short tandem repeats*.)

STR-markörerna mångdubblas och förses med fluorescerande färgämnen för att kunna detekteras i den fortsatta processen. När det är klart finns miljontals kopior av STR-områden som separeras med hjälp av kapillärelektrofores. Resultatet är en dna-profil i sifferform som kan jämföras med andra dna-profiler, till exempel dem som finns i de olika registren.

I dag är det fullt möjligt att få ut en fullständig dna-profil ur en enda cell. Den framtida utmaningen ligger i att få ut mer information ur det material man har.

**NFC ÄR MED** i ett EU-forskningsprojekt som heter Visage (*Visible attributes through genomics*). Ytterligare tolv laboratorier i Europa deltar. I projektet hoppas man kunna få fram utseendemässiga karaktärsdrag via dna. De utvecklar metoder för att fastställa färgen på ögonbrynen, om håret är krulligt eller vågigt, eller om dna kommer från en person som är skallig.

Ytterligare ett mål för projektet är att ta fram teknik för att bestämma en persons ålder med hjälp av dna. Det betyder inte att man med hjälp av dna nu är på väg att kunna ta fram så kallade fantombilder.

– Dit är det mycket långt, understryker Christina Forsberg bestämt. Det finns ännu inte något vetenskapligt stöd för sådana bilder. I nuläget kan vi bestämma bio-geografiskt ursprung på kontinentnivå, det vill säga om en person kanske har afrikansk eller europeisk bakgrund, men inte på nivån Sverige-Danmark.

Det finns flera skillnader i enskilda nukleotider i dna som kan kopplas till olika geografiska ursprung. Dessutom finns ana-

lyser som visar pigmentering, det vill säga ögon-, hår- och hudfärg.

– Vi förändras ju utseendemässigt under livet, fortsätter Christina Forsberg. En människa som är blond som barn kan få en mycket mörkare hårfärg som vuxen för att därefter bli helt gråhårig. Han eller hon är dock fortfarande blond i sitt dna. Stirrar man sig då blind på att leta efter en blond, blåögd person kan man hamna helt fel.

I ett känt svenskt fall, dubbelmordet i Linköping, har polisen dock försökt att dra nytta av denna teknik. En tidig oktobermorgon 2004 knivskars en 8-årig pojke och en 56-årig kvinna till döds. Mördaren slängde ifrån sig en mössa längs med flyktvägen. På den fanns hans dna. För ett par år sedan skickades detta dna till ett laboratorium i Rotterdam, där analysen visade att gärningsmannen sannolikt är en nordeuropé med blå ögon.

Men trots att polisen har mördarens dna, och trots att det har gått att ringa in honom ytterligare sedan tiden för mordet är han fortfarande på fri fot.

**RENT TEORETISKT SKULLE** brottsutredarna kunna hitta honom via en släktforskningsdatabas. Detta är det andra stora nya i dna-analys-världen.

Det finns flera kommersiella släktforskningsföretag som erbjuder privatpersoner att analysera sin arvs massa. Tiotusentals svenskar har redan gjort sådana tester. Globalt handlar det om miljontals människor som frivilligt har lämnat ifrån sig sitt dna till databaser.

– Någon har räknat ut att det räcker med att tre procent av jordens invånare vänder sig till de här företagen – då skulle vi kunna

**”Man hoppas att kunna få fram fler utseendemässiga karaktärsdrag via dna”**

kartlägga oss allihop, inflikar Ricky Ansell, även han verksamhetsexpert på NFC.

Sedan i vintras ingår han i en grupp som tittar närmare på om det skulle kunna vara möjligt för svensk polis att utnyttja den här typen av släktforskningsdatabaser.

– Vi har inlett ett pilotprojekt där vi har några konkreta fall som vi jobbar med. Något av dem hoppas vi kunna lösa den här vägen.

Nej, han säger inte vilka fallen är.

I USA har fler än 80 sedan länge olösta fall klarats upp tack vare släktforsknings-

datasystemen. Det mest kända är det som handlar om "the Golden State Killer". På 1970- och 80-talen visade den tidens analyser att en och samma man låg bakom tretton mord, över femtio våldtäkter och flera hundra inbrott. Han greps aldrig.

År 2018 lade polisen i Kalifornien upp mannens dna i släktforskningsdatabasen Gedmatch. Via den kunde en avlägsen släkting identifieras ganska snart. Steg för steg ringades brottslingen in och i april samma år greps han – den nu 72-årige, före detta polisen Joseph James De Angelo.

Den amerikanska polisens användning av släktforskningsdatabaser i brottsbekämpande syfte har väckt diskussioner om etik och integritet, och dna-profiler får nu bara matchas mot dem i registret som gett tillstånd till det.

**HÄR HEMMA UTNYTTJAR** polisen sina egna dna-register allt bredare efter att det den 1 januari i år blev tillåtet att göra nya former av sökningar i registren. De kan nu söka efter släktingar till personer som begått grova brott och lämnat dna efter sig. En av de första sökningar som gjordes gav omedelbart resultat.

Det handlar om en våldtäkt i Billdal 1995. En åttaårig flicka, på väg hem på cykel från skolan, misshandlades och våldtogs av en vuxen man. På flickans tröja fanns tydliga dna-spår efter mannen.

Våldtäktsmannen i Billdal hittades. Det visade sig vara en nu 58-årig man med en släkting som fanns i registret. Längre höll han sig undan och vägrade låta sig topsas när polisen sökte honom, men i februari i år kunde han gripas och i maj dömdes han till sex års fängelse.

**PÅ NFC** i Linköping finns en frys där spår från äldre, olösta, allvarliga brott sparas. Vi får inte se frysen, så vi har ingen aning om huruvida det handlar om en box eller ett helt rum. Men vi kan berätta om ett brott som löstes sju år efter att det begåtts, tack vare att teknisk bevisning sparats.

Det handlar också om en våldtäkt. En taxichaufför i Stockholm våldtog en kvinna 2011. Hans sperma fanns på hennes kläder, men dna:t kunde inte kopplas till någon gärningsman. Då.

Sju år senare fick NFC en träff i dna-registret. En man misstänkt för brott i en nära relation hade topsats, och när hans dna-profil jämfördes med spårregistret stämde den med det dna som säkrats från våldtäkten 2011. Mannen, i dag i 40-årsåldern, dömdes slutligen till ett års och

åtta månaders fängelse i hovrätten. Dessutom ska han betala ut 110 000 kronor i skadestånd till kvinnan han förgrep sig på i taxin.

Christina Forsberg tar av sig den vita rocken, munskyddet och hättan som täcker huvudet.

– Dna har ett otroligt starkt bevisvärde, konstaterar hon. Men man ska inte glömma att det fungerar omvänt också. Det kan fria en oskyldig från att dömas för ett brott han eller hon aldrig har begått.

**Catarina Gisby är frilansjournalist.**



Christina Forsberg har arbetat med dna-analyser sedan 2013.



I dag räcker det med en enda cell för att kunna få en fullständig dna-profil.



## Tillhör polisen

Nationellt forensiskt centrum, NFC, är en avdelning inom Polismyndigheten. NFC bildades den 1 januari 2015 av SKL, Statens kriminaltekniska laboratorium (som fanns i Linköping) och de tekniska rotlarna i Stockholm, Göteborg och Malmö. NFC finns i dag på alla de här orterna. Huvudkontoret ligger i Linköping.

NFC har i uppdrag att genomföra forensiska undersökningar åt rättsväsendet, det vill säga polis, åklagare och domstolar.

NFC har cirka 520 anställda. Men snart kommer de att vara fler. I september i år beslutade Polismyndigheten att NFC under 2020 ska utökas till ytterligare åtta orter i landet: Borås, Halmstad, Kristianstad, Sundsvall, Umeå, Uppsala, Växjö och Örebro.

Forensiker på NFC har vanligtvis en utbildning inom kemi, biologi eller it, men det finns medarbetare med helt andra grundutbildningar.

# Långsam klassning av droger



I Sverige ska nya **DROGER** också fortsättningsvis klassificeras individuellt, enligt ett riksdagsbeslut i fjol. Följden kan bli att det tar år innan nya droger klassas som narkotika. Men frågan kan komma att utredas igen.

# N

ya droger är inte olagliga förrän de hamnar på en lista över narkotikaklassade substanser. Då ska de först ha visats ha psykoaktiva egenskaper, vilket kan ta tid att utreda. Under tiden kan drogen fortsätta säljas.

Ett alternativ är så kallad generisk klassificering. Det innebär att alla ämnen som tillhör en viss förbjuden grupp av ämnen klassas som narkotika och är på så sätt olagliga från början. Klassningen bygger då på antagandet att liknande substanser har likartade egenskaper.

Frågan om hur narkotika ska klassas är omdebatterad. År 2015 tillsatte därför den dåvarande regeringen en utredning som fick uppdraget att göra en bred översyn av problemen med att nya psykoaktiva substanser kommer ut på marknaden. Utredningen kom fram till att det inte går att avgöra om en substans kan klassas som narkotika eller hälsofarlig vara utifrån en kemisk grundstruktur.

Den måste också konstateras ha vissa egenskaper, till exempel vara euforiserande.

I den proposition som därefter lades fram och antogs av riksdagen i fjol fanns således inget förslag om generiska definitioner, utan förslag på lagändringar för att effektivisera klassificeringsprocessen. Exempelvis får polisen sedan årsskiftet anonymt köpa substanser på nätet så att de snabbare kan analyseras och eventuellt klassas som narkotika.

Dessutom ökar anslaget till Folkhälsomyndigheten, som är den myndighet som på regeringens uppdrag ska bevaka och utreda behovet av klassificering av varor som inte är läkemedel. Från och med nästa år får myndigheten 4,5 miljoner kronor extra.

– Vi kan hålla hög nivå personellt sett och ägna tid åt att få fram bättre underlag för att föreslå vilka substanser som kan klassas som narkotika. Vi har också initierat ett samarbete med Rättsmedicinalverket, som kan hjälpa till med analyser av ämnens effekt på cellnivå, säger Joakim Strandberg, som är chef för enheten för drogprevention vid Folkhälsomyndigheten.

