

# APOLLON

FORSKNINGSMAGASIN FRA UNIVERSITETET I OSLO 1/2025

## Kvanteteknologi

– gjør det umulige mulig



8: Kan DNA-teste svevende menneskestøv

10: Bremser aldring med molekyl

UNIVERSITETET  
I OSLO

# APOLLON

FORSKNINGSMAGASIN FRA UNIVERSITETET I OSLO  
www.apollon.uio.no

NUMMER 1/2025 • 35. årgang  
ISSN 0803-6926  
Apollon redigeres etter Redaktørplakaten.

ADRESSE:  
Apollon, Postboks 1076 Blindern, 0316 Oslo

ABONNEMENT (GRATIS):  
apollon@admin.uio.no

ABONNEMENTSANSVARLIG:  
Kristin Kjelstad • 22 85 57 96

## APOLLONS REDAKSJON:



ANSVARLIG REDAKTØR:  
**Trine Nickelsen**  
trine.nickelsen@apollon.uio.no  
22 85 41 33 / 948 63 233



JOURNALIST:  
**Yngve Vogt**  
yngve.vogt@apollon.uio.no  
22 85 40 31 / 905 66 483



JOURNALIST:  
**Morten S. Smedsrud**  
m.s.smedsrud@apollon.uio.no  
22 85 41 34 / 932 54 746

GRAFISK DESIGN:  
Hanne Utigard

SPRÅKKONSULENT:  
Alv Reidar Dale

TRYKK: Aksell

FOTO FORSIDE: Yngve Vogt

Redaksjonen avsluttet i januar 2025.  
Neste nummer kommer i mai 2025.



## Et kvantesprang

Et gigantisk sprang ble tatt for mer enn hundre år siden, da forskerne gjorde den sensasjonelle oppdagelsen: De fysiske lovene som forklarer verden, bryter sammen når skalaen bare blir liten nok. Der inne i mikroverdenen råder en helt egen logikk – som det forvirrende faktum at et foton og andre ørsmå partikler kan være to steder på én gang, eller at et atom er i mer enn én energitilstand på samme tid.

«Enhver som ikke er sjokkert over kvanteteori, har ikke forstått den.» mente Niels Bohr, som sammen med Max Planck og andre fysikere la grunnlaget for kvanteteorien og en helt ny fysikk – *kvantefysikken*.

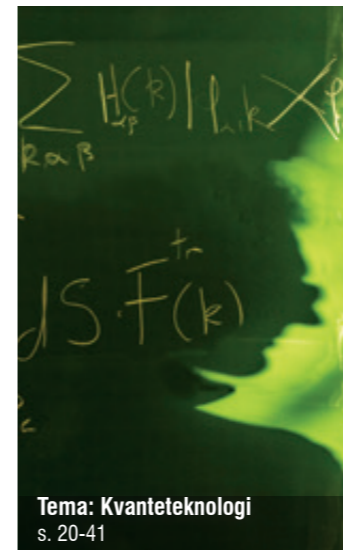
Da åpnet helt nye teknologiske muligheter seg, som siden har forandret samfunnet vårt. Bare tenk på det som gjerne kalles 'verdens viktigste oppfinnelse', transistoren – byggeklossen i all digital teknologi vi kjenner – umulig uten kvantefysikken. Det finnes milliarder av transistorer i smarttelefonen vår.

Nå er grunnen beredt for et nytt sprang mot nye teknologiske løsninger vi ennå bare aner konturene av. Takket være grunnforskning gjennom flere tiår og nye eksperimentelle metoder, er det nå mulig å utnytte fenomener som inntil for ikke så mange år siden først og fremst var teori – som *sammenfiltring*, *superposisjon* og *diskrete tilstander*.

Men hva er dette egentlig? Mange av oss må kanskje innse at vi aldri virkelig vil forstå kvanteteknologi. Heldigvis er vi i godt selskap. Da tidligere generalsekretær Jens Stoltenberg besøkte NATOs nye kvantesenter i København i 2022, innrømmet han overfor avisa *Information*: Jeg lot som jeg forstod spørsmålene som var nedskrevet. Jeg leste spørsmålene, men jeg forstod dem ikke, og jeg forstod ikke svarene. Men det gikk opp for meg, det er ekstremt viktig teknologi – for oss alle sammen.

Apollons forskningsjournalist *Yngve Vogt* tar oss med inn i denne verdenen og presenterer den hittil mest omfattende, populærvitenskapelige framstillingen av kvanteteknologi på norsk. Apollons nye utgave kan dermed hjelpe oss litt på veien mot å forstå, og ikke minst bekrefte hvor viktig teknologien er: Den kan skape medisinske gjennombrudd, styrke landets sikkerhet og bidra til å løse klimakrisen. Dyktige forskere og forskningsmiljøer på Universitetet i Oslo er med på kvantespranget.

*Trine Nickelsen*  
Trine Nickelsen, ansvarlig redaktør

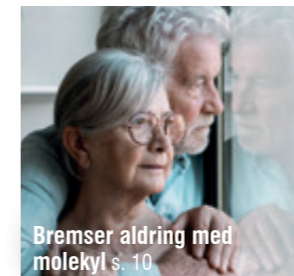


Tema: Kvanteteknologi  
s. 20-41



” Jeg likte kulturen og det etiske systemet i kirken, men å bli konvertitt? Det virket litt mye.

Møt **Janne Haaland Matlary** i portrettet, s. 42-47



Bremser aldring med molekyl  
s. 10



Kriminell ungdom og foreldre  
s. 14



De svakes krig, fred og rett  
s. 50



## INNHOLD

### ARTIKLER:

- 8 **DNA FRA MENNESKER SVEVER I LUFTEN**  
Ny etterforskningsmetode mot kriminelle
- 10 **BREMSE ALDRING OG SYKDOM**  
Lite molekyl med stor virkning
- 14 **KAMPEN MOT UNGE KRIMINELLE**  
Foreldre har fire ulike strategier
- 18 **MANGE GUTTER GJØR DET DÅRLIG PÅ SKOLEN**  
Norge og Sverige er uenige om hvorfor

### TEMA: KVANTETEKNOLOGI

- 20 **KVANTETEKNOLOGIEN TAR AV**  
Bygger på 100 års grunnforskning
- 26 **VERDENS RASKESTE DATAMASKINER**  
Kan skape bedre medisiner
- 30 **KI DRIVER KVANTETEKNOLOGIEN VIDERE**  
Skjer med galopperende hastighet
- 32 **NORGE KAN SATSE PÅ KVANTESENSORER**  
Ekstrem presisjon på atomnivå
- 36 **KJELTRINGER TRUER DAGENS INTERNETT**  
Kvantekommunikasjon er neste steg
- 38 **NORSKE FORSKERE OPPDAGET UKJENTE PARTIKLER**  
Kan bli viktig i fremtidens kvantedatamaskiner

### ARTIKLER:

- 42 **PORTRETET**  
Janne Haaland Matlary
- 48 **STERILISERT UTEN Å VITE DET**  
Lurt til å tro de fikk hjelp
- 50 **REGLENE FOR KRIG UNDER PRESS**  
Mennesker rammes nådeløst
- 56 **SMITTEBEREGNINGER VEKKER DEBATT**  
Statistikere er svært uenige

### BOKNYTT:

- 58 **OSS DYR IMELLOM**  
Atferden vår, levevis og utseende



FOTO: JON STORM-MATHISEN

## Straum kan gi betre syn

Det er om lag tre hundre millionar synshemma personar i verda. Av dei er om lag førti millionar heilt blinde. Dei vanlegaste årsakene til blindskap er sjukdommar som påverkar synsnerven og netthinna.

I avhandlinga si har *Sam Enayati* undersøkt kva effekt litt straum, altså elektrostimulering, har på netthinna.

Han fann ut at elektrostimulering kan betra synet. ●

KIRSTEN KJELDSBERG OSEN er slått til Ridddar av 1. klasse av Den Kongelege Norske St. Olavs Orden. Ho får utmerkinga for den medisinske forskinga si.

## No er ho slått til riddar av 1. klasse

**Kirsten Kjeldsberg Osen er 96 år og framleis aktiv forskar.**

Ho er den første kvinna i Noreg som vart professor i medisin. På sekstitalet kartla ho dei innfløkte høyrselebanene i hjernen og danna skule innafør hjerneforskninga. Gjennom åra har ho fornå medisinutdanninga og undervist mange generasjonar legar.

No forskar Kirsten Kjeldsberg Osen på hippocampus, som spelar ei viktig rolle når me lærer, hugsar og orienterer oss.

I meir enn førti år har ho hatt eit brennande engasjement for ei verd utan atomvåpen, og lagt ned ein ekstraordinær innsats i *Norske leger mot atomvåpen*. For innsatsen hennar har kong Harald utnemnt henne til Ridddar 1. klasse av Den Kongelege Norske St. Olavs Orden. ●



FOTO: DET KONGELEGE HOF

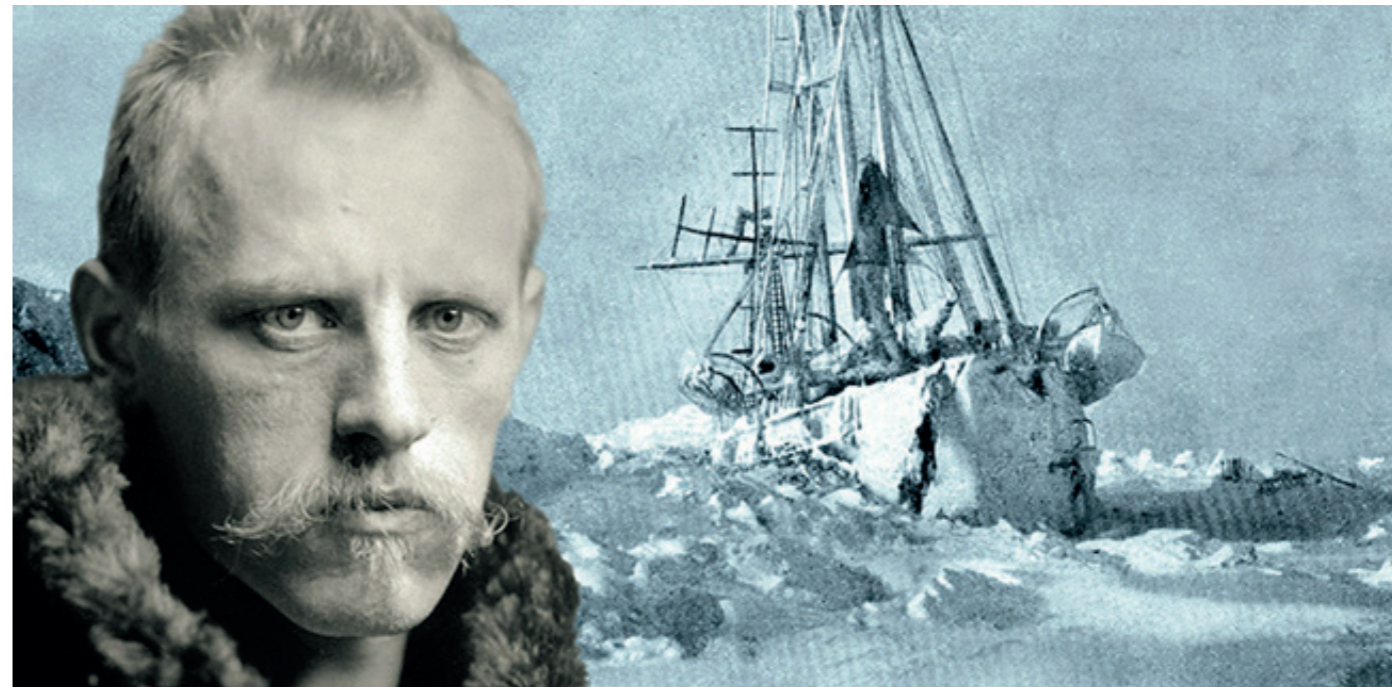


FOTO: HISTORIENT.NO

## Revmatikarar kan styrkja hjartet

Pasientar med revmatiske leddsjukdommar har auka risiko for hjarte- og karsjukdom. Aerob kapasitet, evna kroppen har til å ta opp, transportera og bruka oksygen under fysisk aktivitet, er sterkt knytt til denne risikoen. I avhandlinga si undersøkte *Kristine Røren Nordén* effekten av 12 veker med høgintensitet intervalltrening leidd av fysioterapeutar. Resultata viser ein tydeleg auke i aerob kapasitet etter tre månader, som vart halden oppe etter seks månader, sjølv etter avslutta rettleidd trening. ●

## Retting

«Protonterapi gjer meir skade» var overskrifta på ein notis i førre utgåve av *Apollon*. Me kom i skade for å skriva feil namn på henne som har skriva avhandlinga vi omtalar. Rett namn er *Inga Solgård Juvkam*. *Apollon* beklagar. ●

## Då forskingsdata frå Fram vart 'lossa av' på Observatoriet

**Ein liten notis frå Fridtjof Nansen viser ein ekspedisjonsleiar som blir stadig meir bekymra for forskingsmaterialet sitt, medan han skriv.**

Nansen hadde nettopp komme heim frå Framferda. Notisen frå 1896 er til professor Geelmuyden, styraren på Observatoriet:

**Kjære Geelmuyden!**

*Jeg tar mig den frihed at sende vore samlinger til observatoriet sammen med instrumenterne, med bøn om at det alt måtte få husrom der de første dage indtil jeg får lidt mere pusterum. Kunde det alt sættes sammen på et sted og kunde De forhindre at nogen rodet deri eller overhovedet kom sagerne nærmere end på 20 skridt vilde jeg være Dem til døden forbunden.*

*Jeg skal med det allerførste komme og ordne dermed selv. Mange hjertelige hilsener fra Deres hengivne Fridtjof Nansen*

**Sjå det sjølv.** – Denne humoristiske og litt stressa beskjeden frå Nansen er i arkiva til Observatoriet – som blir ordna og gjorde tilgjengeleg i desse dagar, fortel *Anne Vaalund* ved Museum for universitets- og vitkaps historie på Universitetet i Oslo. Om litt er det mogeleg for alle å søkja i arkivet gjennom portalen *Alvin*. Delar av materialet blir digitaliserte. ●



FOTOMJUV

TELEGRAM: Ei lita kjelde som dette kan romma mykje historie! I arkivet til Observatoriet ligg også Geelmuydens brevutkast til Nansen og Nansens vidare svar.



FOTO: OSLOMUSEUM

## Får raskare hjelp ved slag

Ved hjerneslag er rask behandling avgjerande, kvart minutt tel. Om ambulanspersonell får bruka same metode som legane til å avdekkja slag, blir tida redusert frå pasienten kjem til sjukehuset og til det blir teke CT-bilete og rett behandling vert vedteken. Det viser *Mona Guterud* i avhandlinga si. ●

## Mange har demens, men veit det ikkje

Meir enn hundre tusen nordmenn har demens i dag. Om 25 år er talet truleg det doble. Blant dei som bur på sjukeheimar, har 66 prosent fått ein diagnose, medan blant dei som bur heime, har berre 20 prosent fått ein diagnose. Det går fram av doktoravhandlinga til *Linda Gjora*. ●

## Veit ikkje kor skadeleg det er

I avhandlinga si har *Siri Kaldenbach* undersøkt samanhengen mellom inntak av energidrikk og helse blant ungdom i Noreg.

Forbruket har auka mykje sidan 2015, både blant gutar og jenter.

Det meiner forskaren er bekymringsfullt sidan vi enno ikkje veit nok om dei negative langtidseffektane av høgt inntak. ●



NÆRING OG KJÆRLEIK: Truleg ber vi alle celler frå modrene våre. Kvinner har i tillegg celler frå barna dei har fødd. Fostercellene som vandrar inn i kroppen til mora, bidreg til å forsterka straumen av næring og kjærleik til barnet.

## Celler vandrar frå foster til mor

**Mens ei kvinne er gravid, kan celler frå fosteret vandra over til mors kropp og halda fram med å vera der i fleire tiår. Det kan påverka helse hennar lenge etter ho har fødd barnet.**

Frå evolusjonens side har cellebyttet mellom foster og mor truleg ein positiv effekt. Det kan styrkja helse til mora og sikra at barnet overlever. Men i svangerskap der morkaka sviktar, kan det vera at fostercellene også «blir sjuke» og dermed får ein negativ effekt.