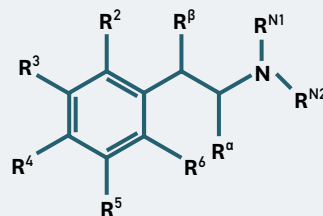
**DAGENS SYSTEM** medför att det kan ta lång tid innan nya substanser förbjuds, vilket kan få katastrofala konsekvenser. Ett exempel är fenetylaminer, som orsakade många dödsfall i Sverige innan en del av dem klassades som narkotika. Över 70 personer dog av nätdrogen cyklopropylfentanyl i Sverige innan den blev förbjuden 2017. Efter det har nya droger i gruppen fenetylaminer fortsatt att komma ut på marknaden.

När utredningen skickades ut på remiss lämnade bland annat Svenska kemisamfundet ett svar, med förslaget "att inledningsvis ersätta delar av de nuvarande förteckningarnas uppräknings med generiska definitioner på samma sätt som flera andra länder har gjort. Exempel på generiska grupper: fenetylaminer, tryptaminer, piperaziner, piperidiner, katinoner,

Ecstasy tillhör gruppen fenetylaminer och är narkotikaklassad.

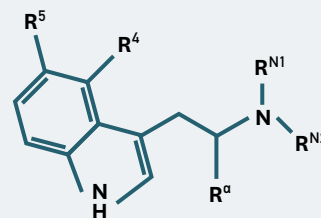


## Samma grundstrukturer



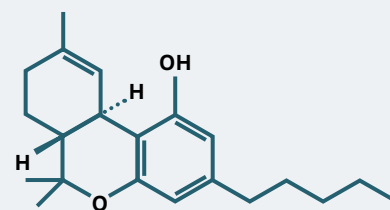
### FENETYLAMINER

Grundstrukturen för fenetylaminer (PEA). Fenetylamin är det enklaste ämnet i gruppen (alla R = väte). Byts ett väte mot ett annat ämne, blir det en annan substans. Flera fenetylaminer är narkotikaklassade, men inte alla. Till denna grupp hör till exempel meskalin, amfetamin, ecstasy och fentanyl.



### TRYPTAMINER

Grundstrukturen för tryptaminer. Hit hör serotonin och LSD.



### CANNABINOIDER

Cannabinoider indelas i tre huvudgrupper: Örtcannabinoider (som THC på bilden) finner man enbart i cannabisplantan. Endogena cannabinoider produceras naturligt främst i människokroppen och i andra däggdjur. Syntetiska cannabinoider produceras i laboratorium.

### MER OM PSYKOAKTIVA SUBSTANSER

Propositionen 2017/18:221 Klassificering av nya psykoaktiva substanser finns på regeringens hemsida. Kemisamfundets yttrande finns på Kemisamfundets hemsida.

cannabinoider, arylcyklohexylaminer, aminoindaner.”

Norge, Danmark, Storbritannien och Irland har redan delvis infört generiska definitioner. Även Wada (World anti-doping agency) använder på sin dopningslista begrepp som ”Fentanyl och dess derivat”, ”syntetiska cannabinoider och andra cannabisliknande substanser”.

Regeringen skriver i propositionen att den kommer att ”initiera en ny bred analys av frågan om vilka åtgärder som kan vidtas för att mer effektivt möta problemet med

nya psykoaktiva substanser som inte utgör narkotika eller hälsofarliga varor”.

– Det är fortfarande en öppen fråga. Med tanke på vad regeringen angav i sin proposition kan det finnas anledning att utreda frågan igen, säger Joakim Strandberg.

**Kurt Samuelsson, doktor i organisk kemi som bland annat har varit svensk representant inom IUPAC och teknisk redaktör för Acta Chemica Scandinavica. Han är ledamot i Nomenklaturutskottet inom Svenska Kemisamfundet.**

# Modeller



Datorprogram med smarta algoritmer kan snabba på utvecklingen av nya LÄKEMEDEL. Beräkningskemister vid Astra Zeneca undersöker hur de bäst kan använda tekniken.

Text Jonas Boström, Sten O. Nilsson Lill, Per-Ola Norrby  
Illustration Amanda Berglund

# för medicin





För att ta fram nya läkemedelskandidater så kan man göra virtuella sökningar. Om man känner till målproteinets 3D-struktur kallas det struktur-baserad, annars ligand-baserad design. Då filtrerar man i databaser med molekyler, till exempel med dockning, för att hitta molekyler som passar in i ett visst proteins 3D-struktur. Fynd testas sedan experimentellt. Virtuella sökningar är en metod som historiskt fungerat bra för läkemedelsindustrin. En förutsättning för att lyckas är att relevanta molekyler finns i databasen som man söker i. Då antalet möjliga molekyler vida överstiger antalet sandkorn i Sahara så är det inte alltid fallet.

Ett alternativ till virtuella sökningar är omvänd design.

Här specificeras först de önskade molekylära egenskaperna, och datorn skapar sedan föreningar som passar beskrivningen. Detta har betraktats som ett mycket svårt problem tidigare, men tack vare framstegen inom maskininlärning och AI har strategin blivit populär. Vi har till exempel nyligen, tillsammans med forskare i datavetenskap på Högskolan i Skövde, utvecklat en AI-metod som lär sig att byta ut fragment i en molekyl för att bygga molekyler som möter alla krav. Det kan liknas vid att bygga en legomodell genom att starta med ett antal bitar ihopsätta lite huller om buller, och sedan låta en robot byta ut legobitarna tills den önskade modellen har skapats.

I datorbaserade prognoser beror den prediktiva förmågan på mängden och kvaliteten på underliggande experimentella data. I ett tidigt läkemedelsprojekt finns inte mycket data, så metoder som bygger på AI fungerar ännu inte optimalt i det skedet.

Vägen fram i dag och under över-skådlig framtid är att komplettera traditionell läkemedelskemi med kraftfulla datorstödda hjälpmedel (inte nödvändigtvis AI).

Utöver design av molekyler så kan automatiserade metoder som utnyttjar kraften i AI och maskininlärning spela en stor roll för snabbare beslut inom synteskemi, det vill säga hur molekylerna kan göras i labbet. Inom det området finns mycket data. AI-metoder kan också användas inom andra områden, som att automatiskt presentera information på rätt sätt för att hjälpa forskare att fatta bättre beslut.

**DE MÄNGDER AKTIV** substans som framställt i designfasen mäts ofta i milligram. I de senare faserna ökar mängderna expo-

mentellt och kan komma upp i tonskala vid lansering av godkänt läkemedel. Syntesvägen fram till läkemedelskandidaten omarbetas många gånger under processen för att optimera renhet och mängd i förhållande till kostnad. Beräkningsverktygen här inkluderar retrosyntes-mjukvara som hjälper till att välja startmaterial för en komplex förening, kinetisk modellering, och även i viss mån kvantkemiska studier av reaktionsmekanismer.

Som en del av det analytiska arbetet ingår att förutsäga alla föroreningar som kan uppstå under tillverkning och lagring, och att finna metoder (ofta kromatografiska) för att kvantifiera dessa i alla stadier av utvecklingen. Här används kemoinformatikverktyg som experimentell design och multivariat analys, men också automatiserade kvantkemiska metoder för att till exempel förutsäga känslighet för luftoxidation.

Den stora skillnaden mellan en läkemedelskandidat och ett färdigt läkemedel är den formulering som substansen packas in i för att kunna transporteras till rätt ställe i kroppen. Inom biofarmaci används omfattande kopplade kinetiska modeller. Dessa använder data om bland annat löslighet, permeabilitet och metabolism för att förutsäga hur koncentrationen i de olika organen kommer att variera över tid. Modelleringsverktyg inom biofarmaci använder experimentella data om till exempel löslighet, men även data från kemoinformatiska modeller för att förutse samma molekylära egenskaper.

**ETT CENTRALT STEG** i läkemedelsutvecklingen är att bestämma i vilken form ett läkemedel ska användas för att uppnå bästa effekt, till exempel i form av en lösning, inhalerat pulver eller som en tablett i fast form. Många läkemedel produceras i fast

## ”Att ta fram ett läkemedel är en formidabel utmaning”

form, som ofta är renare och stabilare än lösningar, och som är lättare för patienten att hantera. Det viktiga för läkemedelsframställningen är att ha en robust process så att man alltid får samma form av materialet. För kristallint material är det viktigt att man identifierat den mest stabila kristallformen. Man vill inte riskera att den materialform man framställt efter en viss tid omvandlas till något mera stabilt, som har andra egenskaper än den form man har undersökt. Till exempel kan olika former



en snabba utvecklingen inom beräkningskemin ger ny skjuts åt läkemedelskemin. I dag finns beräkningsverktyg som kan stödja alla delar av den långa processen att utveckla ett läkemedel, från inledande design till produktion av det färdiga läkemedlet. Förhoppningen är att maskinerna ska göra det enklare och snabbare att utveckla effektiva och säkra läkemedel.

Forskare vid Astra Zeneca undersöker just nu hur de bäst kan använda artificiell intelligens (AI) och andra beräkningsmetoder i dag och i framtiden. Att ta fram nya läkemedel är en formidabel utmaning. Många faktorer avgör om ett läkemedelsprojekt lyckas eller misslyckas. Kroppens biologi är komplex och vi är långt ifrån att förstå den tillräckligt bra för att lätt kunna ta fram nya läkemedel. Här kommer läkemedelskemin in. Ämnet kan beskrivas som design, syntes och förståelse av nya läkemedelsmolekyler. Designarbetet är en komplex och svår optimeringsprocess med många parametrar inblandade. Dessa parametrar har ibland motsatta trender. För läkemedel i tablettform kan det till exempel vara en utmaning att ta fram föreningar som kan tränga in i cellerna, men som inte bryts ner för snabbt. En förbättring av den ena egenskapen ger ofta en försämring av den andra. Mycket av designarbetet bygger därför på att hitta ett optimum där alla önskvärda egenskaper uppfylls i en enda molekyl. Nya metoder för att automatiserat designa föreningar mot en profil av egenskaper är därför värdefulla.

av kristaller, som vi kallar polymorfer, ha olika upplösningshastigheter. Det påverkar hur mycket av läkemedlet som verkligen kommer ut i kroppen under en viss tid. De kan också ha olika kemisk stabilitet och materialegenskaper, till exempel hållfasthet och ytegenskaper. För att försäkra sig

## ”Modellerna gör det möjligt att angripa sjukdomar som tidigare ansågs omöjliga”

om att man framställer den mest stabila polymorfen, det vill säga en som inte kan omvandlas till en ännu mer stabil form, gör man experimentella försök under olika betingelser, för att hitta så många olika kristallina former som möjligt. Utifrån dessa bestämmer man vilken form som är den mest lämpliga att fortsätta med i läkemedelsutvecklingsarbetet. Som stöd till detta används i dag avancerade molekylmodelleringsverktyg, som kombinerar molekylmekanikberäkningar och kvantkemi för att identifiera alla tänkbara kristallstrukturer. Molekylmekanik är en snabb

och enkel metod som behandlar molekyler som elastiska kulor hopbundna av fjädrar. Kvantkemi är en mer rigorös modell, som också kan beskriva elektronfördelning och kemisk reaktivitet. Dessa metoder är beräkningsmässigt dyra i form av datortid, men kan ge oss detaljerade insikter. För att göra

kristallstrukturprediktioner är det viktigt att poängtera att man på förhand inte behöver någon experimentell information. Det man behöver veta är bara den kemiska strukturen. Utifrån denna struktur genererar man en 3D-form av

molekylen. Sedan analyserar man hur den kan ändra sig för att packas så effektivt som möjligt i en kristallin struktur. Det beror på hur den växelverkar med sina närmaste grannar i kristallen (se figur på sid. 26).

**KRISTALLER PACKAR SIG** ofta med hög symmetri och med identisk molekylkonformation i hela kristallen, vilket gör att det går att hitta möjliga packningar trots snäva tidsramar. Detta är möjligt tack vare framsteg i sökalgoritmer för konformationer och kristallpackning, snabba kvantkemiska metoder, bra beskrivning av dispersions-



## Forskningen i Sverige

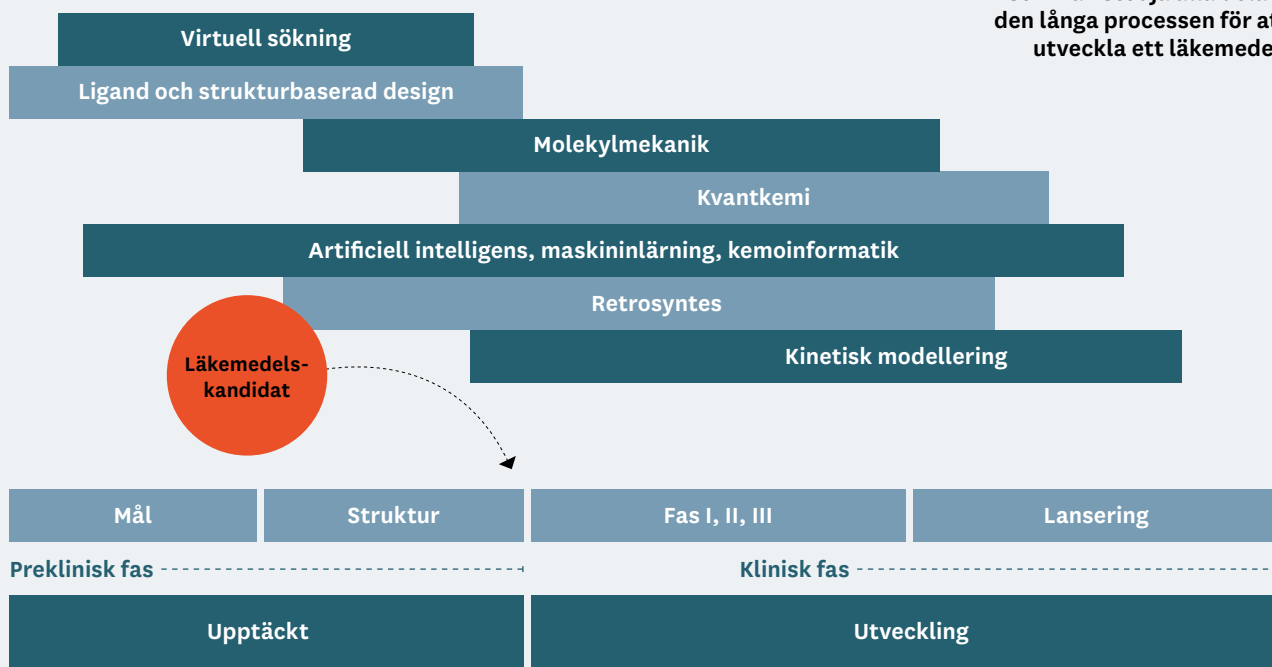
Astra Zeneca har tre globala forskningscentra, varav ett ligger i Mölndal söder om Göteborg.

Här finns 2 000 forskare från 50 länder, varav 600 är disputerade och 30 är professorer.

Forskningen drivs inom alla delar av läkemedelsutvecklingen, från en idé till ett färdigt läkemedel.

Fokus ligger på sjukdomar i andningsvägar, hjärta och kärl och njurar samt inflammation, autoimmuna och metabola sjukdomar.

I dag finns beräkningsverktyg som kan stödja alla delar i den långa processen för att utveckla ett läkemedel.



Tidslinje för framtagning av nya läkemedel

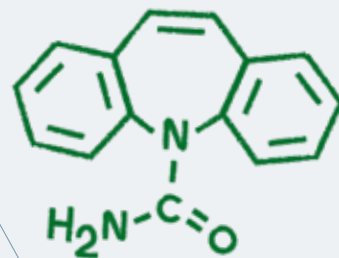
krafter, och snabba datorer. Man kan göra en analys av möjliga kristallformer för en läkemedelsmolekyl på ett par dagar upp till ett par veckor, beroende på molekylens storlek och flexibilitet. När man analyserat vilka polymorfer som är termodynamiskt mest stabila kan man jämföra dessa mot experimentellt framtagna strukturer, till exempel data från röntgenkristallografi. Då kan man göra en riskbedömning av om de fasta former av molekylerna hittills har framställt inkluderar den mest stabila formen eller inte. Med en sådan riskanalys gör man sedan en helhetsbedömning om man behöver göra ytterligare experiment.

Materialsimuleringar kan också göras för att förstå vilka egenskaper som ändras, om man till exempel mekaniskt bryter ner sina kristaller för att uppnå en viss partikelstorlek. Vilka nya kristallytor bildas och vilka är dess egenskaper? Just partikelstorlek är en viktig parameter att kontrollera, för att förstå och uppnå den utsöndring av läkemedlet i kroppen man önskar. Utsöndringen påverkas också av lösligheten för en substans. I dag har vi prediktiva verktyg för att föreslå modifikationer av molekylstrukturen, som ger bättre egenskaper redan i den tidigare designfasen. Det är speciellt intressant att modifiera molekylerna just för att öka den kristallina lösligheten. Den bästa fasta formen att gå vidare med i utvecklingsfasen måste till exempel ha bra fastfaseegenskaper, en enkel och billig framtagningsprocess, samt vara stabil.

Utveckling av läkemedel går mot svårare och svårare mål. Beräkningsmodeller som understödjer arbetet, kopplade med avancerade experimentella analyser, gör det möjligt att angripa sjukdomar som tidigare ansågs omöjliga att behandla. Framför allt låter de olika modellerna läkemedelsforskare arbeta baserat på förståelse, och tillåter design av läkemedel på ett sätt som inte var möjligt för några decennier sedan. Beräkningar kan också användas för att förutsäga vilka som är de viktigaste experimenten att utföra i alla delar av processen, till exempel vilken substans som skall framställas närmast, vilka nedbrytningsvägar som måste undersökas tidigt, eller om det behövs alternativa kristallformer. Allt eftersom beräkningsmetoderna förbättras blir de en del av det dagliga arbetet och låter oss nå ständigt högre mål i arbetet med att förbättra patienters livssituation.

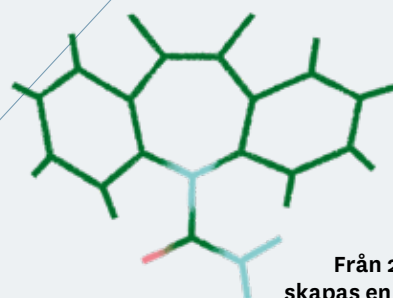
**Jonas Boström, Sten O. Nilsson Lill och Per-Ola Norrby är forskare vid Astra Zeneca i Mölndal. De arbetar med stora delar av processen med att ta fram ett nytt läkemedel, från tidig design till och med de första studierna i människa.**

## Så hittas den mest stabila kristallformen.



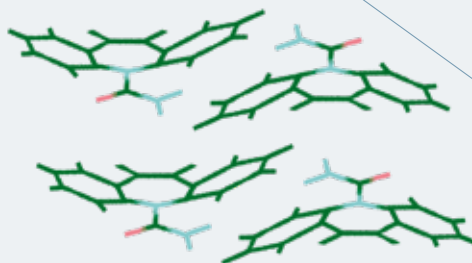
Steg 1

**2D**  
Utgångspunkten är en tvådimensionell skiss av molekylerna som ska kristalliseras. Detta är karbamazepin, som bland annat används mot epilepsi.



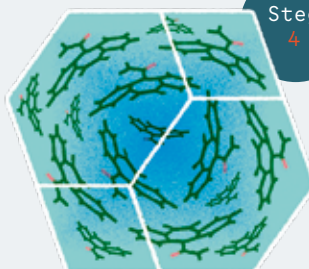
Steg 2

**3D**  
Från 2D-skissen skapas en tredimensionell form med hjälp av datorprogram. 3D-formen används för att hitta den mest stabila kristallpackningen.



Steg 3

**KRISTALL**  
Ett program räknar ut den orientering i rummet som ger packningen lägst energi. De orienteringar med lägst energi väljs ut och undersöks i flera steg och med allt noggrannare verktyg.