Morkakesvikt kan bidra til at kvinna får svangerskapsforgiftning eller dårleg regulert blodsukker og at fosteret ikkje veks som det skal. Det aukar risikoen for vanhelse og død både hos mor og barn. Kvifor fører morkakesvikt til desse

komplikasjonane?

I doktoravhandlinga si viser *Heidi Elisabeth Storebø Fjeldstad* for første gong at når morkaka sviktar, blir fleire fosterceller overførte til blodet hos den gravide. Når blodsukkeret hennar aukar, veks risikoen for at fleire fosterceller går over i blodbana hennar.

Det kan tyda på at desse cellene spelar ei rolle når blodtrykket til gravide med svangerskapsforgiftning aukar. ●

## Har annleis 'mandel' i hjernen

**Amygdala er ein liten, mandelforma struktur i tinninglappen. Den er sentral når me bedømmer om noko er trugande eller farleg.**

I doktorarbeidet sitt har *Christina Bell* samanlikna MR-bilete av hjernane til forvaringsdømde og hjernane til friske personar – med hjernane til psykosepasientar med og utan valdshistorikk. Då fann ho ut at amygdala er annleis hos psykosepasientar som har vore valdelege enn amygdala hos friske personar. Nokre av amygdalas indre kjernar viste seg å vera mindre. Desse kjernar er knytte til frykt- og stressresponsar. ●



ILLUSTRASJON: NTB SCANPIX

## Ungdom bør få gratis vaksine

*Sara Viksmoen Watle* har undersøkt kor utsett norsk ungdom er for smittsam hjernehinnebetennelse.

Studiane viser at kvar sjette attenåring hadde meningokokk-bakterien i halsen og at halvparten av bakteriane kan gi alvorleg sjukdom. Under éin av fem uvaksinerte ungdommar hadde anti-stoff mot bakterien i blodet.

Den helseøkonomiske analysen hennar viser at ungdom bør få gratis vaksine mot sjukdommen. ●

## Skulen påverkar oss heile livet

Negative erfaringar i skulen kan ha konsekvensar gjennom heile livsløpet. Det går fram av avhandlinga til *Kathryn Christine Beck* på Institutt for sosiologi og samfunnsgeografi.

Ho har undersøkt følgjane av å vera yngst i ein skuleklasse, å stryke på eksamen eller å droppa ut og å gå tilbake til skulen.

Konklusjonen er at erfaringar og opplevingar på skulen kan påverka meir enn utdanninga og karrieren vår – det kan også påverka helse, ekteskap og fruktbarheit. ●



DEI MÅTTE GÅ: Tidlegare forskings- og høgare utdanningsminister Ola Borten Moe investerte i aksjar i Kongsberg Gruppen kort tid før regjeringa ga ein milliardkontrakt til dotterselskapet Nammo. Tidlegare helseminister Ingvald Kjerkol fekk stroke masteroppgåva si i helseleiing på grunn av fusk.

## Sunt å gi statsrådar sparken

**Det viktigaste er ikkje at ting som innsidehandel og habilitetsbrot ikkje skjer – men at statsråden som blir teken, faktisk må gå av.**

Det går fram av doktoravhandlinga til *Jonas Willibald Schmid* ved Institutt for statsvitenskap.

Sidan Jonas Gahr Støre vart statsminister for tre år sidan, har sju statsrådar gått av på grunn av ulike misferder og skandalar. Det som først høyrst ille ut, er faktisk ein indikator på at det norske demokratiet fungerer ganske bra, understrekar Schmid.

– Demokrati held tenestemenn ansvarlege

for å gjera jobben sin i alle si interesse, og at dei får sparken viss dei ikkje gjer det – i motsetnad til i diktatur.

Dette hindrar at den dårlege åtferda gjer substansiell skade, og det gir andre statsrådar insentiv til å oppføra seg ordentleg. Slik tenderer dei viktigaste personane i staten mot å gjera jobben sin godt, og bidreg til å forklara kvifor demokrati generelt er rikare og meir velfungerande. ●

## Kan behandla kreft meir presist

**Når legemidla blir frakta rett til svulsten og verkar berre der, unngår ei belastande behandling som verkar på heile kroppen og gjev biverknadar.**

Mange forskar no på målretta medisiner. Cellegift blir kapsla inn i nanopartiklar, som bevegar seg gjennom kroppen. I kreftsvulsten kan partiklane opna seg opp og frigje gifta til kreftsvulsten utan å skada omkringliggjande vev.

I doktorarbeidet sitt har *Athar Mahdiah* på Avdeling for farmasi brukt kjemiske forbind-

elsar frå planter, det me kallar *saponinar*.

Han testa eit saponinrikt planteekstrakt kapsla inn i nanopartiklar, på kreftceller. Behandlinga viste seg å drepa kreftceller effektivt i mus, samtidig som ho skåna friske celler.

Men det er langt fram til slik behandling hos menneske. ●



FINNER SPYTT OG FLASS: Menneskekroppen kvitter seg med rundt tusen celler per kvadratcentimeter hud hver eneste time vi lever. Dette blir hengende i luften som små partikler en stund, før det faller til bakken som støv.

FOTO: NTB SCANPIX

# De første som fant DNA fra mennesker svevende i luften

Forskere utvikler ny etterforskningsmetode som blant annet kan brukes til å bekjempe organisert kriminalitet.

**Tekst: Morten S. Smedsrud**

De kriminelle bruker hansker og er nøye med å tørke av flater og våpen etter et vellykket brenn. Politiet sitter igjen uten tekniske spor som DNA-profil, finger- eller skoavtrykk – og etterforskningen avblåses.

Vi har sett det utallige ganger både på tv og i virkeligheten. Men hva hvis etterforskerne bokstavelig talt kunne trekke løsningen på gåten rett ut av luften?

Forskere på Institutt for biovitenskap ved Universitetet i Oslo og Oslo universitetssykehus har nå utviklet en metode for å gjøre nettopp det.

– Vi har for første gang klart å finne DNA svevende i luften, forteller en stolt, nyslått doktor *Chiara Fantinato* på Institutt for klinisk medisin.

Veileder og medforfatter på forskningsartikkelen «*The Invisible Witness: air and dust as DNA evidence of human occupancy in indoor premises*», *Ane Elida Fonnelop*, stemmer i.

– Dette kan, som tittelen sier, være et stille vitne til kriminelle handlinger som etterforskere tidligere ikke har hatt tilgang til.

**Fant kollegenes DNA.** De startet langt unna noe åsted for ulovlige handlinger.

## » Vi regisserte et innbrudd i en bolig.

– Vi satte opp det første luftfilteret for å forsøke å samle DNA fra luften her inne på kontoret på Rikshospitalet.

Forskerne hentet luftprøver like etter at de ansatte hadde vært på kontoret hele dagen. De gjorde det samme om morgenen dagen etter.

– Filteret fanger opp partikler fra omgivelsene, som senere blir sendt til laboratoriet for undersøkelser.

Spenningen var stor da de første resultatene kom tilbake fra «labben».

– Særlig prøvene som var tatt rett etter folk hadde gått fra jobben, inneholdt tilstrekkelig genetisk materiale til å lage DNA-profiler. Dagen etter var det ikke like mye.

«Time is of the essence», som de sier i krimseriene.

– Hvis dette skal brukes som et verktøy i etterforskning, er det viktig at krimteknikerne kommer på stedet så raskt som mulig.

**Regisserte innbrudd i bolig.** Men kontoret på sykehuset er én ting.

– Vi fant ut at vi måtte inn i mer normale miljøer. Vi gjør nå de samme testene i vanlige hus. De varierer en del i ventilasjon, hvor mange som bor der, og hvor mange som kommer på besøk.

Selv om DNA-testing i normale hjem er teoretisk interessant, er det ikke det som er formålet med metoden. Forskerne ville gjøre noe som ligner mer på virkeligheten – de regisserte et innbrudd i en bolig.

– Vi sendte en «gjerningsperson» inn på kjøkkenet. Han romsterte der inne i et kvarters tid før han forlot «åstedet».

Etter en antatt normal responstid for politiet rykket forskerne inn med utstyret sitt.

Ville de finne skurkens DNA svevende i luften på kjøkkenet i det vanlige, norske hjemmet?

Rapporten fra de siste eksperimentene er ikke publisert ennå.

– Men vi kan allerede nå si at vi har gjort svært interessante funn, smiler Fantinato og Fonnelop på en måte som gjør at vi tenker vårt om resultatene som vil bli publisert i løpet av kort tid.

**Vi omgis av spytt og flass.** Så hvordan er det mulig at det er så mye DNA svevende rundt oss at etterforskere forhåpentlig kan bruke det til å fange kriminelle? Det korte svaret: spytt og flass.

– Menneskekroppen kvitter seg med rundt tusen celler per kvadratcentimeter hud hver eneste time vi lever.

Dette blir hengende i luften som små partikler en stund, før det faller til bakken som støv.

– Vi kan finne DNA i støv som har ligget i kroker

og kroker i opptil to år, forteller forskerne.

Under pandemien lærte vi betydningen av *aerosoler* – ørsmå dråper eller partikler av fast stoff eller væske som svever i en gass, som luften vi lever og puster i.

– Den gang handlet det om å unngå de flyvende dråpene. For oss handler det nå om å få tak i dem.

Den faglige fellesbetegnelsen på spytt og flass er *environmental DNA (eDNA)* – kort og godt DNA fra omgivelsene våre.

– Rettsmedisinere har vært klar over at eDNA kan forurense tradisjonelle DNA-prøver fra åsteder i mange år. Men rettsmedisinerne har vært lite interessert i å bruke eDNA som en del av etterforskningen, og ikke bare se den som uønsket forurensning.

**Går etter organisert kriminalitet.** Å få hjemmet sitt vandalisert kan være grusomt for dem som opplever det. Men det fins langt mer samfunnsnedbrytende ulovlige aktiviteter.

Organisert kriminalitet står bak en svart undergrunnsøkonomi i milliardklassen. Pengene skaffes til veie med narkotikahandel, prostitusjon og drap.

I ett scenario ser forskerne for seg hvordan de kan finne bakmennene i det som folk flest kaller mafiaen.

– De holder seg ofte med lokaler der de produserer sprengstoff eller syntetiske rusmidler i en periode før lokalene forlades av sikkerhetsgrunner.

Men DNA kan være et usynlig vitne til ugjerningen.

– Metoden vår kan kanskje etter hvert brukes til å fange opp DNA fra luften og i støv på steder der det er begått alvorlig kriminalitet.

**Kan det misbrukes?** Metoden kan åpenbart bli nyttig for forskere og etterforskere.

Men hva om noen med mindre edle hensikter får tak i teknologien? Kan en avdelingsleder bruke det til å overvåke om de ansatte jobber like mye som de hevder?

– Eller om noen har vært på et kontor de egentlig ikke burde vært på? ler Fonnelop.

Dystre igjen: Kan en despot finne ut hvem som har konspirert mot ham til tross for at det hemmelige politiet ikke fant skjulestedet før det ble forlatt?

– Det er klart dette reiser noen etiske problemstillinger som vi må reflektere grundig over, sier Fonnelop.

I første omgang er det heldigvis lite realisme i slike framtidsscenarier.

– For å vite hvem som har vært i et rom må vi ha DNA-et fra før i en referansedatabase. Det vil også være nødvendig å ha tilgang til et avansert laboratorium for å kunne gjøre denne typen undersøkelser, forsikrer Fonnelop. ●



FOTO: MORTEN SMEDSRUD

**BEKJEMPER KRIMINALITET:** – Metoden vår kan kanskje brukes for å fange opp DNA fra luften og i støv på steder der det er begått alvorlig kriminalitet, sier Ane Elida Fonnelop (over) og Chiara Fantinato.



FOTO: MORTEN SMEDSRUD

LITE molekyl med STOR virkning:

# Bremser aldring og sykdom

Det viktigste molekylet for et langt og friskt liv reduseres dramatisk når vi bli eldre. Nå utvikler forskere medisiner som øker nivået igjen. Det er godt nytt – ikke minst for dem som rammes av Alzheimer.

Tekst: Trine Nickelsen

Det finnes i alle celler og har ekstremt viktige oppgaver i kroppen vår – det lille molekylet med det lange navnet *nikotinamid-adenin-dinukleotid* – bedre kjent som NAD<sup>+</sup>. Molekylet trengs i mer enn fem hundre forskjellige og livsviktige reaksjoner inni cellene våre.

Men dessverre – med alderen mister cellene evnen til å produsere nok NAD<sup>+</sup> til å beskytte seg selv og utføre oppgavene sine. Når kroppen vår eldes, er den nemlig ikke lenger like god til å ta opp og utnytte næringsstoffene som skal til for å produsere det viktige molekylet. Skader fra miljøet, dårlig kost, mangel på mosjon og kronisk stress kan også redusere produksjonen og øke forbruket.

Det begynner tidlig. Nivået av NAD<sup>+</sup> synker så smått allerede fra vi er i trettiårene. Når vi runder seksti, viser studier at nivået er falt med 50 prosent i huden og med 10-25 prosent i musklene og i hjernen. Etter hvert kan energistoffskiftet i cellene svikte, og skader i cellene repareres ikke like lett. Da øker risikoen for å utvikle sykdom.

**I mye bedre form.** Det ble oppdaget i 1906. Siden har molekylet vært mye studert i mange land. For om lag ti år siden begynte forskere å eksperimentere med å gjenopprette NAD<sup>+</sup>-nivåene i cellene til dyr. Resultatene er til dels oppsiktsvekkende. Dyrene viser seg å komme i bemerkelsesverdig mye bedre form – de er friskere selv om de er gamle.

En av dem som har bidratt aller mest her til lands, er *Evandro Fei Fang*. Han er førsteamanuensis på Avdeling for klinisk molekylærbiologi ved Universitetet i Oslo og på Akershus universitetssykehus.

– Å gjenopprette nivået av NAD<sup>+</sup> i cellene kan bli en av de viktigste måtene å forebygge sykdommer på, og bidra til friskere og sunnere aldring.

Fang har etablert en svært aktiv gruppe som forsker på aldring og demens på internasjonalt høyt nivå, Evandro Fang Lab. Virksomheten

foregår blant annet på det ultramoderne EpiGen-laboratoriet ved Ahus.

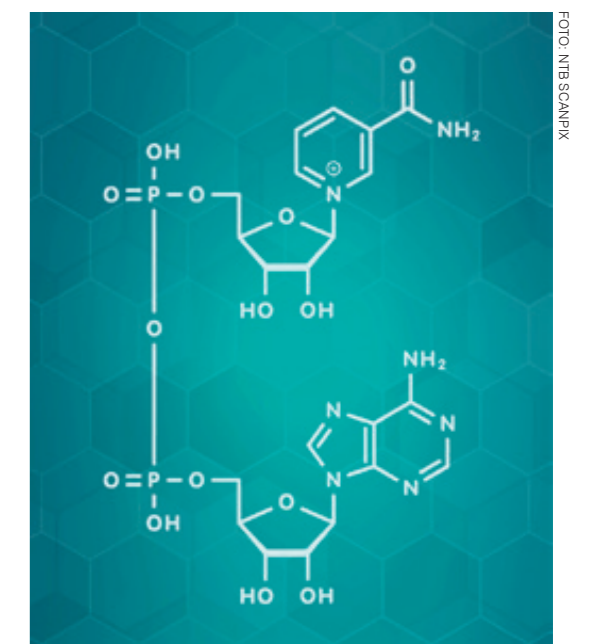
– Når vi øker nivåene av NAD<sup>+</sup>, ser vi at det har direkte og positive virkninger på nyrer, nerver, hjerte, blodkar, immunforsvar og stoffskifte – og ikke minst på hjernen.

**Ingen kur.** Stadig flere får hjernesykdommen det er umulig å bli frisk av. Alzheimers sykdom er den vanligste årsaken til demens, og over hele verden jobber forskere intenst med å finne medisin som virker. Hvorfor sykdommen oppstår, er ikke klart.