Steg 4

**PARTIKEL**  
Nu kan en modell av en större kristall tas fram. Den jämförs med experimentella data från exempelvis röntgendiffraktion. Det är en kontroll för att se att det är den mest stabila formen som bildats.

[www.scs2020.se](http://www.scs2020.se)

# 2nd National meeting of the Swedish Chemical Society

## Analysdagarna & Organikerdagarna

Save the dates 15–17 June 2020 – Linköping



### Plenary Speakers



**Phil Baran**



**Lee Cronin**



**Cathleen Crudden**



**Molly Stevens**

# Tyngre än bly



Det tyngsta **GRUNDÄMNET** som finns har atomnummer 118. De tyngsta grundämnena är kortlivade och ju tyngre, desto mer instabila. Forskare i Ryssland och Japan försöker skapa nummer 119 och 120.

**T**

dag finns 118 grundämnen beskrivna. Alla tyngre än bly (atomnummer 82) är instabila. I naturen hittas grundämnena med atomnummer upp till uran (92), samt kortlivade isotoper av neptunium (93) och plutonium (94). Flera av dessa grundämnen finns bara i små mängder på grund av att de är radioaktiva och har kort halveringstid: Francium, radium, polonium, teknetium, radon, prometium, aktinium, neptunium och plutonium. De bildas i naturen genom sönderfall av torium- och uranisotoper. Samtliga aktinider tyngre än uran har upptäckts genom laboratorieexperiment, liksom alla de så kallade supertunga grundämnena med atomnummer från 104. Dessa upptäckter är gjorda efter 1940.

I atomkärnan repellerar protonerna varandra elektrostatiskt. Stabiliteten hos en isotop beror på kombinationen av antal protoner och neutroner. Nuklider med fler än 20 protoner (som kalcium) måste ha fler neutroner än protoner för att med stark växelverkan motverka den elektrostatiska

repulsionen mellan protoner. Ju tyngre ett grundämne är, desto fler neutroner krävs för att det ska vara stabilt. Till slut blir kärnan för stor för att vara stabil och därför har inget av de tunga elementen någon stabil isotop. Bly är det tyngsta stabila grundämnet. Vismut (83) är inte stabilt, men har en halveringstid på  $1,9 \times 10^{10}$  år vilket är mer än en miljard gånger universums ålder ( $1,38 \times 10^{10}$  år) och brukar därför betraktas som stabilt. De tyngsta grundämnena som inte har några stabila isotoper har upptäckts antingen genom neutroninfångning, eller genom fusionsreaktioner, där lättare element har slagits ihop för att bilda ett tyngre. Partiklarna som ska kollidera måste ha så hög energi att de överträffar repulsionskrafterna mellan kärnans laddade partiklar. De kan få tillräckligt hög energi genom att de accelereras i en cyklotron eller i en linjär accelerator.

**DET ÄR IUPAC** som godkänner nya grundämnen. En kommission tillsätts som granskar experimentella data. IUPAC har vid ett par tillfällen varit för snabba med att godkänna ett nytt grundämne. Numera är det en rigorös procedur bakom godkännandet av ett nytt grundämne, och det tar ofta lång tid efter upptäckten innan grundämnet är godkänt och har fått ett namn. Ett krav för att det ska godkännas är att experimentet ska ha upprepats av ett oberoende laboratorium. I några fall har endast några enstaka atomer kunnat framställas.

Den grupp som får föreslå ett namn är den som IUPAC ger äran för att först ha upptäckt ett grundämne. Sedan är det IUPAC som godkänner namnet. Flera tunga grundämnen har fått namn efter platser där experimenten har gjorts, som dubnium, Db, efter Dubna, darmstadtium, Ds, efter Darmstadt, och berkelium, Bk, efter Berkeley. Andra har fått namn efter kända forskare, såsom meitnerium, Mt, efter Lise Meitner och röntgenium, Rg, efter Wilhelm Conrad Röntgen. Det är bara två grundämnen som fått namn efter levande personer: seaborgium, Sg, efter Glenn Seaborg, och oganesson, Og, efter Yuri Oganessian. Glenn Seaborg och hans grupp vid Berkeley-universitetet syntetiserade sju nya grundämnen: Plutonium, americium, curium, berkelium, californium, mendelevium och grundämne nummer 106 som senare fick namnet seaborgium. Yuri Oganessian är den ende nu levande person som har gett namn åt ett grundämne. Han har

varit ledande vid samarbetet mellan Dubna, Berkeley och Oak Ridge vid framställningen av de allra tyngsta grundämnena.

**VID SYNTES AV** grundämnena 114–118 har en isotop av kalcium accelererats mot olika aktinider (se artikeln intill). För att hitta tyngre grundämnen än oganesson (118) så går det inte längre att använda sig av kalcium, på grund av att det helt enkelt inte finns någon tillräckligt stabil aktinidisotop tyngre än californiumisotopen att använda som mål. Vid JINR i Ryssland planerar man i stället att använda sig av en titanisotop för att beskjuta berkelium och californium med, och att skapa grundämnena 119 och 120. *Chemistry World* rapporterade i mars 2018 att man där konstruerar en ny cyklotron, som dels skall ha förbättrade detektionsmöjligheter, och dels kunna generera en stråle av lätta element med betydligt högre intensitet än vad som hittills varit möjligt. Forskare vid japanska Riken har redan påbörjat försök för framställning av grundämne 119. Där använder man en annan teknik än den JINR planerar. Japanerna bombarderar curium (96) med vanadin (23) i hopp om att de två atomerna ska smälta samman. Dessa potentiella nya element förväntas ha mycket kort halveringstid. Den måste vara längre än cirka en mikrosekund för att den skapade atomkärnan skall hinna nå fram till detektorn innan den sönderfaller. Det sätter en praktisk gräns för hur tunga element som kan skapas.

**DEN AMERIKANSKE** fysikern och Nobelpristagaren Richard Feynmans beräkningar satte 137 som gräns för hur tunga grundämnen som kan finnas. Beräkningarna byggde på antagandet att de innersta elektronerna har högre och högre hastighet när atomkärnan blir större. När den når en viss storlek måste elektronerna gå fortare än ljushastigheten, vilket är fysiskt omöjligt. Andra beräkningar, med en icke-sfärisk atomkärna, förutsäger att den övre gränsen är 170.

Det har förutsagts att det finns stabilitetsöar vid atomnummer 120, 124 eller 126 och att dessa grundämnen med ett magiskt antal protoner skulle kunna vara betydligt mer stabila än omkringliggande element, om de samtidigt också har det magiska antalet 184 neutroner. Ett stort experimentellt problem är dock att det helt enkelt inte finns två isotoper att starta med, som tillsammans ger tillräckligt många neutroner för att komma till en sådan stabilitetsö.

**Mats Johnsson, professor i oorganisk kemi vid Stockholms universitet.**



FOTO: ISTOCKPHOTO

## Så här upptäcktes de nya grundämnena

Fyra laboratorier står för upptäckterna av elementen med atomnummer högre än 92:

93–101:

**Lawrence Berkeley National Laboratory**, Kalifornien, USA.

107–112:

**Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI)**, Darmstadt, Tyskland.

113:

**Rikagaku Kenkyusho (Riken)**, strax norr om Tokyo, Japan.

102, 114–118:

**Joint Institute of Nuclear Research (JINR)**, Dubna, Ryssland.

103–106

**Lawrence Berkeley National Laboratory tillsammans med JINR.**

93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md
102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds
111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	?

**Edwin McMillan och Philip Abelson** vid Berkeleyuniversitetet framställde med hjälp av så kallad neutroninfångning neptunium (93):



Efter denna upptäckt har **Glenn Seaborg, Edwin McMillan** med flera framställt plutonium (94) genom att bombardera uran med  $\alpha$ -partiklar (heliumkärnor). En artikel de skickade in för publicering 1941 drogs tillbaka då det stod klart att en isotop av

plutonium fissioneras på ett sätt som kunde ge en explosiv kedjereaktion och därför kunde användas i en atombomb.

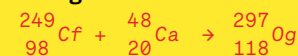
**Einsteinium (99) och fermium (100)** upptäcktes i sönderfallsprodukter från en amerikansk provsprängning av en vätebomb på stillahavsatollen Bikini 1952.

För syntes av de riktigt tunga grundämnena fungerar inte neutroninfångning, då de har för korta halveringstider. De supertunga elementen

(från 104) har halveringstider från 0,69 millisekunder (118) till 29 timmar (105).

Forskarna i Darmstadt och vid Riken har i stället använt så kallad *cold fusion*, vilket här betyder låg excitationenergi och

att isotoper av medeltunga element (järn, nickel eller zink) accelereras mot mål av bly eller vismut. *Hot fusion* kräver hög excitationenergi och används då isotoper av lätta element accelereras mot mål av aktinider (Cf, Am), som när oganesson bildas:



Vid syntes av grundämnena 114 – 118 har en kalciumisotop accelererats mot olika aktinider. Experimenten har gjorts i Dubna, Ryssland. Aktinidisotoperna som användes som måltavla för kalciumisotoperna vid dessa experiment har framställts vid Oak Ridgelaboratoriet i USA. Det tog två år att framställa de 20 milligram berkelium som användes vid syntesen av teness (117).



## Nya uppdrag och utmärkelser



**Inger Andersson**, professor emerita, Uppsala universitet, har fått Norblad-Ekstrand-medaljen som delas ut av Kemisamfundet. Hon belönas för sin forskning om hur fotosyntesens koldioxidfixering fungerar.



**Maria Cuartero**, KTH, och **Markus Kowalewski**, Stockholms universitet, är två av 14 forskare i Sverige som får ERC Starting grant från Europeiska forskningsrådet. Maria Cuartero får 17 miljoner kronor för att utveckla jonavkänning med syfte att ta fram en ny typ av sensorer. Markus Kowalewski får 15 miljoner kronor till ett projekt med mål att nå kontroll över kemiska reaktioner, genom att använda fotoner som en katalysator, och därmed göra det möjligt att utforma nya material av ljus och materia.



**Per Hammarström**, Linköpings universitet, får ett fyraårigt projektbidrag på 4,8 miljoner kronor från Vetenskapsrådet, för forskning kring proteinaggregering och sjukdomar. Det är ett av de största projektbidrag som delas ut i årets utlysning. Totalt har 336 forskare inom teknik- och naturvetenskap fått etablerings- eller projektbidrag.



**Gunnar von Heijne**, Stockholms universitet, får The Biophysical Society's 2020 Anatrache Membrane Protein Award, för insatser för att skapa teoretiska och experimentella redskap, som ökar förståelsen av mekanismerna bakom membranproteinernas biosyntes.



**Martin Högbom** och **Anja-Verena Mudring**, båda Stockholms universitet, **Kenneth Wärnmark**, Lunds universitet, samt **Sascha Ott** och **Jens Carlsson**, båda Uppsala universitet, är huvudsökande till nydanande forskningsprojekt som får stöd av Knut och Alice Wallenbergs stiftelse. De fem projekten får mellan 28 och 38 miljoner kronor.



**Douglas Rees**, professor vid California Institute of Technology, USA, och **Jian-Ren Shen**, professor vid Okayama University, Japan, får årets Gregori Aminoff-pris som delas ut av KVA. De får det för "grundläggande bidrag till förståelsen av biologiska redox-metallkluster".



**Jonas Bergquist**, BMC, Uppsala Universitet, får Qilu Friendship Award 2019 av Shandong-regionens provinsiella folkregering.



Martin Högbom



Per-Ola Norrby är forskare vid Astra Zeneca i Göteborg.

Läs mer om beräkningskemi på sidorna 20–24.



# Belönas för sina beräkningar

**PER-OLA NORRBY** får Ulla och Stig Holmquists pris i organisk kemi.

**PER-OLA NORRBY** belönas för att ha lyft in beräkningskemi i den organiska kemins metoder. Grattis!

– Tack ska du ha. Jag har gått på moln sedan jag fick veta att jag skulle få det. Det är jätteroligt, säger Per-Ola Norrby, som är forskare vid Astra Zeneca i Göteborg.

Hans väg dit var krokig. Han disputerade på KTH, var postdoktor vid Scripps i Kalifornien och vid Danmarks farmaceutiska högskola, därefter lektor vid Danmarks tekniska universitet, innan han år 2006 flyttade till Göteborgs för att bli professor vid universitetet. Där var han kvar till 2013.

– Jag var trött på akademien och anslagssystemet. Man får ägna 40–50 procent av sin tid åt att skriva ansökningar. Jag är bra på forskning men dålig på att skriva ansökningar och fick allt mindre pengar. Samtidigt drev universitetet upp kostnaderna, så jag ringde Astra Zeneca, som hade en tjänst. Nu har jag tid att forska.

Per-Ola Norrby har dock inte helt lämnat akademien. Han är adjungerad professor vid Göteborgs universitet och University of Notre Dame utanför Chicago. I USA handleder han doktorander i beräkningskemi. I Göteborg samarbetar han med forskare vid universitetet och Chalmers.

Nu belönas han för beräkningsmetoder som bland annat kan klargöra och i vissa fall även förutsäga stereoselektivitet i organiska reaktioner, det vill säga om det en bildas vänster- eller högerspegelbild av en molekyl.

– Det är ett slags livstidsgärningspris. Jag har arbetat med beräkningskemi i organisk kemi hela min karriär.

Priset är personligt och på 1,5 miljoner kronor. Vad ska han då göra för pengarna?

– Jag ska betala av huslån och investera i bekvämare pension. Resa – så mycket som möjligt med tåg. Ge till barnen. Rusta upp huset och sätta solceller på taket, säger Per-Ola Norrby.

# Hon löser mysteriet i Ytterby

Geokemisten **SUSANNE SJÖBERG** vet hur utfällningarna hon upptäckte i Ytterby 2012 bildats.

**UTFÄLLNINGARNA UPPTÄCKTES** i en tunnel som leder till huvudschaktet i den gamla kvarts- och fältspatsgruvan i Ytterby. Den borrades på 1950-talet när gruvan skulle bli lager för diesel och jetbränsle.

– Jag gissar att utfällningarna är ett resultat av en process som började då. Tunneln är 400 meter lång och sammanbinder schaktet med Östersjön där man lastade olja, säger Susanne Sjöberg.

Utfällningarna kallades inledningsvis *Ytterby black substance*. Susanne Sjöbergs analyser har sedan visat att de är ett slags birnessit, ett mineral som mest består av mangan. Varianten i Ytterby är ovanligt rik på yttrium och sällsynta jordartsmetaller.

– Manganoxiden, birnessiten, bildas av mikroorganismer. Jordartsmetallerna binds troligen in eftersom deras storlek och laddning passar dess kristallgitter.

Många processer i naturen kan – liksom den redox-process där manganoxiden bildas – påverkas av mikroorganismer. Minalet i Ytterby bildas som svarta utfällningar på bergväggen nära vattenförande sprickor i tunneln. Utfällningarna är ett slags biofilm som består av mikroorganismer och mineralet, som fäster vid berget. Råvaran är manganjoner i vattnet.

– Lösligt mangan i sprickan fångas upp av biofilmen och oxideras sedan med hjälp av bakterierna och fälls ut som manganoxid. Halten mangan i vattnet i sprickan



**”Microbially mediated manganese oxides enriched in yttrium and rare earth elements in the Ytterby mine, Sweden”**

**Susanne Sjöberg**

**Institutionen för geologiska vetenskaper, Stockholms universitet.  
Handledare: Christophe Dupraz.**

är 170 mikrogram per liter, i vattnet nedanför utfällningarna endast tre mikrogram per liter, säger Susanne Sjöberg.

Hon har isolerat mikroorganismer från utfällningarna, som i labbet har fått växa under liknande förhållanden som i tunneln.

– Jag har kunnat isolera fyra bakteriearter och en svamp som är involverade i manganoxidproduktionen.

Ovanpå fällningen finns ytterligare en tunn biofilm, full av bubblor. I den är *Nevskia*-bakterien vanligast.

– Ett möjligt scenario är att mikroorganismerna i den biofilmen är de första mikrobiella kolonisatorerna av bergväggen och att de förser de manganoxidproducerande bakterierna i den undre biofilmen med lämplig kolkälla.

Gasen i bubblorna har däremot inte någon viktig roll i systemet, tror hon. Den kommer sannolikt från vattnet i sprickorna. I takt med att fällningarna växer till minskar också mikroorganismernas betydelse för mineralets tillväxt. Då styr andra, icke-levande, faktorer tillväxten.

– Siv Engelmark



Susanne Sjöberg använder gasmask mot bränslelukt som uppstår i perioder och mot den fuktiga luften som kan innehålla mycket bakterier.

# Därför fick de dela på priset

Alexander Fleming fick 1945 Nobelpriset i medicin eller fysiologi för upptäckten av PENICILLIN. Men vilka var de två han delade Nobelpriset med? Sture Forsén berättar om forskarna som hamnade i skuggan.

# N

ästan alla har förmodligen hört talas om Alexander Flemings odiskade petriskål. Den visade en hämmad tillväxt av bakterier på grund av närvaron av *penicillium*, mögel, något som Fleming noterade på sin laboratoriebänk år 1928. Denna upptäckt har använts av den tysk-amerikanske biofysikern Max Delbrück som ett exempel på en allmän princip han har kallat "discovery by limited sloppiness".

Förmodligen var inte Alexander Fleming en man med en alltid välstädad labbänk. Och möjligen har många av oss upplevt denna allmänna princip på nära håll även

om resultaten inte har resulterat i ett Nobelpris.

Den magiska bakteriehämmande substansen i Alexander Flemings petriskål har kallats "den viktigaste upptäckten inom medicinen" och han själv blev mer eller mindre helgonförklarad i Storbritannien efter andra världskriget. Med tiden fick han 25 hedersutmärkelser, 26 medaljer, 13 ordnar och 18 andra priser förutom

Nobelpriset 1945. Men varför delade han Nobelpriset med två andra personer, Howard Florey och Ernst Chain? Vilka var de? I samtida artiklar om Alexander Fleming och hans upptäckt nämndes inte ens dessa två män.

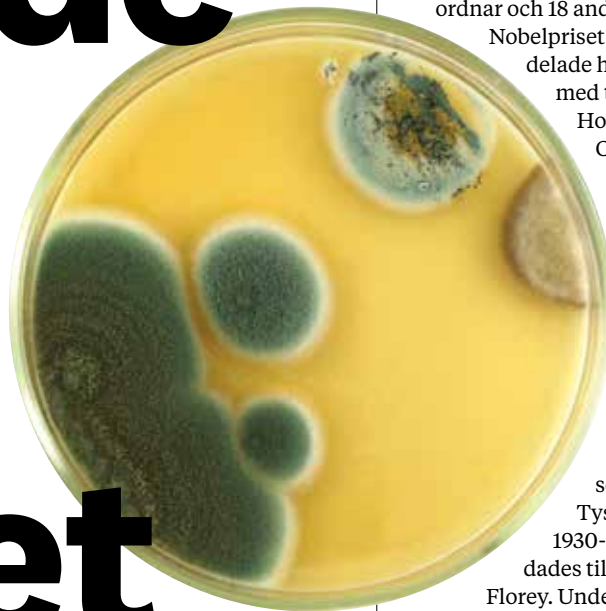
Howard Florey var professor i patologi vid universitetet i Oxford och Ernst Chain en judisk biokemist, som hade flytt Hitlers

Tyskland i mitten av 1930-talet och som räddades till Oxford av Howard

Florey. Under 1938 hade dessa två inlett produktion och renframställning av penicillin i så stora mängder att de kunde utföra de första kliniska prövningarna för behandling av infektioner.