Men noe vet forskerne: I hjernen til Alzheimer-pasienten dannes giftig proteinplakk og nerve-celleflokke. Dette 'avfallet' blokkerer kommunika-

SER TIL MOLEKYLENE: For å forklare hvorfor vi får rynker, hvorfor vi mister muskler, mister hukommelsen – går forskerne til molekylene. Etter hvert som kunnskapen øker, øker også mulighetene til å forebygge sykdom og skrøpelighet.

FOTO: NTB SCANPIX



**SUPERMOLEKYL:** Se nøye på dette molekylet, NAD. Det er kanskje det viktigste du har. Molekylet trengs i mer enn fem hundre livsviktige reaksjoner inni cellene dine. Ikke noe annet molekyl er tettere knyttet til aldring.

## » Det er tydelig at når vi kombinerer NAD<sup>+</sup> med fysisk trening, oppstår en synergieffekt.

sjonen mellom nervecellene og bryter av prosessene som cellene trenger for å overleve. Flere hundre legemidler har vært testet ut – de fleste rettet mot å eliminere slike plakk og floker, men uten å få det til.

**Et nytt spor.** Evandro Fei Fang og kollegene hans har valgt et annet spor. Sporet er blitt omtalt som 'banebrytende' i den intense jakten på effektive medisiner mot den dødelige sykdommen. Hypotesen deres er at cellene selv kan greie jobben med å fjerne det dødbringende avfallet som oppstår i hjernen hos pasientene. De trenger bare litt hjelp.

– Vi har konsentrert mye av forskningen vår om de små energifabrikkene som befinner seg inne i cellene våre, *mitokondriene*. De produserer energien som cellene trenger for å utføre oppgavene sine. Ved å bruke oksygen danner mitokondriene energi som cellene trenger. NAD<sup>+</sup> er avgjørende for å få det til, påpeker Fang.

De små kraftverkene er ikke minst viktige i hjernen. Selv om hjernen bare utgjør fire prosent av kroppsvekten, krever den store mengder energi. Mitokondriene i hjernen produserer hele 25 prosent av energien kroppen bruker. Hver hjernece-llule har flere hundre små kraftverk til å gjøre jobben.

**Håndterer avfall.** Men cellene krever mer. For at de skal holde seg friske er de avhengige av et godt renovasjonssystem. Til stadighet skades og dør ulike deler av cellene. Normalt blir avfallet – proteiner og organeller, brutt ned av enzymer og går inn i stoffskiftet på nytt. Nesten ingenting går til spille – og uten at avfall hopper seg opp og skader cellen. Denne prosessen kalles *autofagi*, som betyr selvspising.

Når rensesprosessen omfatter mitokondriene, kalles den *mitofagi*. At mitokondrier får skader er derfor ikke farlig i seg selv: I unge, friske celler blir biter av de ødelagte mitokondriene effektivt fjernet og resirkulert.

Fang ber oss se for oss en søppelbil som fjerner avfall og holder byen ren.

– I cellene er mitokondriene motoren i denne bilen. Det trengs en sterk motor for å få jobben gjort. Men når vi blir eldre, fungerer dessverre ikke motoren like godt som før. Mitokondriene er slitne etter langvarig arbeid. Det kan få alvorlige konsekvenser. Avfall hopper seg opp og kan gjøre stor skade.

**Renholdet svikter.** Fang og forskergruppen hans har påvist at vi får flere og flere ødelagte mitokondrier etter hvert som vi blir eldre. Cellene klarer heller ikke å kvitte seg med restene fra de små kraftverkene sine. Opphopning av ødelagte mito-

kondrier forstyrrer de normale prosessene i cellen. For noen får dette ekstra alvorlige konsekvenser.

– Vi vet at mitokondriene er skadet og ødelagt hos folk med Alzheimer. Cellenes kraftverk produserer ikke lenger energien cellen trenger for å bli kvitt hjernesøppelet. Avfallsstoffer samler seg isteden opp i hjernen.

Når renholdet svikter, greier ikke cellene å produsere like mye energi som før. Etter hvert vil det føre til massedød av nerveceller i hjernen – som vi ser hos mennesker med Alzheimer, Parkinson og andre nevrodegenerative sykdommer.

**Årsak til Alzheimer.** Å forstå hvorfor Alzheimer oppstår er avgjørende for å kunne hindre den i å utvikle seg. Det er ikke akkurat hverdagskost å peke ut en ny årsakssammenheng for sykdommen som rammer millioner av mennesker i verden. Men det er akkurat dét forskerkollegene på UiO og Ahus gjør.

– Sviktende mitokondie-renhold, defekt mitofagi, er en viktig årsak til utviklingen av Alzheimers sykdom, slår Evandro Fei Fang fast. Hypotesen hans har blitt svært godt mottatt i det internasjonale forskningsmiljøet og har blitt understøttet av forskning i flere land.

– Når motoren fungerer, når cellenes mitokondrier er friske, lages det energi nok til at cellene effektivt kan rense seg selv. Det kan bremse eller stoppe sykdomsutviklingen hos pasienten. Derfor blir det om å gjøre å reparere søppelbilens motor og komme i gang med ryddejobben som har ventet så lenge, sier Fang.

**Får renholdet i gang igjen.** Forskerne bestemte seg for å lete etter stoffer som stimulerer til selvrens.

– I forsøkene våre har vi greid å finne fram til flere molekyler som har denne virkningen – først og fremst NAD<sup>+</sup>. Molekylet deltar i energiproduksjonen i mitokondriene og i mange andre reaksjoner i cellen. I mitokondriene finnes det normalt rikelige mengder av NAD<sup>+</sup>, men mengden avtar altså med alderen.

I flere forsøk har Fang og kollegene gitt tilskudd av molekylet.

– NAD<sup>+</sup> kan ikke gå inn i cellene direkte, men kroppen kan bruke forløpere som cellene så omdanner til NAD<sup>+</sup>. En slik forløper er *nikotinamid-ribosid* (NR), som er en form for vitamin B3.

**Mus på svøm.** Fang og kollegene har gjennomført mange tester på laboratoriet for å finne ut om NAD<sup>+</sup> har virkningen de håper på. En av testene går under navnet 'vannlabyrinten'.

– Mus kan svømme, men de hater vann. Vi slip-



FOTO: TRINE NICKELSEN

**HJELP TIL MANGE:** – Om resultatene blir slik vi håper og tror, kan vi gjøre mer enn å hjelpe Alzheimerpasienter. Da kan vi hjelpe mange til å unngå noen av de tilsynelatende uunngåelige effektene av aldring, som skrøplighet og pleiebehov, sier Evandro Fei Fang.

### FAKTA: Evandro Fei Fang

• Evandro Fei Fang ble rekruttert til Norge i 2017 av professor Hilde Loge Nilsen (UiO).

• Fem år tidligere begynte Fang sin postdoktorutdanning i laboratoriet til den dansk-amerikanske forskeren Vilhelm Bohr. De startet forskningssamarbeid om NAD<sup>+</sup> og aldring sammen med Hilde Loge Nilsen.

• I 2017 Fang etablerte laboratoriet sitt i Norge, Evandro Fang Lab, bare 35 år gammel.

• Han sier selv han var ekstremt heldig som hadde et 'karrierementor-team' til å veilede sin nye karriere i Skandinavia: UiO-professorene Hilde L. Nilsen, Linda H. Bergersen og Jon Storm-Mathisen, og Lene J. Rasmussen ved Københavns Universitet.

## » At vi kan ha sterke muskler og en frisk hjerne når vi er nitti, det er målet vårt.

per forsøksmus med Alzheimer ut i en beholder med vann, etter først å ha vist dem at det finnes en liten plattform de kan redde seg opp på – men som er litt under overflaten og som de derfor ikke kan se. De må huske plasseringen. Vi ser at musene svømmer rundt uten mål og mening. De har åpenbart glemt hva de lærte. Vi ga musene forløpere til NAD<sup>+</sup> i drikkevannet og gjorde testen på nytt. Hukommelsen hadde forbedret seg. Musene fant plattformen etter en stund.

Forskerne har vist at når de i tillegg trener musene fysisk, blir effekten større:

– Vi lot dem løpe på tredemølle 30 minutter hver dag i to måneder. Da vi tok vannlabyrinten igjen, hadde hukommelsen bedret seg enda mer, musene svømte rett mot plattformen, forteller Fang.

– Det er tydelig at når vi kombinerer NAD<sup>+</sup> med fysisk trening, oppstår en synergieffekt, to sammen virker altså bedre enn én. Kombinasjonshandlingen stimulerer mitofagi og motvirker hukommelsestap hos forsøksdyrene.

**Tester på mennesker.** – Men kan de opploftede resultatene overføres til oss mennesker?

– Vi har forsket på de underliggende, molekylære mekanismene i mange år og vet at de er felles for ulike arter. På laboratoriet har vi testet stoffene på hjernevev fra mennesker med Alzheimer. Resultatene bekrefter det vi fant hos forsøksdyrene. Nå gjør vi studier direkte på mennesker for å undersøke effekten av NAD<sup>+</sup> på Alzheimers sykdom. Forsøkene foregår i Danmark og ledes av professor Vilhelm Bohr, barnebarnet til fysikeren Niels Bohr, forteller Fang.

Forskerne vet at forsøkene er trygge, men er spente på å dokumentere nytten demenspasienter har av NAD<sup>+</sup>.

– Å finne den riktige dosen og identifisere mulige bivirkninger er noen av målene vi har for disse utprøvingene. Så langt har vi ikke funnet noen bivirkninger i forsøkene våre.

**Tropisk frukt virker.** Men også flere andre naturlige molekyler har vist seg å øke cellenes evne til å rense seg selv, blant annet molekyler fra tropiske frukter.

– Vi har identifisert og testet molekyler fra granateple og pasjonsfrukt – som vi ser kan gjøre avfallshåndteringen mer effektiv. Et av de mest spennende funnene våre er pasjonsfruktens effekt. Vi har oppdaget at et ekstrakt fra pasjonsfrukt kan øke rensesprosessen i cellene, forteller han.

Forsøkene er utført på mus, på rundormen *C.elegance* og også på levende hjernevev fra mennesker.

– Da vi tilførte stoffene, satte det i gang rensing av de dysfunksjonelle mitokondriene i hjernecellene. Vi så at dyrene fikk redusert hukommelsestapet sitt betraktelig.

**Medisin mot Alzheimer.** Evandro Fei Fang sier at grunnforskningen han og kolleger har drevet i mange år, nå gjør det mulig å ta forskningen et steg videre.

– Målet vårt er å utvikle en medisin som stimulerer cellenes evne til selvrensing. Da kan vi angripe Alzheimers sykdom på et tidlig stadium, før ødeleggelsene har kommet for langt, understreker han.

Fang roser doktorgradsstudentene sine, rekruttert fra mange forskjellige land.

– De er ivrige og jobber svært hardt. Mye arbeid gjenstår, men jeg tror det er mulig å utvikle medisiner for å bremse og stoppe Alzheimer innen få år, sier han.

Å få fart på rensingen av cellene kan gi flere gode virkninger, det får mer skadelig avfall ut av hjernen. Men også selve rensesprosessen kan bli bedre enn den har vært på lenge – til glede for mer enn hjernen.

– Får vi til mer effektiv rensing av ødelagte mitokondrier, kan også hjertet og musklene bli sterkere. Aldersforandringer med svak mitofagi rammer nemlig etter hvert hele kroppen.

Fang viser til at vi kan få i oss NAD<sup>+</sup> gjennom flere matvarer – for eksempel melk eller øl, men at vi måtte ha drukket enormt mye for at det skulle gi noen virkning.

– Derfor tester vi ut kosttilskudd med forløpere til NAD<sup>+</sup> i ren form, forteller han.

**Cellenes egen produksjon.** Forskerne jobber også med å styrke cellenes egen produksjon av stoffet. Nivået av NAD<sup>+</sup> reguleres av produksjonen og forbruket av stoffet i cellene. De bruker kunstig intelligens i arbeidet med å utvikle en mulig ny medisin, og har allerede funnet flere stoffer som øker cellenes produksjon av det ekstremt viktige molekylet.

– Om resultatene blir slik vi tror og håper, kan vi gjøre mer enn å hjelpe Alzheimer-pasienter. Da kan vi alle få hjelp til å unngå noen av de normale og tilsynelatende uunngåelige effektene av aldring. Tenk om vi kunne slippe å bli skrøpelige og pleietrengende, men ha sterke muskler og en frisk hjerne når vi er nitti. Det er en drøm.

Men det er mer enn som så, legger den anerkjente forskeren til.

– Det er målet vårt. ●

Kilder: [agelab.no](http://agelab.no), [ahus.no](http://ahus.no), [med.uio.no](http://med.uio.no)



FOTO: NTB SCANPIX

**MITOKONDRIER:** Når vi bli eldre, har ikke cellene energi nok til å fjerne skadede mitokondrier. Det kan være en viktig årsak til Alzheimers sykdom. Ved å tilføre NAD<sup>+</sup> har forskerne fått renholdet i gang igjen.

### FAKTA: Fang-laboratoriet

• Sammen med mentor-teamet sitt har Evandro F. Fang bygd flere forskningsnettverk: Norwegian Centre on Healthy Ageing (NO-Age) Network, det norske nasjonale nettverket mot Alzheimers sykdom (NO-AD), Hong Kong-Nordic Research Network, det norsk-britiske møtet om aldring og demens, samt det nyetablerte Nordic Ageing Society.

• I dag pågår hele 30 forskningsprosjekter i Fang-laboratoriet innen et vidt spekter av temaer knyttet til aldringsmekanismer og årsaker til demenssykdom.

• I løpet av de siste sju årene har Fang-laboratoriet trent over 50 studenter fra 16 land.

• I 2020 ble Fang tildelt Det Kongelige Norske Videnskapers Selskaps vitenskapelige pris for yngre forskere.

• I 2023 fikk Fang Demensforskningsprisen fra Nasjonalforeningen for folkehelsen, overrakt av H.M. Kong Harald V.

” Jeg er så lei av dette, jeg gir opp, jeg gir deg opp. Se så mye folk prøver å hjelpe deg, hvor mye folk bryr seg om deg!



” Du ringer ikke min sønn. Han er under 15 år, han er et barn, politiet har ingenting med å snakke med et barn uten en voksen til stede!

Nesten helt oversett av politi og forskere:

# Mener foreldre kan bli viktigere i å hindre kriminalitet blant unge

Forsker har identifisert fire strategier foreldre tar i møte med politiet – fra føyelige til aggressive.

Tekst: Morten S. Smedsrud

Adil gråter av og på under hele samtalen og tørker tårene med t-skjorten sin. Foreldrene hans er veldig skuffet, dette er en av mange ganger de har vært til oppfølgingssamtale med politibetjenten.

De veksler mellom å se på ham, gråte og riste på hodet når politibetjenten beskriver de nyligste

hendelsene ungdommen er involvert i. Adil gråter hver gang han hører foreldrene sukke, og prøver å få øyekontakt med både mor og far. Noen ganger prøver han å korrigere og nekte for informasjonen som kommer opp.

Til slutt skriker faren gråtkvalt: Nå er det nok! Jeg er så lei av dette, jeg gir opp, jeg gir deg opp. Se så mye folk prøver å hjelpe deg, hvor mye folk bryr seg om deg! Ser du ikke hvor mye politibetjenten har gjort for deg? Hvor mye han gjør for deg? For å hjelpe deg?! Og dette er takken du gir ham?

Fortellingen om Adil og foreldrene viser tydelig én av de fire responsene forsker Liridona Gashi har identifisert at foreldre har i møte med politiet: føyelighet.

– Foreldre som føyer seg i møter med politiet, virker rolige, ydmyke og høflige. Politiets bekymringer blir sjelden utfordret, og de tar imot rådene de får. Denne strategien blir særlig brukt av mer økonomisk og språklig sterke foreldre, forteller Gashi, som har beskrevet fenomenet detaljert i artikkelen «Parental defenses in interactions with the police», som er en del av hennes ferske doktorgradsavhandling i sosiologi ved Universitetet i Oslo.