Deras spektakulära resultat publicerades i tidskriften *The Lancet* 1941. Men måste inte också Alexander Fleming ha arbetat med detta? Det var ju trots allt mer än tio år sedan den ursprungliga upptäckten hade gjorts. Men så var inte fallet. Mellan 1929 och 1940 hade Alexander Fleming publicerat 27 artiklar och endast en gång – och då i förbigående – nämnde han de möjliga terapeutiska användningarna av penicillin. Meningen – i en artikel i *British Dental Journal* 1931 – lydde: "Penicillin is valuable to us at present in the isolation of certain microbes, but it is quite likely that it, or a chemical of similar nature, will be used in septic wounds."

**FÖRE DE FRAMGÅNGSRIKA** kliniska försöken 1941 hade Howard Florey och Ernst Chain inte haft några kontakter med Alexander Fleming – i själva verket trodde en av dem att Fleming var död. Men omgående efter publiceringen av deras artikel i *The Lancet* år 1941 anlände Alexander Fleming oanmäld en måndag morgon till Howard Floreys laboratorium i Oxford. Han konfronterade Florey och sade enligt honom: "I have come to see what you have been doing



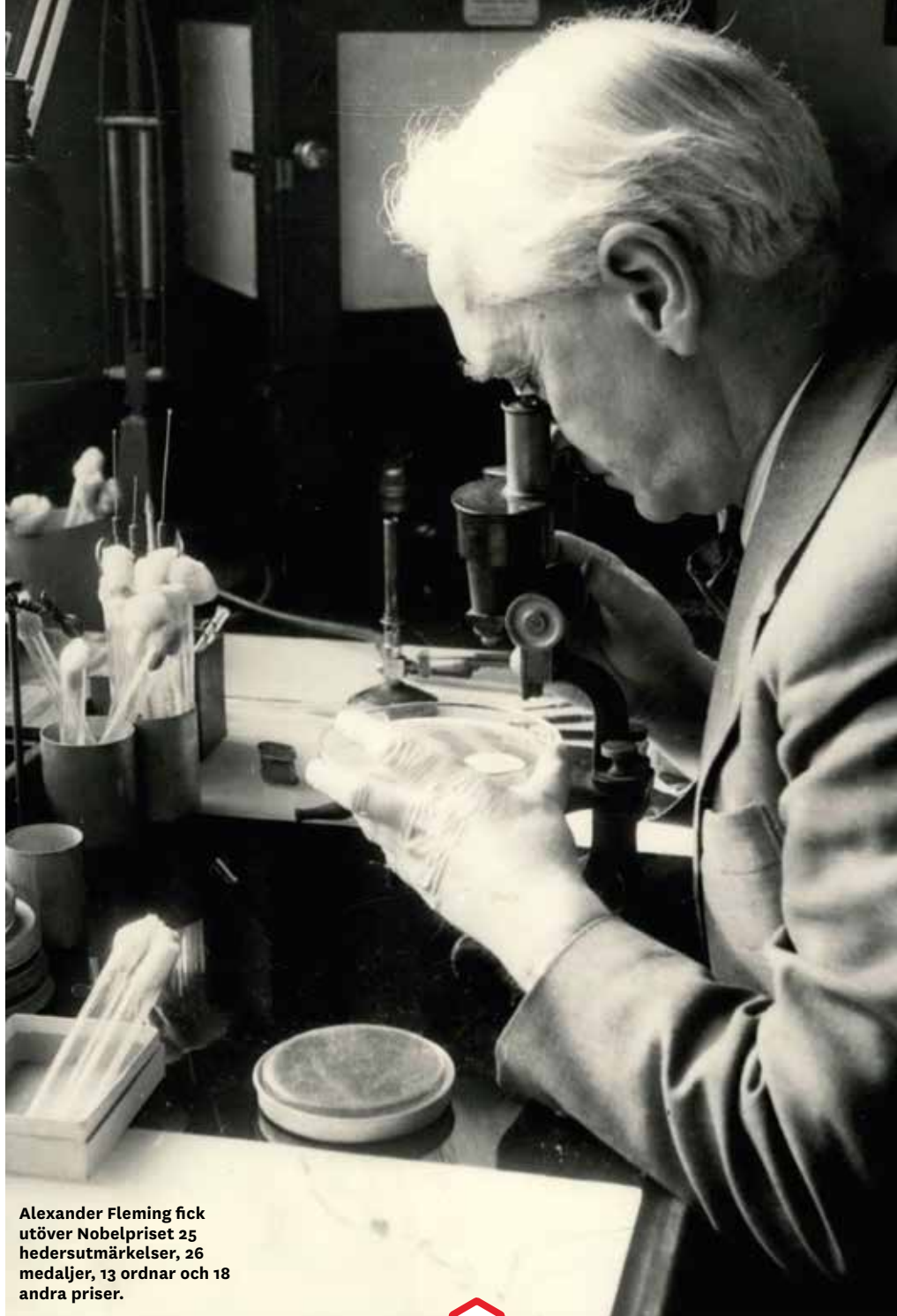
with my old penicillin.” Om Alexander Fleming trodde att Howard Florey skulle buga sig och skrapa med fötterna hade han helt missbedömt situationen. Floreys grupp hade tillbringat flera år av hårt arbete med att ta sig dit de var. Förhållandet mellan Fleming och gruppen blev mycket frostigt.

Kort efter detta möte hade *British Medical Journal* en artikel om de framgångsrika kliniska prövningarna av penicillin i Oxford i vilken Flemings roll marginaliserades. Han avfyrade ett genmäle i vilket han påstod att han alltid hade trott på det terapeutiska värdet av penicillin och citerade det ovan nämnda omdömet i artikeln från 1931 i *British Dental Journal*. Han avslutade med att han ”had made important advances” som motiverade det förslag han hade lämnat för tio år sedan. Detta blev mer eller mindre den version som allmänt accepterades av samtiden. Flemings tidiga biografier har målat upp en bild av hans långsamma men stadiga framsteg i en atmosfär av okunnighet och andra svårigheter.

**SÅ HUR KOMMER** det sig att Howard Florey och Ernst Chain delade Nobelpriset 1945? Vi har i dag tillgång till nomineringsdatabasen för Nobelpris i fysiologi eller medicin rörande tidsperioden 1901 till 1951. Jag har letat upp nomineringarna om upptäckten av penicillin under tidsperioden 1941 till 1945. Under denna period mitt under andra världskriget hade de flesta med rätt att nominera förmodligen andra saker än Nobelpris i tankarna och antalet nomineringar var få. Alexander Fleming nämndes i totalt 17 nomineringar med en topp på 15 nomineringar 1945 (och ytterligare tio år 1946 när han redan hade tilldelats priset). I de 17 nomineringar som nämnde Fleming nämnde nio även Howard Florey men endast två omfattade även Ernst Chain.

Vid året för Nobelpriset 1945 var det i själva verket bara en enda nominering för trion Alexander Fleming, Howard Florey och Ernst Chain. Den lämnades in av ingen annan än sekreteraren i den medicinska Nobelkommittén, Göran Liljestrand, som var professor i farmakodynamik och farmakognosi vid Karolinska institutet. Hans motivering var för ”upptäckten av penicillin (Fleming) och dess botande verkan vid olika infektionssjukdomar (Chain och Florey)”. Distinktionerna mellan de tre kandidaterna försvann i den slutliga motiveringen för Nobelpriset i fysiologi eller medicin år 1945. Priset delades ut gemensamt till trion med Liljestrands motivering men med de individuella namnen borttagna.

Med personlig erfarenhet av Nobelkommittéarbete illustrerar berättelsen om penicillin för mig vikten av noggrann



**Alexander Fleming fick utöver Nobelpriset 25 hedersutmärkelser, 26 medaljer, 13 ordnar och 18 andra priser.**

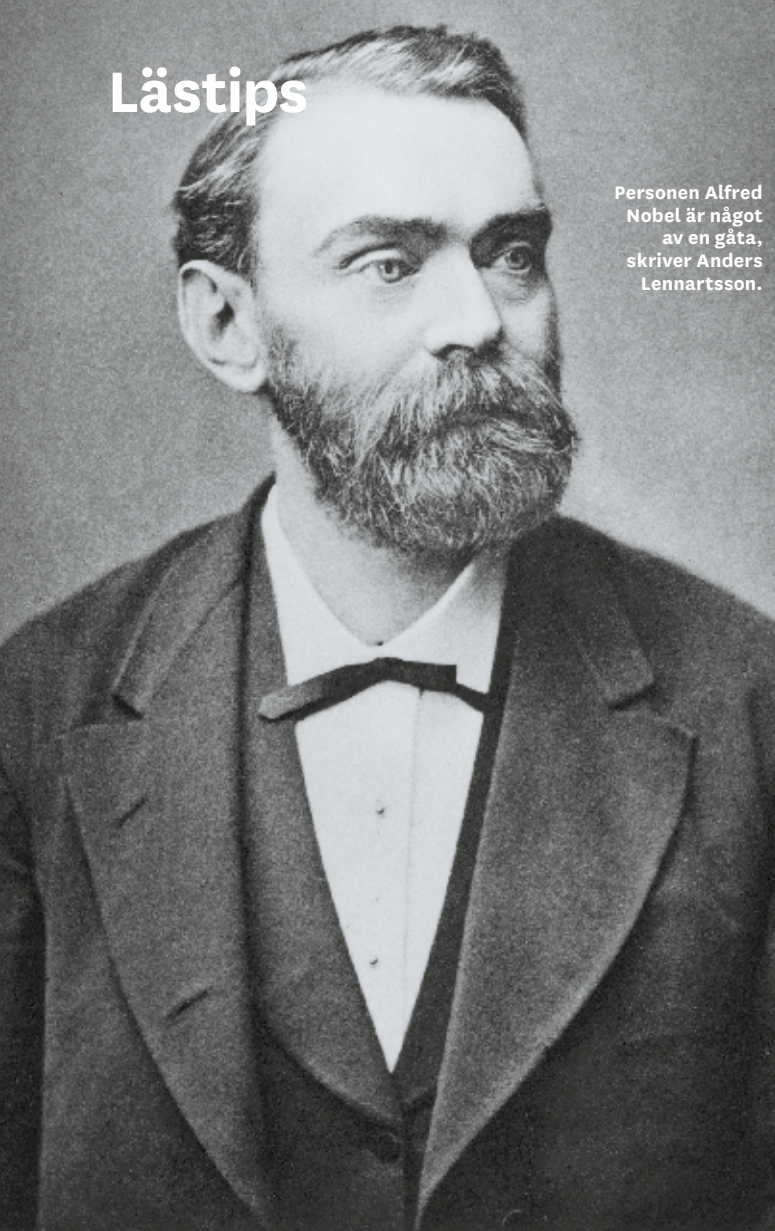
granskning av den vetenskapliga bakgrunden till nominerade upptäckter. Detta är en central uppgift för Nobelkommittéerna och deras medlemmar. Göran Liljestrand och hans kolleger i den medicinska kommittén hade gjort noggranna studier av förslagen. Utan tvekan hade Oxfordteamets centrala roll blivit helt uppenbar. Det gemensamma priset var det mest rimliga resultatet.