Foreldrene har et ordforråd som viser at de forstår systemet, vet hvilke rettigheter de har og at de ønsker veiledning fra politi og andre myndigheter.

– Foreldrene viser slik at de er en alliert av politiet. Denne strategien er forholdsvis vellykket. At de viser at de ønsker hjelp, øker sjansen for at de faktisk får riktig og god støtte fra hjelpeapparatet.

## Ungdomskriminalitet høyt på dagsordenen.

Nye tall fra Straffesaksregisteret viser at alvorlige lovbrudd blant ungdom mellom 10 og 17 år gikk opp med over ti prosent i fjor. Særlig ungdomsran økte kraftig, og antall anmeldelser økte med nesten 70 prosent. En tredel av forbrytelsene begås av personer under 15 år. Det går ikke lang tid mellom hver gang noen roper opp om «svenske tilstander» i mediene.

Stipendiat Gashi vil nyansere bildet noe.

– Mange snakker om kriminelle gjenger når de hører om norske gutter som raner noen eller er voldelige, sier Gashi, som vedgår at dette er svært alvorlig.

– Men det gjør dem ikke nødvendigvis til kriminelle gjenger. Det Sverige sliter med, er organisert kriminalitet i en helt annen skala. Ungdomskriminalitet – som er det som stort sett bekymrer om dagen – er ikke nødvendigvis det samme som gjengkriminalitet.

Hun advarer mot å tenke at tallene fra i fjor nødvendigvis vitner om en varig økning i kriminalitet blant ungdom.

– Det er ikke så lett å si, men det er noe forvent-

## Hva slags foreldre ler når de ser en video av sønnen deres som slår noen så fælt?

### FAKTA: STIGMA

• Uønsket og negativ karakteristikk eller merkelapp som påføres individer basert på bestemte egenskaper eller handlinger.

• Kan føre til sosial diskriminering eller utenforskap.

• Stigma og stigmatisering er viktige begreper innen avvikssosiologien spesielt og samfunnsvitenskapen generelt.

et og naturlig at det er svingninger i ungdomskriminaliteten også. Det er jo ikke sånn at vi mangler kontroll i Norge og ting går helt over styr. Min forskning tyder på at politiet har relativt god oversikt over de guttene som bekymrer mest, og de blir nøye fulgt opp og fulgt med på.

**Når mor går til motangrep.** Moren til Mohammed fremstår dominant når hun prater, og er særlig opptatt av å «ta tilbake kontrollen». Hun overkjører ektemannens noe føyelige respons, og korrigerer politibetjenten mens hun prater.

Politibetjenten prøver å runde av samtalen, og oppsummerer: «Okay, og da har vi blitt enige om at jeg ringer til Mohammed om et par uker, bare for å prate med ham, og høre litt om hvordan det går, for å følge opp litt...»

Før hun rekker å avslutte setningen, avbryter moren med: «Du ringer ikke min sønn. Han er under 15 år, han er et barn, politiet har ingenting med å snakke med et barn uten en voksen til stede. Det er jeg som mor her, det er vi som er foreldre, og det er sånn det kommer til å bli.» Politibetjenten svarer: «Så klart, jeg ringer deg først, og hører om det er greit, så inviterer jeg deg og Mohammed til en ny prat senere. Har vi en avtale da?»

– Denne her typen respons er det motsatte av føyelighet: nemlig *motangrep*. I stedet for forståelse og samarbeid møtes politiet med benektelse og sterk kritikk.

«Dere er bare ute etter sønnen min», «Dere lyver, det er ikke sant», «Nei, han kan ikke ha gjort dette», er eksempler på uttalelser Gashi har registrert i løpet av de rundt tusen timene hun har deltatt og observert møter mellom politi, foreldre og ungdom.

– Situasjonen snus opp ned, og handler nå om at politiet ikke har gjort en god jobb overfor ungdommen.

Foreldre som engasjerte seg i disse defensive angrepene, var alle forholdsvis ressurssterke, viser Gashis undersøkelse.

– De kunne eksempelvis være i nokså gode stillinger. I tillegg hadde de bodd i Norge i en lengre periode, og de fleste hadde sterke språkkunnskaper.

Videre ser det ut til at kjønn spiller en vesentlig rolle i opplevelsen.

– Mange av foreldrene som så ut til å angripe politiet, var mødre. Dette kan tyde på at det er et større stigma knyttet til å være mor til en ung lovbrøyer, enn å være far.

**Følelsesladde møter.** Møtene med politiet er gjerne følelsesladde for foreldrene.

– Særlig siden de som regel er konfronterende. Foreldre havner i en rolle der de må svare for og

forsvare sitt barns handlinger, forteller Gashi.

Konfrontasjonen truer de voksnes identitet og selvforståelse som foreldre. De utvikler derfor disse strategiene for å håndtere denne krevende situasjonen, der vi så langt har sett på to av dem, føyelighet og motangrep.

Noe av grunnen til de kraftige reaksjonene er det sosiologer kaller *assosiasjonsstigma* eller familiestigma. Stigmaet rammer ikke bare individene det gjelder, men også deres nærmeste.

– Foreldre med barn som har stigmatiserte egenskaper eller lidelser, er typisk folk som kan oppleve slik type stigma. Det er grunnleggende diskrediterende. Stigma skader en persons sosiale identitet og kan føre til sosial ekskludering.

Selv om disse følelsene er tidløse, er dagens foreldre i enda større grad rammet av familiestigma enn tidligere.

– Den kulturelle myten om idealforelderen har de siste tiårene krevd mer av foresatte. Foreldrerollen krever i dag stor innsats av tid, penger og følelser, på en annen måte enn før.

Foreldre blir ofte holdt ansvarlige for sine barns problemer, noe som fører til skyldfølelse og skam, kanskje spesielt hos mødre.

– Foreldre som har hyppig kontakt med myndigheter og autoriteter, slik som politi og barnevern, kan få forsterket følelsen av skam, og slik kan det true foreldres identitet ytterligere.

**Humor som strategi.** Mor kommer inn i rommet og setter seg i stolen på en enkel og leken måte. Hun virker ikke særlig brydd av situasjonen og smiler fra start. Under hele samtalen er hun vendt mot meg (stipendiaten, *journ. ann.*), og når politibetjenten beskriver sønnens involvering i en ganske dramatisk voldshendelse, ser hun på meg, blunker og smiler, himler med øynene og gestikulerer at politiet overdriver.

Politibetjenten viser etter hvert video av sønnen, hvor det blir tydelig at han er en av flere som uprovosert har banket opp et par yngre gutter fra en annen bydel. Etter hvert, når samtalen begynner å rundes av, sier hun: «Åh, jeg tror han kommer til å vokse dette fra seg», og fortsetter å humre.

– Politimannen som gjennomførte dette avhøret, virket upåvirket i samhandlingen, men da jeg snakket med ham etter samtalen, steg frustrasjonen hans merkbart, forteller Gashi.

Irritert bemerket han: «Hva i helvete var det? Hva slags foreldre ler når de ser en video av sønnen deres som slår noen så fælt? Som om det ikke var noe?! Hun irriterte meg. Hun sender ut signaler til sønnen om at det han har gjort, er greit. Det er ikke greit å banke opp en annen uskyldig person. Og det er ikke morsomt.»



FOTO: MORTEN SMEDSRUD

**FORELDRE HOLDES ANSVARLIG:** – Den kulturelle myten om idealforelderen har de siste tiårene krevd mer av foresatte. Foreldrerollen krever i dag stor innsats av tid, penger og følelser, på en annen måte enn før, sier Liridona Gashi.

## Ungdomskriminalitet er ikke nødvendigvis det samme som gjengkriminalitet.

Smil og latter er imidlertid alvorlige og viktige saker, sier Gashi.

– Humor er en måte å håndtere krevende møter på. Det kan lindre spenninger personen kjenner på der og da og samtidig dempe konflikter. Humor kan også lindre følelser av angst og stress. Denne formen for demping av alvorlighet synes både ressurssterke og ressursvake foreldre å ta i bruk i møtet med politiet.

**Tusen timer observasjon.** Liridona Gashi har 30 slike fortellinger i databasen sin – ‘caser’ som i større og mindre grad passer inn i strategiene vi til nå har sett tre av – *føyelighet*, *motangrep* og *lat-terliggjøring*. Casene utgjør en liten del av et stort datamateriale.

Gashi har samlet dette materialet ved å observere samhandlingen mellom politi, foreldre og ungdom i til sammen tusen timer.

– Jeg observerte dem i godt over to år, inne på politistasjonen, i bekymringssamtaler, avhør og oppfølgingssamtaler. Jeg var med på utrykninger, observerte akutt oppdragsløsning på gata, men også mer planlagte intervensjoner. Jeg tror egentlig ikke det var noe jeg ikke observerte.

Sosiologer og psykologer har vært opptatt av stigma i flere tiår. Men svært få har beskrevet hvordan fenomenet arter seg i sanntid når foreldre står overfor myndigheter som politiet.

– Tidligere har forskere fokusert mye på hva politiet gjør, eller hva de sier at de gjør. Eller hva ungdommen sier om politiet i ettertid. Selv om begge perspektivene utvilsomt har vært viktige bidrag i feltet, er prosjektet mitt snarere interessert i hva som faktisk skjer i virkelige møter og samspillet mellom politi og ungdom.

**Ansvarsfraskrivelse og passivitet.** Politibetjenten prøver å forklare enda en gang hvorfor politiet er svært bekymret for ungdommen. De har observert en uheldig utvikling, og ser at ungdommen henger på steder han ikke burde henge, sammen med folk han ikke burde henge med. Ganske alvorlige saker ungdommen har vært involvert i, løftes frem, i et forsøk på å vekke en reaksjon hos far.

Men faren virker ikke så bekymret for det politiet sier. Han sitter rolig i stolen sin, har ikke rørt på seg under hele samtalen, stirrer rett frem, unngår øyekontakt med de fleste i rommet og svarer bare verbalt når han blir stilt direkte spørsmål fra politiet. Sønnen begynner etter hvert å imitere far. Når politiet stiller ham spørsmål, svarer han i korte, ufullstendige setninger: «de er ... snille», «jeg vet ikke helt», «jeg liker forskjellige ting», «kanskje» og «husker ikke helt».

Dette er den siste av de fire strategiene Liridona

Gashi har kartlagt: *passivitet*.

– Denne blir gjerne brukt av særlig ressursvake foreldre. I motsetning til de andre forsvarene kjennetegnes denne av manglende respons: i hva foreldrene ikke sier, og hva de ikke gjør.

Strategien kan utenfra virke og se destruktiv ut, men den er potent og særlig effektiv i ett hensende.

– Det gjorde at foreldrene tilsynelatende fraskreiv seg noe av ansvaret ved å flytte byrden over på politiet og andre autoriteter.

**Hva kan samfunnet lære av dette?** En av konklusjonene i artikkelen «Parental defenses in interactions with the police» er at foreldre er en uutnyttet ressurs i å hindre kriminalitet blant ungdom.

– I forskningslitteraturen har både foreldre og deres håndtering av stigma gjerne blitt oversett. Dette er litt pussig i og med at foreldre helt klart er en viktig part i forholdet mellom politi og ungdom.

Det er viktig å forstå at foreldrenes reaksjoner som regel ikke er valgte, men oppstår spontant.

– Responsene er forsvar som foreldre tar i bruk – men de er ikke nødvendigvis bevisste, som en meny de har å velge fra. Jeg tviler på at en mor eller far står opp en dag og tenker at de skal le seg ut av et vanskelig avhør, for eksempel, sier Gashi.

Snarere, for å håndtere stigma trenger de disse forsvarene for å regulere sin foreldreidentitet og mestre følelsene av skyld og skam.

– De er ulike måter å minimere opplevelsen av å være stigmatisert. Det er viktig å påpeke at responsene ikke nødvendigvis reflekterer manglende interesse eller samarbeidsvillighet hos foreldrene.

Å være bevisst det og å forstå hvor responsene kommer fra, kan gjøre at politiet kan møte foreldre på en måte som fremmer et mer fruktbart samarbeid.

– Jeg tror politiet har noe å hente ved å trekke inn foreldrene i arbeidet med å forebygge og dytte ungdommene ut av faresonen.

Forskerens funn peker dessuten ut over kriminalitetsbekjempelse.

– Det er svært sannsynlig at de samme forsvarsstrategiene forekommer i andre liknende interaksjoner, for eksempel i forholdet mellom foreldre og sosialarbeidere.

I beste fall vil en økt forståelse av foreldrenes rolle kunne gagne samfunnet som helhet.

– Den kan danne et grunnlag for hvordan vi ser på intervensjoner og forholdet mellom ungdom, foreldre og myndigheter i det hele tatt. ●

*De kursiverte tekststykkene er hentet fra et foredrag Liridona Gashi har holdt for politiet. Av personvern hensyn er alle navn brukt i teksten, fiktive.*



SLITER PÅ SKOLEN: Det er guttene som må forandre seg, skolen skal ikke tilpasse seg guttene, ifølge svenske utredninger.

FOTO: NTB SCANPIX

## Offentlige utredninger i Norge og Sverige: Ser overraskende ulikt på «gutteproblemet»

Når svenske gutter gjør det dårlig på skolen, skyldes det patriarkalsk undertrykking.

Når norske gutter gjør det dårlig, skyldes det ganske andre ting.

Tekst: Trine Nickelsen

Gutta sliter. Ikke bare presterer de jevnt over dårligere på skolen enn det jentene gjør, de har også oftere en problematisk atferd, er bråkete og utagerende. At gutter henger etter eller faller ut av skoleløpet, blir gjerne presentert som et nytt problem – oppstått parallelt med at jenters rettigheter og muligheter er styrket.

– Ser vi historisk på det, har bekymringer for problemgutter alltid eksistert – de som ikke tilpasser seg samfunnets normer, men er ulydige, lager uorden og blir kriminelle. Men nå er «gutteproblemet» i større grad blitt politikk, et problem vi som samfunn aktivt må gjøre noe med for å løse, påpeker Cathrine Holst.

**Overrasket.** Holst er professor i vitenskapsteori og demokrati på Universitetet i Oslo.

– Guttenes problemer og risiko for å ende opp som tapere i samfunnet, er blitt en stor sak i valgkamper i mange land, og gir økt oppslutning til høyrepopulistiske partier, konstaterer hun.

Sammen med Mari Teigen ved Institutt for samfunnsforskning har Holst undersøkt hvordan kjønnsforskjellene i skolen beskrives og forstås i offentlig politikk, nærmere bestemt i nyere norske og svenske offentlige utredninger, NOU-er og SOU-er.

– Vi kunne forvente at problemoppfatningen er ganske lik i Norge og Sverige, siden så mye ellers

» I de svenske utredningene er det jentene som lider mest.

er likt: måten vi har organisert samfunnet på, hva slags politikk vi har på ulike områder – ikke minst når det gjelder politikken som skal jevne ut forskjeller mellom kjønnene. På internasjonale likestillingsindekser ligger Norge og Sverige på topp. Politiske ideer og 'beste praksis' reiser ofte mellom landene – spesielt på likestillingsfeltet.

Men da Holst og Teigen begynte å se på de norske utredningene, så de noe de ikke hadde ventet:

– Vi fant ingen referanser til de mange svenske utredningene om «gutteproblemet». Det kan vi tolke dit hen at utvalgene mener det er lite å lære av svenskene på dette området. Tilnærmingen til problemet er svært forskjellig.

**Rettferdighetsproblem.** Holst viser til at utredningene hun og kollegaen har studert, ser kjønnsforskjeller i skolen som et rettferdighetsproblem. Utfordringene de unge har, representerer en spesielt stor urettferdighet, siden det kan gi dem livslange ulemper.

– Når gutter ikke tilegner seg ferdighetene som etterspørres, kan det svekke mulighetene deres til å leve et godt liv: usikker tilknytning til arbeidslivet, helsemessige og sosiale problemer.

**Tydelige forskjeller.** Holst peker på en viktig forskjell mellom nabolandene: De svenske utredningene er basert på feministisk forskning som analyserer gutters problemer og 'guttekultur'.

– En urettferdig kjønnsorden og undertrykkende kjønnsideologier kan forklare problemene og ukulturen, ifølge utredningene. Måten gutter lærer å bli menn på, krasjer med det vi vil i samfunnet.

De norske utredningene derimot, unngår å referere til feministisk samfunnsanalyse.

– I stedet forsøker de i større grad å forklare kjønnsforskjeller i skoleprestasjoner med forskjeller i kognitive ferdigheter, biologiske forskjeller, forhold i familie, barnehage, skole og på arbeidsmarked.

De svenske utredningene anlegger et konfliktperspektiv. Samfunnet er et patriarkalsk kjønnsmaktsystem hvor det er interessekonflikt mellom kjønnene.

– Den norske forståelsen er annerledes: 'Hvis guttene får det bedre, får også jentene det bedre'. Sosialdemokratiet er en stor inkluderingsmaskin, og nå er det guttenes tur til å bli inkludert, uten at det går på bekostning av andre.

**Jenter sliter mest.** Mange av de politiske tiltakene som skal jevne ut kjønnsforskjeller i Norge og Sverige, ser ofte ganske like ut – det er først og fremst i begrunnelsene for tiltakene de store for-

skjellene trer fram.

– Selv om gutter gjør det dårligere på skolen, selv om de faller fra, er det fortsatt guttene som dominerer i klasserommene, peker de svenske utredningene på. Patriarkatet slår igjennom. Nye over- og underordningsformer oppstår under likestillingsideologien, noe som gjør at menn opprettholder makten i samfunnet.

Det at gutter ikke passer inn på skolen, har å gjøre med en pervertert gutte- og mannskultur, knyttet til en form for hegemonisk maskulinitet.

– For å sette det litt på spissen: Det er guttene som må forandre seg, skolen skal ikke tilpasse seg guttene. Vi finner altså vesentlig forskjellige rettferdighetshensyn i svenske og norske utredninger.

**Nå er det guttenes tur.** Cathrine Holst viser til «Stoltenberg-utredningen», NOU 2019:3, *Nye sjanser – bedre læring. Kjønnsforskjeller i skoleprestasjoner og utdanningsløp.*

– Utvalget retter tydelig oppmerksomheten mot guttene. Når gutter gjør det dårligere på skolen, er det et problem for gutters like muligheter. Utvalget understreker at vi lever i et utdanningsamfunn, og at utdanningsinstitusjoner er avgjørende på en helt annen måte i framtidens arbeidsliv og økonomi enn de var tidligere. For å sikre gutter like muligheter trengs endringer i skolen og i samfunnet ellers.

**Jentene lider mest.** I de fleste av de svenske utredningene, derimot, rettes fortsatt oppmerksomheten mest mot jentene – og deres byrder og ulemper.

– Hovedbildet som trer fram av de svenske utredningene, er at det fremdeles er nødvendig å mobilisere til fordel for vanskeligstilte jenter og kvinner, selv om gutter underpresterer på skolen. Både jenter og gutter lider under dagens kjønnsorden, men i de svenske utredningene er det tydelig at det er jentene som lider mest. Det rettferdiggjør å prioritere deres interesser i utformingen av ny politikk.

**Utvalget i utvalgene.** Cathrine Holst synes det er interessant å legge merke til sammensetningen av utvalgene i de to nabolandene, altså hva slags fagkompetanse som er representert.

– De norske utvalgene er mer forskertunge enn de svenske. Medisinere, psykologer, økonomer og samfunnsforskere har en sentral plass. I de svenske utvalgene dominerer folk fra likestillings- og utdanningsbyråkratiet, feministiske teoretikere og litteraturvitere. Det påvirker åpenbart virkelighetsforståelsen og hva slags tiltak utvalgene foreslår, og igjen den offentlige politikken. ●



UTREDNINGER: Forskerne har undersøkt hvordan kjønnsforskjellene i skolen beskrives og forstås i offentlig politikk. Nærmere bestemt har de sammenliknet norske og svenske offentlige utredninger, NOU-er og SOU-er, i tidsrommet 2009 til 2019.



FOTO: UNO

SER IKKE TIL SVERIGE: – De norske utvalgene synes det er lite å lære av svenskene når det gjelder «gutteproblemet». Det historiske og ideologiske grunnlaget for svensk og norsk likestillingspolitikk er forskjellig, påpeker Cathrine Holst.

TEMA:  
KVANTE-  
TEKNOLOGI

# Kvanteteknologien kan endre fremtiden vår

Den første kvanterevolusjonen la grunnlaget for dagens datamaskiner. Hundre års grunnforskning i kvantefysikkens verden bereder nå grunnen for den andre kvanterevolusjonen. Nå tar det av.

Tekst: Yngve Vogt

**K**vanteteknologi er en samlebetegnelse for all ny teknologi som bygger på de spesielle egenskapene til kvantemekanikken. Det betyr at vi designer systemer som direkte utnytter finurlighetene i kvantemekanikken, forteller postdoktor *Gunnar Lange* på Senter for materialvitenskap og nanoteknologi (SMN) ved UiO.

Kvantefysikken beskriver naturlovene for verdens minste bestanddeler. Disse lovene er fundamentalt forskjellige fra de klassiske fysiske lovene. Klassisk fysikk er med andre ord ikke gyldig i veldig liten skala. I kvanteverdenen er alle observasjonene basert på sannsynligheter.

– Kvantefysikken er blitt et paradigmeskifte i vår forståelse av naturen og forutsier en rekke fenomener som totalt strider mot vår intuisjon. Det vekker fascinasjon langt utenfor fysikernes rekker, sier professor *Susanne Viefers* på Fysisk institutt ved UiO.

**Tre hovedområder.** Kvanteteknologien kan deles inn i de tre store hovedområdene *kvanteberegninger*, *kvantesensorer* og *kvantekommunikasjon*.

Vyene er mange. Fremtidens kvantedatamaskiner kan bli gode på å løse oppgaver som dagens datamaskiner ikke klarer. Kvantensensorer vil kunne revolusjonere nøyaktigheten i målinger. Og kvantekommunikasjon kan sørge for sikker utveksling av informasjon.

– Vi tror at kvanteteknologien vil påvirke sam-

NY UTDANNING: For at Norge i fremtiden skal kunne hevde seg innen kvanteteknologi, har Marianne Eitzelmüller Bathen i samarbeid med kolleger, satt i gang tre nye studieretninger i kvanteteknologi på UiO. Her er hun i renrommet på Mikro- og nanoteknologilaboratoriet, der hun utvikler materialer med nanopresisjon.

” Kvantefysikken ble gjennom en rekke teorier og banebrytende eksperimenter utviklet tidlig på 1900-tallet.

” Det er av nasjonal interesse at Norge satser på kvanteteknologi.

” Vi kan fint spise kirsebær med de store.



FOTO: OLA SÆTHER



FOTO: OLA SÆTHER



FOTO: OLA SÆTHER

**ADVARET:** – Det er klart at hvis Kina eller USA plutselig kommer med helt ny teknologi, vil det knekke deler av markedet vårt, poengterer Terje Nilsen, direktør for banebrytende teknologier i Kongsberg Discovery.

funnet og livet vårt på en gjennomgripende måte, poengterer forskningsdekan *Bjørn Jamtveit* på Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet ved UiO.

Direktør *Idar Kreutzer* i NHO er enig.

– Kvanteteknologien vil få stor betydning for næringslivets konkurransekraft, sa Idar Kreutzer på NHOs kvanteseminar i høst.

– Kvanteteknologi er en av de store strømningene i fysikken for tiden, sier professor *Lasse Vines* på Fysisk institutt ved UiO.

**Den første kvanterevolusjonen.** Allerede rundt år 1900 var den klassiske fysikken veletablert. Eksempler på viktige oppdagelser var elektromagnetismen og termodynamikken. Så skjer det store.

– Gjennom eksperimenter oppdaget fysikere en rekke fenomener som ikke kunne forklares med klassisk fysikk, forteller *Susanne Viefers*.

Utviklingen av kvanteteknologien har tatt mer enn hundre år. I 1925, akkurat for hundre år siden, publiserte forskere de første formelle kvanteteorier. Dette jubileet vil bli markert over hele verden i år.

– Kvantefysikken ble gjennom en rekke teorier og banebrytende eksperimenter utviklet tidlig på 1900-tallet. Et av de mest berømte eksemplene er Bohrs atommodell, som viser oss at verden ikke er kontinuerlig. Når vi zoomer inn på atomnivå, består verden av *diskrete tilstander*, sier forsker *Marianne Etzelmüller Bathen* på Senter for mate-

rialvitenskap og nanoteknologi ved UiO.

I den første kvanterevolusjonen ble transistoren oppfunnet. Transistoren omtales som en av de viktigste oppfinnelsene i det tjuende århundre og har lagt grunnlaget for alt vi kjenner av digital teknologi.

– Ingen tenkte den gangen på at vi i dag skulle løpe rundt med smarttelefoner i lommen, forteller professor *Joachim Mathiesen*, direktør på Bohr-instituttet ved Københavns Universitet.

De kvantefysiske lover er fundamentet for alt fra partikkelforskningen på CERN til hvordan vi forstår hva lys er, lasere, radioaktivitet, hvordan solceller fungerer og halvlederteknologien i datamaskiner. Med andre ord: Uten den første kvanterevolusjonen hadde menneskeheten ikke opplevd den enorme teknologiske utviklingen.

**Den andre kvanterevolusjonen.** Nå er den andre kvanterevolusjonen i gang.

– Vi kan nå bruke de kvantemekaniske effektene i teknologien, forteller *Joachim Mathiesen*.

Det gir enorme muligheter.

– I den andre kvanteteknologiske revolusjonen har vi muligheten til å zoome ned på atomnivå og se *diskrete tilstander*, *superposisjon* og *sammenfiltrering*. Akkurat som transistoren er byggeklossen i dagens datateknologi, prøver vi i dag å lage byggeklosser til kvanteteknologien, forteller *Marianne Etzelmüller Bathen*.

Blant de store mulighetene er som sagt kvante-

beregninger, sikker kommunikasjon og kvantesensorer som kan gjøre målinger med svært stor presisjon.

– Det kommer nå teknologi som vi bare kan drømme om. Wow-faktoren er stor. Noen av de kuleste idéene til hva som er mulig å gjøre, har vi ennå ikke fått, poengterer *Susanne Viefers*.

**Forstår naturen på atomnivå.** Fysikere har brukt store deler av det 20. århundre til å forstå kvantemekanikken.

– Nå, i det 21. århundre, har vi blitt mye bedre til å forstå hvordan vi kan kontrollere materialer helt ned på atomnivå og manipulere hvordan atomene kan snakke sammen. De siste årene har vi stadig sett nye ting som vi ikke trodde var mulig å lage året før. Kvanteteknologien er ikke lenger en rar nisje som bare fysikere er interessert i. For eksempel utnytter kvanteberegninger de kvantemekaniske prinsippene som gjør det mulig å lage beregninger som er vanskelig eller tilnærmet umulig å gjennomføre på vanlige datamaskiner, sier *Gunnar Lange*.

**Banebrytende teknologi.** *Terje Nilsen*, direktør for banebrytende teknologier i Kongsberg Discovery, som er en del av Kongsberg-gruppen, ser på hvordan banebrytende innovasjoner kan knele eksisterende forretningsmodeller. Han sier kvantesensorer er en slik teknologi. Kvanteseensorene vil bli langt bedre og mer nøyaktige enn dagens

sensorer.

– Det er klart at hvis Kina eller USA plutselig kommer med helt ny teknologi, vil det knekke deler av markedet vårt, sier *Terje Nilsen*.

*Terje Nilsen* ber Norge tenke geopolitisk. Han advarer om at USA og Kina kan bli proteksjonistiske.

– Kina leder kvanteløpet. Vi i Vesten forsøker å begrense handelen med Kina. Dessuten vet vi ikke hvordan USA vil være villig til å gi oss tilgang på den fremtidige teknologien. De vil helst selge produkter og ikke teknologien. Det er derfor av nasjonal interesse at Norge satser på kvanteteknologi, sier *Terje Nilsen*. Han ønsker at Norge får sin egen kvantestrategi og at Kongsberggruppen henger seg på den.

**Forsvaret.** Forsvaret er også med på kappløpet.

– For Forsvaret er kvanteteknologien en banebrytende og viktig teknologi som kan påvirke mange områder, forteller *Kenneth Ruud*, direktør på Forsvarets forskningsinstitutt.

I dag er det mye jamming av GPS-signaler langs den russiske grensen.

– Vi trenger nye kvanteteknologiske verktøy som kan sørge for at vi har evnen til å vite hvor vi er og hvor vi skal, samtidig som fienden gjør alt for å hindre oss i at vi har denne muligheten, sier *Kenneth Ruud*.

**Norsk småbeløp.** Danmark har allerede laget en

**VIKTIG:** *Kenneth Ruud*, direktør på Forsvarets forskningsinstitutt (midten) og professor *Jan W. Thomsen*, leder for Quantum Computing Programme i Novo Nordisk Foundation i København (til høyre) fremhever begge to at kvanteteknologien er en banebrytende og viktig teknologi som kan påvirke mange områder i samfunnet vårt.

**FAKTA:** **Sammenfiltrering**

• En kvantemekanisk sammenfiltrering er når to eller flere partikler, slik som fotoner, vekselvirker med hverandre.

• Ved å måle en egenskap til en av de sammenfiltrerte partiklene, får man informasjon om egenskapen til de andre partiklene, selv om de befinner seg langt fra hverandre.

• Se for deg to fotoner som to kuler som er en blanding av rød og blå. De drar fra hverandre med lysets hastighet. Hvis man måler at det ene fotonet er rødblått, vet man at det andre er blårdøtt. En slik korrelasjon lar seg ikke forklare uten kvantefysikk.

**FAKTA:** **Kvantefysikk**

• Et annet ord for kvantefysikk er kvantemekanikk.

• En teori i fysikken som beskriver og forklarer egenskapene til atomer, elementærpartikler, molekyler og faste stoffers oppbygging og kreftene mellom dem.

• Begrepet «kvante» kommer av at de fysiske systemene i mange tilfeller bare kan ha bestemte kvantifiserte egenskaper uten noen glidende overgang.

” Wow-faktoren er stor. Noen av de kuleste idéene til hva som er mulig å gjøre, har vi ennå ikke fått.

” Kvanteteknologien vil påvirke samfunnet og livet vårt på en gjennomgripende måte.



FOTO: YNGVE VOGT



FOTO: YNGVE VOGT



FOTO: YNGVE VOGT

**UTROLIG RACE:** – Det foregår nå et utrolig race. Alle er redde for at andre skal få bedre teknologi, forteller professor Susanne Viefers på Fysisk institutt.

nasjonal strategi for kvanteforskning. Danmark har dessuten fått to milliarder kroner i støtte fra private sponsorer.

– Dette er et internasjonalt kappløp. Det ville være naivt å si at Norge skal være helt i front når vi vet den posisjonen Danmark har i dag. Vi må jobbe sammen med Danmark for å få dette til. Vi bevilger nå 70 millioner kroner til kvanteteknologi over statsbudsjettet. Vi må bygge på de områdene innenfor kvanteteknologien der Norge står sterkt, sa digitaliserings- og forvaltningsminister *Karianne Tung* til Apollon på høstens digitaliseringsforelesning ved UiO.

Til sammenligning investerer verden mer enn 50 milliarder dollar i kvanteteknologi. Det er like mye som på kunstig intelligens. Kina og USA satser voldsomt.

Dekaner fra de fire store norske universitetene har allerede diskutert hvordan den norske kvanteforskningen bør koordineres.

I november møttes norske og danske politikere for å diskutere kvantesamarbeidet i Norden.

– Vi må finne ut av hvordan vi i Norge kan organisere oss best mulig for å kunne ta kvanteforskningen raskere i bruk og for at Norge skal bli en aktiv deltaker i det nordiske samarbeidet, sier Bjørn Jamtveit.

**Trenger mer forskning.** Jamtveit viser til Draghi-rapporten fra den italienske eks-statsministeren *Mario Draghi*. Han advarer om konsekvensene

hvis Europa henger etter. Draghi vil doble innsatsen og mener tunge, grunnleggende forskningsmiljøer er en betingelse for at Europa skal henge med i teknologiutviklingen.