**Sture Forsén, professor emeritus vid LTH och initiativtagare till tvärvetenskapliga Pufendorfinstitutet vid Lunds universitet. Han var medlem i Nobelkommittén för kemi 1976–1995.**

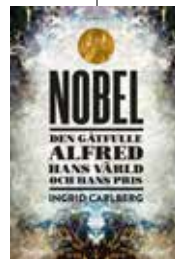


## Mer om upptäckten av penicillin

En redogörelse och viss omvärdering rörande upptäckten av penicillin publicerades 2002 av vetenskapshistorikern John Waller. Waller var länge aktiv på Wellcome Center for the History of Science i London. Hans bok har titeln *Fabulous Science in the History of Scientific Discovery* [Oxford University press, 2002].



Personen Alfred Nobel är något av en gåta, skriver Anders Lennartsson.



## Alfred Nobels liv ingen dans på rosor

Anders Lennartsson har läst **INGRID CARLBERGS** nya bok.

**VEM VAR EGENTLIGEN** Alfred Nobel? Efter att ha läst Ingrid Carlbergs tjocka bok *Nobel: Den gåtfulle Alfred, hans värld och hans pris* kan jag fortfarande inte ge något bra svar. Det beror inte alls på att författaren skulle ha misslyckats, utan på att No-

bel tycks ha varit en vandrande samling av motsägelser och svår att få grepp om. Han instiftade fredspriset samtidigt som han lade mycket möda på att sälja sina uppfinningar till olika länders arméer. Han framstår som en ganska ensam människa,

samtidigt som han åtminstone tidvis tycks ha besvärats av sällskap. Han har gått till historien som uppfinnare men skulle nog egentligen ha velat bli poet. Märkligast är kanske trots allt hans relation med den arton år yngre Sofie Hess. Hon levde lyxliv för Nobels pengar på annan ort, och även om Alfred röt till ibland återgick det alltid till det normala. Inte ens när hon födde en dotter med en annan man kom det till någon brytning. Trots att Nobel förbjöd henne att kalla sig "Fru Nobel" (vilket hon ibland gjorde) adresserade han ofta själv sina brev till henne under det namnet.

Nobels liv var långtifrån någon dans på rosor. Han led livet igenom av en ganska vacklande hälsa och var, liksom sin far och sina bröder, förföljd av affärsmässiga motgångar. Jag har helt tappat räkningen på hur många gånger han blev bedragen av någon samarbetspartner och hur många gånger andra försökte stjäla hans idéer. Hans vetenskapliga kunskaper tycks ha varit ganska ytliga och hans arbete med sprängämnen verkar främst ha skett genom *trial-and-error*.

Boken är på totalt 636 sidor, varav drygt sextio sidor är fotnoter och källor. Trots sin längd blir läsningen aldrig långrandig. Det hänger samman med att boken är välskriven, men det är också mycket tack vare de många parenteserna om händelser, personer och den historiska utvecklingen runt Nobel.

En styrka med boken är att den till stor del är baserad på brev och originaldokument, många hittills okända. Det kanske mest intressanta exemplet är den franska säkerhetstjänstens personakt över Alfred Nobel. På flera punkter rättar författaren till tidigare missförstånd. Boken avslutas

med historien om Nobelprisets tillblivelse och de många juridiska turerna, innan Nobels svenska släktingar till slut accepterade att merparten av de rikedomar de siktat in sig på gled dem ur händerna. Av särskilt intresse är omvärldens reaktioner på priset. Kungen var upprörd över att de unionsfientliga normmännen skulle få dela ut fredspriset, och Hjalmar Branting var upprörd över att den i hans tycke förlegade

Svenska Akademien skulle få dela ut litteraturpriset. Somliga var upprörda över att utländska bedrifter skulle belönas.

**VILKEN BOK MAN** än skärskådardar kan man naturligtvis hitta brister, och här brister det när kemii författaren kommer in på kemi eller kemihistoria. Glycerol går under det gamla namnet glycerin, och på två ställen påstås att Wöhlers syntes av urinämne lade grunden till den organiska kemien. Det är en myt: Wöhlers experiment rönte förhållandevis liten uppmärksamhet och lyftes långt senare fram som en milstolpe. Beskrivningen av Lavoisiers livsgärning är förvirrande och en av mina egna idoler, Carl Wilhelm Scheele, får heta Carl von Scheele och sägs ha dött "några år tidigare", vilket av sammanhanget måste tolkas som 1860-talet. Som bekant dog Scheele 1786. Det finns fler exempel, till exempel den klassiska och onyanserade synen på kampen mellan katolska kyrkan och vetenskapen under 1600-talet. Påvens dom mot Galilei handlade egentligen inte om huruvida jorden kretsade runt solen eller vice versa, utan om att påven ansåg sig personligen förolämpad genom en olycklig formulering. Inget av detta har lyckligtvis någon betydelse för historien i sin helhet, men bör naturligtvis rättas till inför eventuella nya upplagor eller översättningar.

**Anders Lennartsson är doktor i kemi och författare.**

**Nobel: Den gåtfulle Alfred, hans värld och hans pris**  
Ingrid Carlberg  
[Norstedts 2019]

# Teknikcollege ger snabbt jobb

Från och med höstterminen är Perstorp tekniska gymnasium **TEKNIKKOLLEGE**. Det är en kvalitetsstämpel som utfärdas av fack och arbetsgivarorganisationer.

I **PERSTORP** i norra Skåne finns en lång tradition av plast- och kemiproduktion. Här startades den första skandinaviska plasttillverknings 1917 och än i dag finns flera industrier i området. För att tillgodose deras behov av personal startade 1996 gymnasieskolan Perstorp tekniska gymnasium. Skolan som ägs av kemiföretaget Perstorp har sedan starten haft en stark koppling till det närliggande näringslivet, i synnerhet till Perstorp som har en produktionsanläggning i området. Eleverna kan välja två olika program: industriteknik med inriktning mot process, eller el och energi med inriktning mot automation. De får både yrkesförberedande och högskoleförberedande behörighet. Nu blir skolan certifierad som Teknikcollege, en kvalitetsstämpel som utfärdas av industrins parter.

– Vi har länge bedrivit undervisning här i Perstorp och vi har alltid haft en verksamhet som stämmer väl överens med den som krävs för att bli certifierad som Teknikcollege. Att ha en stark koppling till det lokala näringslivet har stora fördelar för såväl eleven som för företagen. Våra elever tillbringar mycket tid ute hos de samverkande företagen, vilket gör att de känner till deras tillverkningsprocesser och skapar kontakter. Efter examen kan de därför ofta gå rakt in i produktionen utan en speciellt lång startsträcka, säger Åsa Persson, rektor på Perstorp tekniska gymnasium.

Perstorp tekniska gymnasium är en relativt liten gymnasieskola med goda resultat. Sedan starten är det bara tre av de hundratala elever som har gått på skolan som inte har fått ett examensbevis.

– Vi har ett stort fokus på eleven och undervisningen sker i en trygg miljö med en stark sammanhållning, både mellan lärare och elever. Här får eleverna ett stort utrymme för att lära och utvecklas, vilket är



## Teknikcollege i siffror:

- 150 skolor
- 3 utbildar inom kemi
- 8 utbildar inom processteknik
- 180 kommuner
- 24 regioner
- Över 3 000 samverkande företag

nyckeln till en framgångsrik skolgång och att ta första steget in i arbetslivet.

Kompetensförsörjning är en av industrins stora utmaningar. Att hitta och bibehålla kompetenta medarbetare är avgörande för såväl företagets konkurrenskraft som för att kunna möta framtidens utmaningar. Det är därför industrins parter, fackliga organisationer och arbetsgivarorganisationer, startade Teknikcollege. Konceptet består av ett certifieringssystem som ger skolor en kvalitetsstämpel, som visar att de arbetar mot företagets kompetensbehov, om de uppfyller ett antal kriterier.

Perstorp tekniska gymnasium är det tredje som utbildar för kemiindustrin som ingår i Teknikcollege. Sedan tidigare är även Nösnässkolan i Stenungsund och Processstekniska gymnasiet i Munkedal med.