– *Hva er UiOs sterkeste kort på kvantefeltet?*

– De største styrkene våre er de teoretiske fagmiljøene, inkludert det internasjonalt ledende forskningsmiljøet i kvantekjemi på Hyllerås-senteret, og den eksperimentelle kvanteforskningen på MiNaLab-en, sier Bjørn Jamtveit.

MiNaLab-en er Mikro- og nanoteknologilaboratoriet på UiO, der forskere lager materialer med nanopresisjon.

**Samarbeidsavtale.** I sommer ble kvante-samarbeidsavtalen mellom UiO og Bohr-instituttet ved Københavns Universitet undertegnet.

– Nå må Norge finne sin plass i det nordiske samarbeidet, poengterer Bjørn Jamtveit.

Han sier at Oslo Science City, eller Kunnskapsbyen i Oslo på godt norsk, er et viktig møtepunkt mellom akademien, instituttsektoren og næringslivet.

Joachim Mathiesen på Bohr-instituttet ser frem til samarbeidet.

– Hver for oss er vi små land. Vi i Norden er nødt til å samarbeide. Da står vi sterkere.

Han har store forventninger til samarbeidet med Norge.

– Grunnlaget for å lage kvantesensorer i Norge er stort. Norge har både laboratorier og produk-

sjonsfasiliteter av høyeste kvalitet. Der kan de dyrke materialer til sensorteknologi. Dette er unikt for Norge, mener Joachim Mathiesen.

**Må henge med.** Mathiesen mener dessuten at det er viktig med startup-bedrifter.

– Vi stimulerer forskerne våre til å tenke innovasjon og kommersialisering. Det er helt avgjørende. Det er gjerne de små bedriftene som klarer å teste ut annerledes teknologi, sier Mathiesen.

*Lene Oddershede*, Senior Vice President i Novo Nordisk Foundation, oppfordrer næringslivet til å henge med.

– Utviklingen går stadig raskere, og det er derfor en fare for at man kommer for sent i gang. Selv om kvanteteknologien ikke er relevant for den enkelte virksomhet i dag, er de nødt til å forstå hva dette dreier seg om den dagen teknologien blir relevant, sa Lene Oddershede på NHOs kvantekonferanse i høst.

Susanne Viefers er enig.

– Det foregår nå et utrolig race. Alle er redde for at andre skal få bedre teknologi, sier hun.

Professor *Øystein Prytz*, lederen for Senter for materialvitenskap og nanoteknologi på UiO, mener det er viktig at Norge bruker mer ressurser hvis Norge skal spille en rolle i det nordiske samarbeidet.

– Kvanteteknologi er et helt nytt område der vi må prøve å unngå å være helt avhengige av utenlandske aktører. Vi må ha noe av kompetansen selv. En del av dette kan bli viktig sikkerhetspolitisk. Vi

må derfor ha fagmiljøer og kunnskap slik at vi er i stand til å sikre oss og bruke denne teknologien selv. Dette må vi tenke på allerede nå, selv om det er et stykke frem i tid, poengterer Øystein Prytz.

Professor *Jan W. Thomsen*, leder for Quantum Computing Programme i Novo Nordisk Foundation i København, mener at de nordiske landene skal greie dette sammen.

– Norden har 21 millioner mennesker og er den 11. største økonomien i verden. Så vi kan fint spise kirsebær med de store, poengterer Jan W. Thomsen.

**Nanolaboratoriet.** Da det danske kongeparet var i Oslo, ble de invitert inn på Mikro- og nanoteknologilaboratoriet i Oslo. Her manipuleres materialer på atomnivå.

– I neste runde vil dette laboratoriet kunne brukes til å lage kvantesensorer, forteller Terje Nilsen i Kongsberg Discovery.

Bjørn Jamtveit minner om at kvanteteknologien fortsatt er en umoden teknologi.

– Det betyr at dagens forskning i vesentlig grad påvirker morgendagens teknologiutvikling, sier han.

Marianne Eitzelmüller Bathen er av det litt mer nøkterne slaget.

– Vi har fortsatt lang vei å gå med grunnforskningen, påpeker hun.

Sammen med Lasse Vines og Morten Hjorth-Jensen har Marianne Eitzelmüller Bathen nå satt i gang tre nye studieretninger i kvanteteknologi. ●

**PÅVIRKER SAMFUNNET:** – Vi tror at kvanteteknologien vil påvirke samfunnet og livet vårt på en gjennomgripende måte, sier Bjørn Jamtveit. (i midten)

**MANIPULERER ATOMER:** – Nå, i det 21. århundre, har vi blitt mye bedre til å forstå hvordan vi kan kontrollere materialer helt ned på atomnivå og manipulere hvordan atomene kan snakke sammen, sier Gunnar Lange. (til høyre)

**FAKTA:** Diskrete tilstander

• Elementærpartikler, slik som elektroner og atomer, kan bare finnes i bestemte tilstander.

• Elektroner beveger seg i baner rundt atomkjernen. Elektronene kan ikke bevege seg mellom disse banene. Når elektroner får tilført energi, hopper de til neste elektronbane. Når elektroner avgir energi, hopper de ned til en elektronbane nærmere atomkjernen.

• Atomer kan kun observeres med helt bestemte energinivåer.

#### FAKTA: Superposisjon

• I kvantefysikkens verden kan elementærpartikler finne seg i to tilstander samtidig.

• Partikler har en sannsynlighet for å befinne seg i en gitt tilstand til enhver tid.

• Partikler kan kun ha én tilstand når de måles. Før målingene gjøres, vet man bare sannsynligheten for hvert mulige utfall. Sannsynligheten gjenspeiles i den statistiske fordelingen man får ved å gjøre samme eksperiment mange ganger.

• En kjent populærvitenskapelig fremstilling av superposisjon er paradokset om Schrödingers katt.

# Fungerer best i 273 minusgrader: Nå kommer verdens raskeste datamaskiner

Tekst: Yngve Vogt

Fremtidens kvantedatamaskiner kan løse problemer som ingen klarer i dag. Blant mulighetene er langt bedre medisinsk behandling.

En av de største og mest spektakulære mulighetene med kvanteteknologi er kvantedatamaskiner. De kan endre fremtiden vår.

Kvantedatamaskiner kan gjøre visse typer komplekse beregninger svært raskt, beregninger som det er vanskelig eller umulig å utføre på dagens datamaskiner.

– Hele vår moderne verden er basert på beregninger. Og behovet vokser mye forttere enn kapasiteten, sier postdoktor *Gunnar Lange* på Senter for materialvitenskap og nanoteknologi ved UiO.

– Potensialet er enormt med kvanteberegninger, bekrefter professor *Joachim Mathiesen*, direktør for Niels Bohr-instituttet på Københavns Universitet.

Retten før pandemien skrev fysikkprofessorene *Kjetil Børkje* og *Lars M. Johansen* ved Universitetet i Sørøst-Norge at Googles kvantedatamaskin brukte 200 sekunder på en beregning som ville ha trengt 10 000 år på verdens raskeste datamaskin. *Det vil si halvannen milliard ganger raskere.* Men denne hastigheten var ekstraordinær. Oppgaven var å løse et sært spesialtilfelle.

– Bohr-instituttet har nå fått 200 millioner euro for å utvikle en helt ny kvantedatamaskin, forteller *Joachim Mathiesen*. – Denne kvantedatamaskinen skal kunne utføre beregninger svært mye raskere enn dagens datamaskiner.

Planen er å ha kvantemaskinen klar i 2034. De tekniske utfordringene står i kø.

– Vi er ennå ikke fremme. I første omgang utvikler vi de materialene som trengs for å lage den, sier *Joachim Mathiesen*.

**Beregningssamfunn.** Behovet for store beregninger høres kanskje ut som noe bare akademikere er interessert i, men store deler av samfunnet vårt er avhengig av komplekse beregninger.

– Aktuelle bruksområder kan være alt fra ruteplanlegging for autonome skip, oppdagelse av finansiell svindel, porteføljeforvaltning og optimering av forsyningskjeder, sa konserndirektør *Trond Runar Hagen* i SINTEF Digital på høstens NHO-seminar om kvanteteknologi.

Andre bruksområder er komplisert logistikk,

slik som å optimere flytrafikken i et overbelastet europeisk luftrom.

En annen viktig mulighet – men dette avsnittet er bare for deg som ikke lider av flyskrekk:

– Hvis du har sittet i et fly under forferdelig turbulens, har du sikkert sett at vingene beveger seg opp og ned. Ikke alle vingene er testet ut i en vaskeekte vindtunnel. De fleste vingene er modellert i en simulator. Med kvanteberegninger vil det være mulig å simulere stabiliteten til vingene under svært ekstreme forhold. Ikke så dumt med tanke på at klimaendringene gjør stormene enda verre, poengterer *Morten Hjorth-Jensen*, professor i beregningsfysikk på UiO.

Nå kan du med flyskrekk lese videre. Kvantedatamaskiner kan også bety noe for deg den dagen du skulle være så uheldig å bli syk.

– Kvanteberegninger vil bli viktig for å utvikle nye medisiner. Med lynraske datamaskiner kan vi simulere hundretusenvis av medisinske eksperimenter, forteller professor *Jan W. Thomsen*, tidligere leder av Bohr-instituttet og nå leder for Quantum Computing Programme i Novo Nordisk Foundation i København.

– Forestill deg at du skal bygge en bro. Da bygger du ikke åtte broer for å se hvilke av dem som fungerer best. Du simulerer dem på datamaskinen og ser hvilken brokonstruksjon som er den beste. I den medisinske verden må du teste ut «100 000 broer». Da trenger vi langt mer regnekraft enn det vi har i dag, forklarer *Jan W. Thomsen*.

**Medisinsk forskning.** I dag er det mulig å simulere hvordan små molekyler fungerer. Det skal ikke være mange atomer i en kjemisk modell før det er vanskelig å regne på dette. Med kvantedatamaskiner vil det være mulig å simulere store molekyler.

– Komplekse numeriske beregninger på molekyler gjør det mulig å oppdage nye egenskaper. Det er viktig for å utvikle nye medisiner, sier professor *Susanne Viefers* på Fysisk institutt ved UiO.

– Da vil det bli mulig å finne en mer presis medisin som er spesifikt rettet mot en bestemt del av DNA-molekylet, legger *Jan W. Thomsen* til. Han drømmer om muligheten til å kunne ta inner-

**KVANTEDATAMASKIN:** Denne kvantemaskinen, med begrenset kapasitet, står på Niels Bohr-instituttet på Københavns Universitet. Nå har Bohr-instituttet fått 200 millioner euro for å lage en helt ny kvantedatamaskin. Planen er å ha den klar i 2034.

FOTO: O.L.A.J. JOENSEN, NIELS BOHR INSTITUTTET

## ” Potensialet er enormt med kvanteberegninger.

### FAKTA:

#### Kvantedatamaskiner

• Kvantedatamaskiner kan løse komplekse problemer som det er vanskelig eller umulig å løse med dagens klassiske datamaskiner.

• Kvantedatamaskiner er svært vanskelig å konstruere. Utfordringen er å få kvantebitsene til å kommunisere sammen.

• For hver ny kvantebit dobles beregningskapasiteten. Med ti nye kvantebits kan kapasiteten økes tusen ganger.

• Kvantedatamaskiner kan brukes til alt fra å designe bedre og mer presise medisiner til ruteplanlegging og komplisert logistikk.

svingen på sykdommen ALS.

– Hvis vi kan simulere hele DNA-molekylet, vil vi kanskje kunne få has på sykdommen ved å kombinere kvanteberegninger og kunstig intelligens, håper Thomsen.

Jan W. Thomsen poengterer at kvanteberegninger også kan brukes til å lage helt nye materialer med helt spesielle egenskaper.

Energiforbruket er også viktig. Behovet for regnekraft har økt i takt med behovet for kunstig intelligens. Tunge beregninger krever mye energi. Det øker behovet for strøm. Med mye raskere beregninger kan energiforbruket bli svært mye lavere.

Selv om kvantedatamaskiner kan gjøre beregningene mye raskere samtidig som de bruker mindre energi enn dagens datamaskiner, mener Susanne Viefers at kvantedatamaskinene aldri vil kunne erstatte vanlige datamaskiner.

– Kvantedatamaskiner vil bare kunne brukes i spesielle bruksområder, men der de kan brukes, vil de være overlegne, presiserer hun.

**Kvantebits.** Det har skjedd en enorm utvikling i kvanteteknologien siden 1980-tallet. Den gangen var det ikke mulig å isolere enkeltelektroner og enkeltatomer.

– I dag har vi muligheten til å eksperimentere med enkeltelektroner, sier Morten Hjorth-Jensen.

Det er helt nødvendig for å lage kvantedatamaskiner. De er bygd opp av noe som kalles for *kvantebits*, med den populære forkortelsen *Qubits*. Uheldigvis er Qubits vanskeligere å kontrollere enn de klassiske bitsene som finnes i dagens datamaskiner.

Det er dessuten svært viktig at Qubitsene snakker sammen. Det kan skje med en viktig kvantemekanisk egenskap som kalles for *sammenfiltrering*. Sammenfiltrete partikler vekselvirker med hverandre. Og som UiO-professor *Johannes Skaar* skriver i Store norske leksikon: «Ved å måle en egenskap til en av de sammenfiltrete partiklene, får man informasjon om denne egenskapen til alle de andre partiklene, selv om de skulle befinne seg langt fra hverandre.»

Hvis Qubitsene ikke klarer å snakke sammen, er de mindre effektive enn dagens bits i klassiske datamaskiner.

*Gunnar Lange* er intervjuet om dette i podcastserien *Kvantespranget*.

– Kvantebits er vanskeligere å kontrollere enn bitsene i klassiske datamaskiner. Alle kvantebits kan i prinsippet være sammenfiltret med hverandre, og det er manipuleringen av denne sammenfiltreringen som gir kvantemaskinene kraft, forklarer *Gunnar Lange*.

En Qubit kan ha tilstanden 0 eller 1. I praksis kan dette handle om energitilstanden til ett elektron. Når et elektron får tilført energi, flytter det seg fra en grunntilstand til en eksitert tilstand. Når elektronet havner tilbake i en grunntilstand, avgir det energi. Energien vil være et foton med en helt bestemt bølgelengde.

– Det spesielle med kvantecomputere er at du kan manipulere denne tilstanden.

**Tilfeldigheter.** – Hver gang du måler tilstanden, kolliderer systemet. Du kan derfor måle Qubiten mange ganger. Noen ganger får du 0, andre ganger 1, forklarer *Gunnar Lange*.

Målingene må derfor gjøres mange ganger. Hver gang er svaret usikkert.

– Du finner svaret ved å ta gjennomsnittet av alle målingene, forteller *Morten Hjorth-Jensen*.

Dette handler med andre ord om sannsynligheter. Poenget er å kjøre programmene om og om igjen.

– Jo flere kjøring, desto bedre blir det statistiske grunnlagsmaterialet. Til slutt beregner du middelveidien, forteller *Hjorth-Jensen*.

Det å bygge en kvantedatamaskin har vist seg å være fryktelig vanskelig.

– Ikke glem at det også tok lang tid å lage klassiske datamaskiner. Selv om idéen fantes allerede på 1800-tallet, tok det hundre år før datamaskinene var gode, sier *Gunnar Lange*.

**Iskaldt, bokstavelig talt.** Den kvantemaskinløsningen som fungerer best i dag, bruker noe som kalles for *superledende materialer*. Dette er en type materialer som leder strøm uten motstand. Teknologien er dessverre ganske upraktisk. Superledende materialer fungerer best når de kjøles ned til nesten minus 273,15 grader, som er den lavest oppnåelige temperaturen i universet.

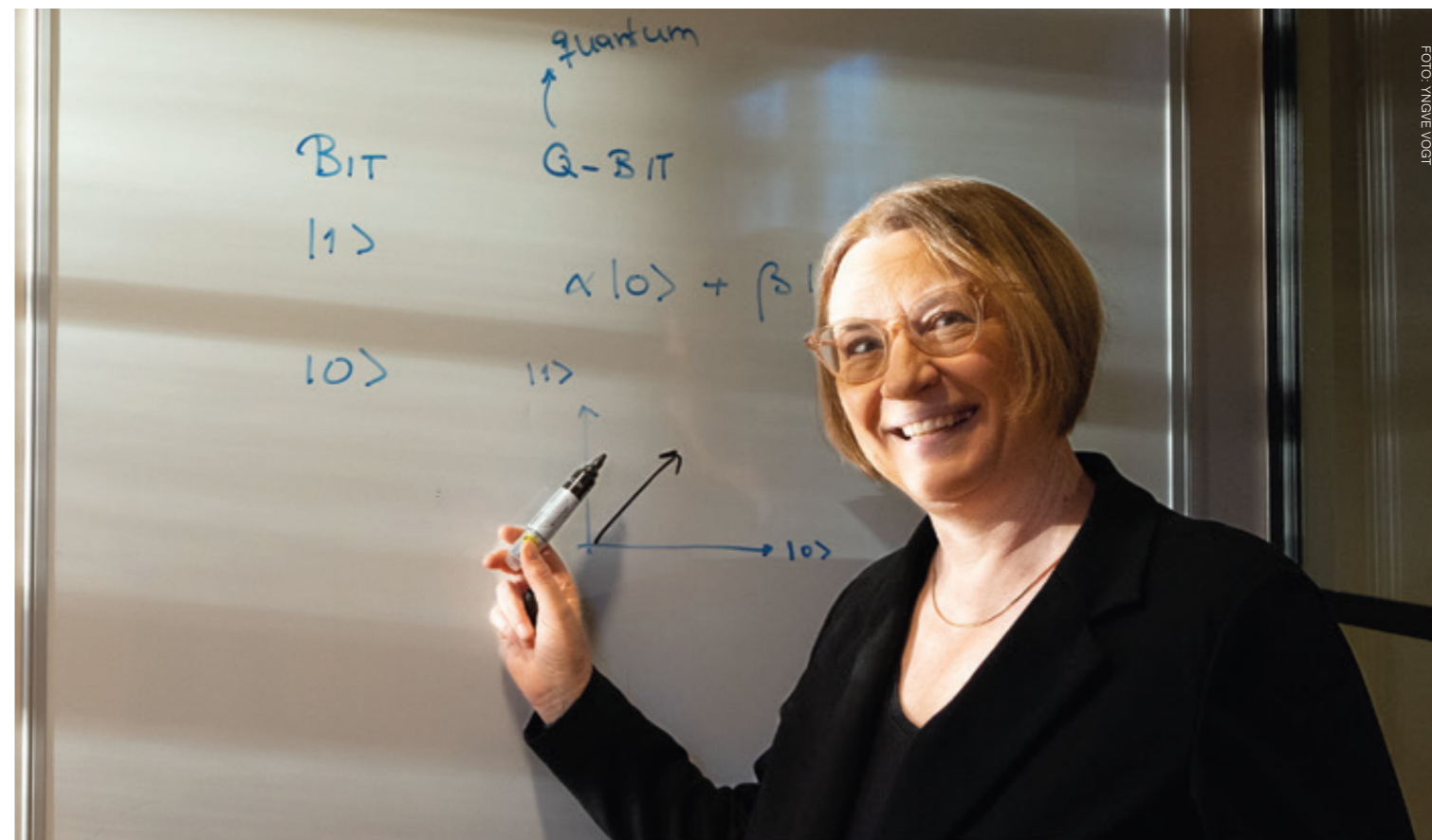
– Hver gang man gjør noe med systemet, stiger temperaturen lite grann. Da vil støy fra omgivelsene påvirke målingene. Det er dessuten krevende å opprettholde så lave temperaturer over lang tid.

Men som *Gunnar Lange* sier:

– Dette er nok voksesmerter.

Det er dessuten vanskelig å koble sammen mange nok Qubits i superledende materialer fordi det er begrenset hvor mange Qubits som kan være nær nok til at de kan kommunisere. Det er derfor ikke sikkert at superledende materialer vil bli brukt i fremtidens kvantedatamaskiner.

**Noen hundre holder.** Qubits inneholder likevel så mye informasjon at man kanskje bare trenger noen hundre av dem for at kvantedatamaskiner skal regne raskere enn dagens datamaskiner.



**KVANTEBIT:** En kvantedatamaskin består av kvantebits. Her har Susanne Viefers tegnet opp notasjonen for en kvantebit. For hver ny kvantebit dobles regnekapasiteten.

Det fins en haug med forslag fra fysikere til hvordan kvantedatamaskinene kan lages. Men problemene oppstår når systemene skal utvides.

– Det som i teorien virker temmelig rett frem, er ikke enkelt å få til i den fysiske verden, forteller *Gunnar Lange*.

Dagens største kvantedatamaskiner har i dag rundt 100 Qubits. Studenter ved UiO kjører allerede egne spesiallagde programmer på disse maskinene.

– Hvis dette skal fungere, må alle Qubitsene kunne samarbeide samtidig. Foreløpig har ingen klart å ha presis kontroll på mer enn ett par Qubits samtidig. Men jeg har stor tro på at ingeniørene skal klare å bygge en slik dings en dag, sier *Lange*.

Poenget med kvantedatamaskiner er at beregningskapasiteten dobles for hver ny Qubit. Raskt regnet betyr dette tusen ganger økt kapasitet med 10 ekstra Qubits og en million ganger økt kapasitet med 20 ekstra Qubits. Men dette er i teorien. I praksis står problemene i kø.

Det må dessuten lages egne algoritmer (en kokebok med matematiske oppskrifter) som styrer det hele. Det jobber fysikere, informatikere og matematikere med nå.

– Noen av de algoritmene som allerede er utviklet, trenger tusen Qubits. Så mange Qubits i én og samme maskin fins ikke ennå, forteller *Morten Hjorth-Jensen*.

– *Hvor langt er vi kommet om ti til tjue år?*

– Da har vi kanskje maskiner med noen tusen logiske Qubits. Vi kan komme langt med det, sier *Jan W. Thomsen*.

Mange av algoritmene på kvantedatamaskiner må spesialprogrammeres.

– Hvis du matematisk kan redusere et nytt pro-

blem til et kjent problem, kan du løse flere problemer, påpeker *Gunnar Lange*.

Dette fagområdet kalles for *algoritmeteori*.

Tekstbehandlingen vil ikke gå raskere med kvantedatamaskiner. *Gunnar Lange* ser heller for seg at vanlige datamaskiner kan sende store regneoppgaver til kvanteregnesentre.

– Dette er fremtiden som jeg tror de fleste ser for seg.

Men en liten advarsel: Et av de store problemene med kvantedatamaskiner er støy. Den mest skadelige typen støy er det som kommer utenifra, slik som lys, temperatursvingninger og elektromagnetiske felt. Da slutter ikke bare Qubitsene å kommunisere med hverandre. De begynner også å snakke med verden utenfor.

– Da mister vi litt kontroll på systemet. Hvis vi er veldig uheldige, blir hele systemet kaos.

En av løsningene er å bruke noen av Qubitsene til å oppdage feil i andre Qubits eller smøre ut informasjonen over flere Qubits.

– Da blir systemet mer robust.

I kvanteteknologien er det stor forskjell på hva som fungerer i teorien og i praksis.

– I prinsippet kreves det ikke mye å lage én Qubit. Qubiten må ha to energinivåer, godt separert fra omverdenen, og det må finnes en god måte å kontrollere Qubiten på, sier *Gunnar Lange*.

Det vanligste er å bruke lasere til å manipulere tilstandene i Qubits. Det er ikke mangel på systemer i naturen med to energinivåer.

– Det var disse tilstandene i elektroner som førte til at kvantemekanikken ble oppdaget. Det er noe dypt intellektuelt tilfredsstillende at oppdagelsen av disse diskrete energitilstandene sparket i gang hele kvanteteorien. ●

” Hele vår moderne verden er basert på beregninger.

Skjer i et forrykende tempo:

# Kvanteteknologi blir bedre med kunstig intelligens. Og omvendt.

Kunstig intelligens og kvantedatamaskiner passer sammen som hånd i hanske. De to teknologiene vil drive hverandre fremover i et forrykende tempo.

Tekst og foto: Yngve Vogt

Mens mange har fått øynene opp for kunstig intelligens, er det langt mindre oppmerksomhet om *kvanteteknologien*. Det er dessuten enda mindre kjent at de to teknologiene vil drive hverandre fremover i galopperende hastighet.

– For å lykkes med kvanteteknologien, trenger vi kunstig intelligens. Og hvis vi skal komme videre med kunstig intelligens, trenger vi kvantedatamaskiner, poengterer professor *Joachim Mathiesen*, direktøren på Bohr-instituttet ved Københavns Universitet.

– Forskningen på kvanteberegninger og kunstig intelligens har eksplodert. Den nye kunnskapen vil være fundamental for måten samfunnet vårt utvikler seg på. Mange, og da tenker jeg på både politikere, forskere og bedriftsledere, har brukt mye tid og ressurser til å skjønne hva kunstig intelligens er for noe. Og så kommer plutselig kvanteteknologien. I fremtiden vil både kvanteteknologi og kunstig intelligens bli svært viktig i beregningsvitenskapen. Mange vet dessverre ikke hva dette dreier seg om, understreker professor i beregningsorientert fysikk *Morten Hjorth-Jensen* ved UiO.

Han trekker frem enda et viktig poeng: I dag bruker kunstig intelligens mye strøm.

– Med kvanteberegninger kan vi spare enorme mengder med energi.

Et av de mange områdene som kan få glede av kombinasjonen kunstig intelligens og kvanteteknologi, er investeringsfond.

– De som regner fortest, vil tjene mest penger. Det er forklaringen på at investeringsfond i Dubai investerer i kvantedatamaskiner, sier Morten Hjorth-Jensen.

**Farmaindustrien.** Blant de store mulighetene er å

kombinere de to teknologiene for å forstå hvordan store mengder atomer henger sammen.

– Det investeres i dag milliarder av kroner i farmaindustrien for å kunne gjøre bedre beregninger av molekyler. Da kan de lage helt nye medikamenter, forteller Morten Hjorth-Jensen.

Den nye teknologien vil også kunne brukes til raskere å oppdage svulster gjennom bildediagnostikk.

**Bedre kvantedatamaskiner.** En av de fundamentale egenskapene i kvantedatamaskiner er *sammenfiltrering*. Takket være sammenfiltreringen vil byggeklossene i kvantedatamaskiner, som kalles for *Qubits*, kunne kommunisere. Sammenfiltrering er altså en kvantemekanisk egenskap som brukes til å koble alle Qubitsene sammen.

– Spørsmålet er hva som skjer med kvantesystemer over tid og hva som skjer med sammenfiltreringen mellom alle Qubitsene.

Denne kunnskapen er viktig for å kunne lage kvantedatamaskiner med mange Qubits.

Hvis du synes dette høres enkelt ut, må du tro om igjen. Kvantefysikere over hele verden prøver nå å løse dette gedigne problemet.

Qubitsene har ingen verdi når de ikke kan snakke sammen.

Sammenfiltreringen skaper vekselvirkning mellom elektronene i Qubitsene. Det betyr at tilstanden til ett elektron kan påvirke de andre elektronene. Med andre ord: Hvis du gjør måling på ett av elektronene, vet du allerede tilstanden til alle de andre.

Hvis forskerne bare skal forholde seg til samspillet mellom to elektroner, er det mulig å beregne hva som skjer, med tradisjonelle kvantemekaniske metoder.

#### FAKTA: Kunstig intelligens

• Kvantedatamaskiner kan drive kunstig intelligens videre. Og omvendt. Kvanteteknologi og kunstig intelligens kan med andre ord drive hverandre fremover.

• Kunstig intelligens bruker i dag mye energi. Med kvanteberegninger kan energibehovet til kunstig intelligens reduseres kraftig.

• Ved å kombinere de to teknologiene vil det være mulig å forstå hvordan store mengder atomer henger sammen. Det kan føre til bedre medisiner.

” De som regner fortest, vil tjene mest penger.



” Mange vet dessverre ikke hva dette dreier seg om.

#### ENDRER FREMTIDEN:

– I fremtiden vil både kvanteteknologi og kunstig intelligens bli svært viktig i beregningsvitenskapen. Mange vet dessverre ikke hva dette dreier seg om, beklager professor Morten Hjorth-Jensen på UiO.

– Såfremt det ikke er mye støy og vekselvirkninger med omgivelsene, finnes det teoretiske studier på dette, sier Morten Hjorth-Jensen.

Og da snakker vi som sagt bare om to elektroner i to Qubits. Allerede her er beregningene formidable.

Et av de store problemene er å hente inn informasjon fra sammenfiltreringen av mange partikler på én gang.

For å beregne hvordan det hele skal settes sammen, er forskerne nødt til å simulere systemet.

– Ved hjelp av kunstig intelligens kan vi velge de beste parametrene som eksperimentalistene kan bruke til å lage kvantedatamaskiner, forteller Morten Hjorth-Jensen.

**Optimal avstand.** Et annet spørsmål som Hjorth-Jensen ønsker å finne svar på, er hvor langt elektronene må være fra hverandre i Qubitsene. Avstanden må verken være for lang eller for kort. Kraften mellom dem handler om noe forskerne kaller for *Coulomb-kraften*. Et elektron kan merke kraften fra et elektron langt unna. Matematisk sett fungerer Coulomb-kraften over en uendelig avstand. I praksis virker den opp til en bestemt avstand.

Det er her den kunstige intelligensen kommer inn. Den kan hjelpe forskerne med å vite hva slags

materialer som skal brukes og hvordan man kan utnytte Coulomb-kraften til å lage et optimalt system av Qubits.

**Nye materialer.** Forskergruppen til Morten Hjorth-Jensen vil også bruke kunstig intelligens til å finne frem til materialer som kan realiseres eksperimentelt på Mikro- og nanoteknologilaboratoriet ved UiO.

UiO-professoren samarbeider også med et start-up-selskap i USA som lager komponenter til kvantedatamaskiner ved hjelp av teoretiske simuleringer og eksperimenter. Dette selskapet har allerede hentet inn 13 millioner dollar i investeringskapital.

– Vi er hele tiden på jakt etter kvanteteknologiske systemer som kan ha lang levetid og som vi kan manipulere med laser og elektromagnetiske felt.

Amerikanerne har nå laget et instrument til en halv million dollar for å isolere ett elektron. Men der må temperaturen være så lav som minus 273,15 grader, den laveste, oppnåelige temperaturen i universet.

– Vi er på jakt etter materialer der vi kan få dette til med mer anstendige temperaturer. ●

Atom-ur vil få en nøyaktighet på bare ett sekunds feil i løpet av universets levetid!

# Kvantesensorer får tidenes presisjon

Forskere er i gang med å utvikle kvantesensorer som kan oppdage fremmede ubåter under isen, hulrom under bakken og hvordan medisiner tas opp i kroppen. Bare fantasien setter grenser. Fellesnevneren er ekstrem presisjon på atomnivå. →

NANOLABORARIET: – Den teknologien som er kommet lengst innen kvanteteknologien, er kvantesensorer, forteller professor Lasse Vines på Fysisk institutt. Han skal bruke renrommet i Mikro- og nanoteknologilaboratoriet ved UiO for å teste ut nye materialer til kvantesensorer.

## ” Kvantesensorer kan måle magnetfelt som er ti milliarder ganger svakere enn magnetfeltet på Jorda.

Tekst og foto: Yngve Vogt

Sensorer blir stadig viktigere i hverdagen din. Eksempler på sensorer som du omgir deg med og som du kanskje ikke tenker så mye på til vanlig, er sensorer i bilen din som varsler om du havner over i feil kjørebane eller som leser fartsskiltene langs veien, detektorer som oppdager at tyver beveger seg rundt hjemmet ditt og EKG-målinger som legen bruker for å sjekke den elektriske aktiviteten i hjertet ditt. For å nevne noe.

Disse sensorene vil om få år høres gammeldage ut. Takket være kvanteteknologien kan fremtidens sensorer bli svært mye bedre.