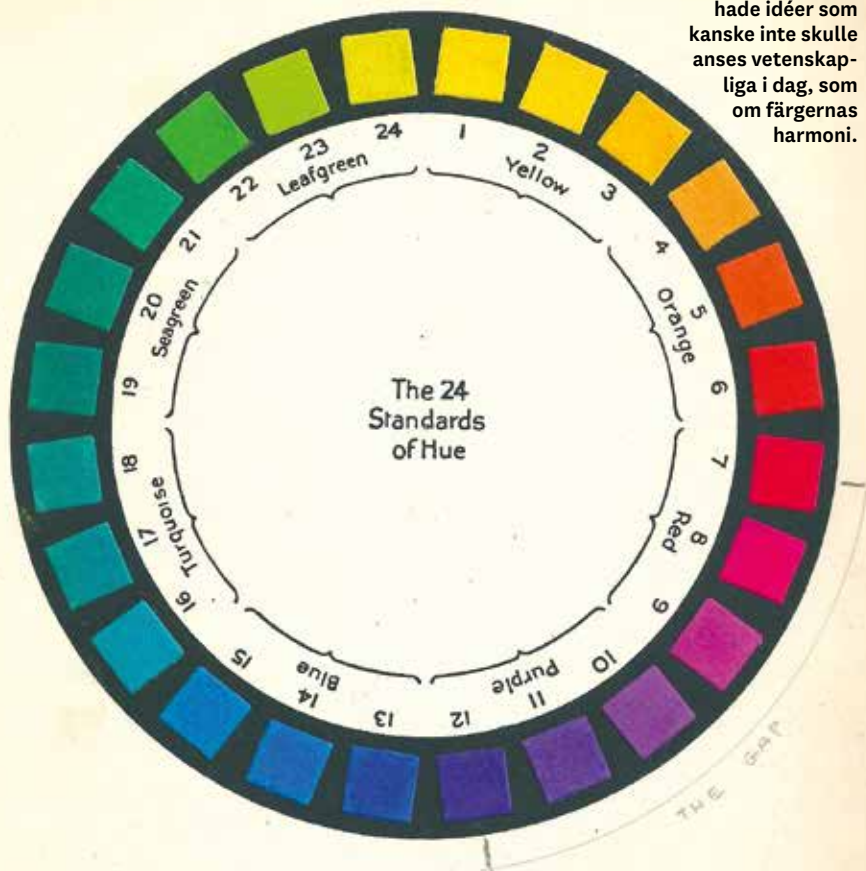
– Teknikcollege är betydelsefullt för våra industrier och en viktig pusselbit i vårt arbete med kompetensförsörjning. Eftersom certifieringsprocessen medför en uppbyggnad av regional struktur för utbildningsfrågor, blir det en kraftfull och viktig aktör för att tillgodose företagets kompetensbehov. Strukturen ger dem en större möjlighet att vara med och utforma innehåll och öka kvaliteten för att matcha deras behov, säger Jonas Hagelqvist, som är styrelseledamot i Teknikcollege och vd för Ikem, Innovations- och kemiindustrierna.

**Joel Andersson, ansvarig för kompetensförsörjning vid Ikem.**



Perstorps tekniska gymnasium är en liten skola med goda resultat.

Wilhelm Ostwald hade idéer som kanske inte skulle anses vetenskapliga i dag, som om färgernas harmoni.



hans vetenskapliga arbeten och skicklighet i laboratoriet, experimentellt bekräftade den nya fysikaliska kemin, särskilt Arrhenius elektrolytiska dissociationsteori.

Wilhelm Ostwald bidrog också aktivt till att institutionalisera den fysikaliska kemin, och medverkade till att detta nya forskningsområde blev en del av den allmänt accepterade vetenskapen. Han ledde det första institutet för fysikalisk kemi, i Leipzig, och startade tidskriften *Zeitschrift für physikalische Chemie*, för att sprida den nya disciplinen. Enligt honom hade kemi i och med den fysikaliska kemins genombrott förändrats från en beskrivande till en rationell vetenskap, allt närmare fysiken. Beskriven på detta sätt tycks Ostwald

vara sinnebilden för en modern och framgångsrik vetenskapsman, fullt värdigt sitt Nobelpris.

**MEN MAN KAN** också betona andra sidor i Wilhelm Ostwalds verksamhet. Han var en av de ledande inom den monistiska rörelsen. Enligt den skulle vetenskapen bygga på det empiriskt givna. Begrepp som inte kunde återföras till empirin var metafysiska och skulle rensas ut. Sålunda ville man ersätta begreppet atom med det då inom vetenskapen så aktuella begreppet "energi".

Allt i naturen kunde uppfattas som egenskaper hos en underliggande energi, materia var ett resultat av motsatta krafters verksamhet. Wilhelm Ostwald delade dessa åsikter och i början av 1900-talet lämnade han sin tjänst i Leipzig och drog sig tillbaka till sin herrgård Landthaus Energie, för att ägna

sig åt vetenskaplig forskning och filosofiskt skriftställereri. Mot bakgrund av utvecklingen inom termodynamiken formulerade han i den andan ett "energetiskt imperativ", med innebörden att vi inte skulle slösa på energi, utan förädla den. Det var utifrån det imperativet han verkade för införandet av ido som vetenskapligt språk – enkelheten i språket innebar ett besparande av energi.

Hans tankegångar låg nära en romantisk panteistisk naturuppfattning och gav uttryck för en tilltro till en underliggande enhet bakom fenomenen i naturen. Den kemiska attraktionskraften kanske inte var något annat än det första steget på den utvecklingslinje som ledde fram till människans själsliga egenskaper. I naturen såg han också en harmonisk helhet och jakten på harmoni låg bakom hans intresse för färgläran. Han menade att färgerna var det primära i våra upplevelser av omgivningen, formerna var beroende av färgerna. Harmoni kunde endast uppstå om färgernas egenskaper stod i bestämda förhållanden till varandra och dessa förhållanden kunde beskrivas med hjälp av matematiska formler. Detta var för honom ett viktigt steg mot en kvantitativ färglära.

Vi kan tycka att den rationella, Nobelprisbelönade, delen av Wilhelm Ostwalds vetenskap inte passar ihop med hans monistiska naturfilosofi, hans åsikter om färgernas harmoni eller hans "utflykter i frimureri" som Arrhenius privat kallade den. Men för honom fanns ingen motsats mellan dessa två delar av tänkandet. De var två sidor av samma mynt och berikade varandra. En historieskrivning som inte tar hänsyn till bägge dessa delar blir ofullständig, och minskar vår förståelse för vetenskapens utveckling.

**Anders Lundgren, professor emeritus i idé- och lärdoms-historia vid Uppsala universitet och medlem i Kemisamfundets kemihistoriska nämnd.**

# Vetenskapsman med kontraster

Den fysikaliske kemisten **WILHELM OSTWALD** hade många talanger.

**WILHELM OSTWALD** betraktas som en av grundarna och en av de främsta förespråkarna för den i början av 1900-talet nya disciplinen fysikalisk kemi. Han gick tillsammans med Jacobus Henricus van't Hoff och Svante Arrhenius ofta under beteckningen "Das wilde Heer der Ionier" (Joniernas vilda

här). Jonbegreppet var centralt i den fysikaliska kemin och skillnaden mellan jon och atom var inte stadfäst vid denna tid. År 1909 fick han Nobelpriset för sina "arbeten över katalys" och sina "grundläggande undersökningar över kemiska jämviktsförhållanden och reaktionshastigheter". Det har sagts att

Tre klasser utsedda

# Vann film-tävling i hård konkurrens

Uppmot 15 000 röster från allmänheten avgjorde vem som vann.

**MER ÄN 250** bidrag kom in till videotävlingen om periodiska systemet. Nio filmer gick till final. Under Forskarfredag i slutet av september kom det in nästan 15 000 röster på finalbidragen. De tre klasserna som vann får fem tusen kronor till klasskassan plus ett besök hos närmaste science center.

– I år är det FN:s internationella år för periodiska systemet. Med tävlingen ville vi fira 150-årsringen, som betydde så mycket för utvecklingen av den moderna kemin och lett till mängder av innovationer. Klasserna som vann finns i Lund, Linköping och Göteborg, men vi vill gratulera alla deltagare. Det märks att eleverna haft roligt när de spelat in sina filmer, säger Lotta Tomasson, som är kommunikationsstrateg på Vetenskap & Allmänhet.

Finalbidragen handlade om allt från vilka grundämnen som påverkat närområdet och om bristen på vissa grundämnen, till om vilka nya grundämnen vi kommer att få i framtiden.

– Det är fantastiskt vilket engagemang. Det var jätteroligt att få ta del av alla tävlingsbidrag och imponerande att så många röstade under Forskarfredag. Kemi är ju väldigt kul och även viktigt för utveckling-

en av hållbara produkter. Vi hoppas förstås att det här kan inspirera ett fortsatt intresse för kemi, säger Ulla Nyman, som är chef för opinionsbildning vid Ikem och styrelseledamot i Kemisamfundet.

#### Vinnarna är:

• **I kategorin årskurs 4–6:** Årskurs 5 på Bilingual Montessori School of Lund med filmen "Jakten på grundämnena 119 och 120".

#### Juryns motivering till finalplatsen:

"Vilka kan de två kommande två grundämnen kunna bli? Hur kommer de att namnges? Det diskuteras i den här filmen på ett roligt och finurligt sätt."

• **I kategorin årskurs 7–9:** NO-inriktningen på Malmslättsskolan Tokarp, Linköping, med filmen "Aluminium".

**Juryns motivering till finalplatsen:** "Det pizzafärgade mineralet bauxit är väldigt viktigt för Malmslätt och det har med kemi att göra. Varför

Filmen "Aluminium" vann i kategorin årskurs 7–9 och nyhetssändningen "Gallium och grafen" i gymnasiekategorin.



det är så får du veta mer om i den här pedagogiska och tydliga filmen".

• **I kategorin gymnasiet eller introduktionsprogram:** Klass NA19a på Klara teoretiska gymnasium, Göteborg, med filmen "Gallium och grafen". **Juryns motivering till finalplatsen:** "Ett genomarbetat manus visar konflikten mellan metallen gallium och det kolbaserade materialet grafen. Filmen behandlar flera olika

perspektiv i en nyhetssändning med en reporter i konfliktens centrum."

**De vinnande bidragen hittas på:** <http://iypt2019.se/videotavling/rosta/VINNARE/>

**Videotävlingen organiserades av:** Forskarfredag (samordnas av Vetenskap & Allmänhet, VA), Ikem, Kemilärarnas resurscentrum, Svenska kemisamfundet samt Nationalkommittén för kemi.

# Äntligen – periodiska systemet i fickan!



**Ladda ner appen gratis!**



**Fickfakta Kemi** är världens första app med det periodiska systemet på svenska. Den innehåller dessutom massor av annan kemifakta. Målgruppen är först och främst högstadie- och gymnasieelever men den är ett smidigt och lättnavigerat litet verktyg för alla som har kemi som intresse eller yrke. Tipsa gärna vänner och bekanta!



**SVENSKA  
KEMISAMFUNDET**