– Den teknologien som er kommet lengst innen kvanteteknologien, er kvantesensorer. Mulighetene er mange. Vi ønsker langt mer følsomme sensorer enn det som allerede fins eller sensorer som det ikke er mulig å lage i dag, forteller professor Lasse Vines på Fysisk institutt ved UiO.

Det fins allerede mange forskjellige typer kvantesensorer.

– Felles for dem alle er at de har en følsomhet som vi aldri tidligere har vært i nærheten av, sier professor Susanne Viefers på Fysisk institutt.

– Kvantensensorer kan måle alle slags fysiske og kjemiske størrelser med et presisjonsnivå som man nesten ikke kan forestille seg, sa konserndirektør Trond Runar Hagen i SINTEF Digital på NHOs kvanteseminar i høst.

Professor Morten Hjorth-Jensen på Fysisk institutt har også store forhåpninger til fremtidens kvantesensorer.

– Jeg ser for meg betydelige forbedringer av dagens måleutstyr, sier Morten Hjorth-Jensen.

Han mener kvantesensorer har enda en fordel. De slites mindre ned over tid enn dagens sensorer.

– Kvantensensorer holder seg lenger, fordi det blir mindre varmeutvikling, sier Hjorth-Jensen.

– Med kvantesensorer kan vi utnytte at de er svært sensitive for det som skjer rundt dem. Vi kan bruke dem til å måle slike ting som trykk, temperatur, elektromagnetiske felt og gravitasjon med bedre presisjon enn før, hurtigere enn før og kanskje under mer ekstreme forhold, fremhever forsker Marianne Etzelmüller

### FAKTA: Kvantensensorer

- Kvantensensorer vil bli langt bedre enn dagens sensorer.

- Kvantensensorer vil kunne brukes til å måle trykk, temperatur, elektromagnetiske felt og gravitasjon med ekstrem presisjon.

- Atomur vil få en nøyaktighet på bare ett sekunds feil i løpet av universets levetid.

- Det kommer stadig nye ideer som ingen før har hatt. Bare fantasien setter grenser.

Bathen på Senter for materialvitenskap og nanoteknologi ved UiO.

**Gravitasjon.** En av de mange mulighetene med kvantesensorer er hyperfølsomme gravitasjonsmålinger.

Hvis massen hadde vært lik over hele Jorda, ville gravitasjonen ha vært den samme overalt. Men slik er det ikke.

Nøyaktigheten til kvantesensorene er så stor at endringen av gravitasjonskraften vil kunne måles om du klipper av litt av håret ditt.

– Hvis det er en tunnel rett under bakken, vil gravitasjonskraften være mikroskopisk mindre enn om tunnelen ikke var der. Her er det åpenbart militære muligheter, slik som å kunne oppdage tunneler under bakken. Dette er fantastisk kult. Man bruker en kvantetilstand på noen få atomer og kan måle om man står over en tunnel. Det er sykt, sier Susanne Viefers.

Gravitasjonsmålinger kan også brukes til å sjekke om bakken består av lette eller tyngre mineraler, ettersom gravitasjonskraften er større i områder med tyngre mineraler. Slike sensorer vil også kunne oppdage arkeologiske funn under bakken. Mulighetene er mange.

**Atomur.** En annen mulighet er hypernøyaktige atomur.

– Her baserer klokken seg på målinger av elektroner mellom to elektronbaner rundt et atom. Når ett elektron faller tilbake til en elektronbane nærmere atom-

kjernen, gir det fra seg et foton. Dette fotonet har en så presis frekvens, at vi kan få atomur med en nøyaktighet på bare ett sekunds feil i løpet av universets levetid, sier Susanne Viefers.

Atomurene kan brukes til å navigere med.

– Ved hjelp av atomur kan man måle gravitasjonsfelt med en svært stor nøyaktighet. Man kan lage sensorer som kan se ned i jorda før man lager en byggeplass, sier professor Jan W. Thomsen, lederen for Quantum Computing Programme i Novo Nordisk Foundation i København.

– Med en meget nøyaktig tidsangivelse skal man i stor grad kunne vite hvor man er, sier Kenneth Ruud, direktøren på Forsvarets forskningsinstitutt.

– Atomurene skal kunne brukes sammen med kvantesensorer som måler akselerasjon, gravitasjonsfelt og magnetfelt.

Ja! Du leste ordet *magnetfelt*.

– Magnetiske sensorer kan også brukes til å måle lavastrømmer og kommende jordskjelv, sier Jan W. Thomsen.

En annen mulighet er å bruke kvantesensorer til å måle jordrotasjonen.

– Det viser seg faktisk at når løvet faller av trærne om høsten, roterer jorden litt fortere, akkurat som en kunstløperske roterer raskere når hun drar inn armene sine, forteller forskningsdekan Bjørn Jamtveit på Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet.

**Militære anvendelser.** – Man skal ikke være særlig kreativ for å forstå at denne teknologien kan brukes av Forsvaret, sa Trond Runar Hagen på høstens NHO-seminar om kvanteteknologi.

Et av de store problemene er å navigere under vann og under isen. Da fungerer ikke GPS. Samtidig er det viktig for Forsvaret å vite hvor fienden gjemmer seg i havet.

– Akkurat som vi i dag kan bruke droner til å overvåke all militær aktivitet på land og i luften, kan vi bruke kvantesensorer til å navigere og overvåke aktiviteten i havet. Målet er å oppdage ubåter under isen, sier Kenneth Ruud.

På spørsmål om fremtidens kvanteutstyr på soldaten mener Kenneth Ruud at det bare er fantasien som setter grenser.

– På femtitallet, da datamaskinen

## ” Vi har ikke fantasi til å se for oss alle mulighetene.

veide flere tonn, var det ingen som tenkte at dagens soldater ville gå rundt med hver sin lille datamaskin. Den største utfordringen med kvanteteknologien, fra et militært perspektiv, er å få den fantastiske teknologien brukbar i en situasjon der fienden gjør alt for at utstyret ikke skal fungere optimalt. Vi må følge med og se hvilke trusler kvanteteknologien kan utgjøre for Forsvaret. Så snart det blir en konflikt, vil en del av den teknologien som vi er avhengige av i det daglige, ikke lenger fungere som følge av fiendtlig aktivitet, påpeker Kenneth Ruud.

En av de mange mulighetene er langt mer presis navigering enn dagens GPS. Kvantensensorer kan erstatte GPS-målingene fra satellitt. Det er ikke dumt. Både fienden og solstormer kan slå ut GPS-signalene.

– Da kan det være fint å ha navigasjonssystemer som ikke er avhengige av GPS, mener Susanne Viefers.

**Medisin.** Kvantensensorer vil også bety mye i den medisinske verden.

– Kvantensensorer kan måle magnetfelt som er ti milliarder ganger svakere enn magnetfeltet på Jorda. Slike følsomme sensorer kan gjøre det mulig å se hvordan både hjertet, hjernen og musklene fungerer, uten å stikke nåler inn i kroppen, forteller Jan W. Thomsen.

Han håper også at fremtidige kvantesensorer kan måle hvordan medisinen blir tatt opp av kroppen og hvordan kroppen utskiller medisinen.

Kvantensensorer vil også gjøre det mulig å måle temperaturforskjeller på en tusendels grad inne i cellene våre.

Susanne Viefers ser for seg neste generasjon MR, som fotograferer kroppen innvendig med magnetiske målinger.

– Et eksempel er helt nye materialer som er svært følsomme når magnetfeltet endrer seg. Magnetfelt påvirker kvantetilstanden. Det vil da være mulig å lage enda bedre sensorer for å skanne hjerneaktiviteten. Da er det mulig å få bedre elektromagnetiske målinger av hjernen, sier Viefers.

**Stoda i dag.** Det er svært dyrt og ressurskrevende å lage kvantedatamaskiner. Både Sverige, Danmark og Finland satser stort på å bygge slike datamaskiner.



MER FØLSOMME SENSORER: – Vi ønsker langt mer følsomme sensorer enn det som allerede fins, eller sensorer som det ikke er mulig å lage i dag, poengterer Lasse Vines i Mikro- og nanoteknologilaboratoriet på UiO.

– Vi må ikke ha noen illusjon om at vi kan ta dem igjen. I Norge er det mer realistisk å lage kvantesensorer enn kvantedatamaskiner, fordi Norge allerede er store på sensorteknologi, forteller Susanne Viefers.

Kongsberg-gruppen lager blant annet sensorer til bruk på havbunnen. Dagens sensorer er ikke presise nok etter en tiårs tid. Da må de kalibreres på ny.

– Hvis vi ikke henger med i utviklingen, vil sensorene våre kunne bli utkonkurrert. Det å lage kvantesensorer er ikke gjort over natten. Hvis vi kommer på etterskudd, må vi ta igjen teknologi over flere år. Vi ønsker å være ledende i markedet, sier Terje Nilsen, direktør for banebrytende teknologier i Kongsberg Discovery, en del av Kongsberg-gruppen.

Hele poenget er:

– Utviklingen går utrolig fort. Vi har ikke fantasi til å se for oss alle mulighetene. Det kommer stadig nye ideer som ingen før har hatt, sier Susanne Viefers.

**Teknikken.** Marianne Etzelmüller Bathen poengterer at det fortsatt trengs mye grunnforskning.

– Ettersom vi ikke vet hva som vil betale seg på sikt, er vi nødt til å satse ganske bredt på kvanteforskningen, understreker hun.

Et av spesialene hennes er å forske på punktdefekter. Alle atomer er ordnet som i et gitter. Hvis du tar ut et atom eller bytter det med et annet atom i et rent mate-

riale, får du en *punktdefekt*. Disse punktdefektene kan gi helt spesielle egenskaper i materialet.

– En del punktdefekter er uønsket. Andre er anvendbare, sier Lasse Vines.

Punktdefekter er bare en av mange muligheter for å lage kvantesensorer.

– Fordelen med å bruke punktdefekter er at de kan lages av halvlederindustrien, som produserer byggesteinen for all moderne teknologi i samfunnet vårt, påpeker Lasse Vines.

– Dette er materialer som vi allerede har jobbet med i mange år.

For å lage disse materialene beskytes de med atomer.

– Du kan sammenligne dette med å spille bowling. Bowlingkulene, altså atomene, slår løs kjeglene. Vi ønsker å stå igjen med manglende kjegler, altså defekter i materialet, eller reorganisering av kjeglene, forteller Lasse Vines.

Poenget er at ingeniørene bare skal sitte igjen med ønskede defekter som fungerer i en kvantesensor og ikke defekter som skaper støy og vanskeligheter.

Selv om det kanskje høres enkelt ut, er det ikke enkelt å lage punktdefekter. En av mulighetene er å bruke en ionekanon. Den skyter ioner. Ioner er ladete atomer.

Med denne teknologien er det mulig å fjerne eller bytte ut en milliontedel av atomene.

Uheldigvis er det vanskelig å plassere atomene på en kontrollert måte ettersom punktdefektene blir spredd stokastisk.

Det er også krevende å vite hvordan punktdefektene blir påvirket av temperaturrendringer og elektriske felt, hvordan de kan utnyttes kvantemekanisk og i det hele tatt vite hvordan man kan lage dem i et laboratorium.

Forsker Gunnar Lange, som er teoretiker, beregner hvordan dette lar seg gjøre. Han sier i en munter tone at han overlater til eksperimentalistene å teste ut forslagene hans i praksis.

For å klare dette må praktikerne danne materialene i en rekke ovner og apparater i renrommet i Mikro- og nanoteknologilaboratoriet og deretter undersøke hvor stabilt materialet er. For dette er et av de mange poengene: Kvantensensorer må være stabile og kunne tåle en skikkelig støyt. ●



# Kjeltringer kan avsløre krypteringsnøkklene i dagens internett

Fremtidens kvanteberegninger kan knuse den sikre kommunikasjonen i internettet.

Tekst: Yngve Vogt

Når du logger deg på nettbanken, tar du det som en selvfølge at ingen andre kan snoke i kommunikasjonen mellom deg og banken.

For at økonomikjeltringer ikke skal klare å tømme bankkontoen din, er kommunikasjonen mellom deg og banken kryptert.

En av de vanligste krypteringsmetodene fungerer slik at et par hemmelige nøkler, som består av to svært store primtall, brukes til å pakke opp informasjonen, mens den offentlige nøkkelen som brukes til å pakke ned informasjonen, er produktet

av disse to primtallene.

Mens det går lynraskt å gange sammen to primtall, er det svært tidkrevende å faktorisere store tall.

Som du sikkert husker fra matematikktimene på grunnskolen, var det mye enklere å multiplisere enn å dividere. Tenk deg at du skal gange sammen de to primtallene 3821 og 4217. Det er enkelt. Svaret blir 16 113 157. De fleste vil nok få panikk om de skal finne frem til hvilke to tall som må ganges for å få dette svaret.

Jo større produktet er, desto lengre tid tar det før en datamaskin klarer å knekken koden.

Hvis primtallene er store nok, kan det faktisk ta millioner av år å løse dette på en klassisk datamaskin. Systemet er derfor i dag svært godt egnet til å kryptere informasjon, forteller postdoktor Gunnar Lange på Senter for materialvitenskap og

” Hvis Kina klarer å knekke krypteringsalgoritmene først, har NATO og Vesten et problem.

nanoteknologi ved UiO.

Professor Johannes Skaar på Fysisk institutt påpeker at det likevel er en teoretisk fare for at dagens kommunikasjon ikke er sikker.

I prinsippet kan en smarting fra et fiendtlig land allerede ha funnet opp en algoritme som klarer å knekke dagens kryptering, for det er ikke bevist at krypteringen er sikker. Vi vet derfor ikke om sikkerheten på nettet er bra nok, advarer Skaar.

**Smart algoritme.** Den amerikanske vitenskapsmannen Peter Shor designet i 1994 en sinnrik algoritme som viste hvordan fremtidens kvantedatamaskiner kan faktorisere store tall på svært kort tid.

Den dagen kvantedatamaskinene er kraftige nok, er faren derfor til stede for at dagens krypteringsalgoritmer kan bli knust.

Mange internasjonale sikkerhetsmyndigheter tenker nå på hvordan de kan unngå å få dekkryptert informasjonen sin, forteller professor Lasse Vines på Fysisk institutt.

Sikker kommunikasjon er spesielt viktig for Forsvaret.

Vi mener vi har gode algoritmer som er relativt robuste mot kvantedatamaskiner, men det er likevel viktig å følge med på dette. Vi jobber med NATO. Det er veldig viktig for Kongsberg-gruppen at alt skal være sikkert i 30 år. Da må vi tenke 30 år frem i tid. Kina har allerede kommet med flere pressemeldinger som sier at de har klart å knekke krypteringsalgoritmene. Men det viser seg at de ikke har fått det til likevel. Hvis Kina klarer dette først, har NATO og Vesten et problem, advarer Terje Nilsen, direktør i Kongsberg Discovery, som er en del av Kongsberg-gruppen.

**Kvantekommunikasjon.** En mulig løsning er å bruke en helt ny metode som kalles for kvantekommunikasjon.

Kvantekommunikasjon vil bli en av de tingene som får størst betydning. Jeg tror alle nettverksforbindelser innen stat, forsvar og helse etter hvert vil baseres på kvantekommunikasjon. Da kan ingen tappe informasjonen underveis, beroliger Terje Nilsen.

Når ekspertene snakker om kvantekommunikasjon, tenker de på to ting: Både hvordan kvantedatamaskiner skal snakke sammen og hvordan kvanteteknologien kan brukes til å sørge for at informasjonen ikke blir hacket underveis.

Det kan være lurt å utvikle kvantekryptering. Fysikere, matematikere og informatikere har forsket på dette i lang tid. Kvantekryptering kan enten bli superviktig eller helt uviktig, mener Johannes Skaar.

Løsningen er komplisert. Kvantekommunikasjon

fordrer egen hardware, egne kvantekanaler og egne fibre.

Uheldigvis er det ikke mulig å bruke dagens internettfibre til dette.

Forklaringen er at signalene i dagens optiske fibre over lange avstander må forsterkes en rekke ganger. I dag skjer dette et par ganger mellom Oslo og Trondheim og mange ganger over Atlanterhavet. Problemet er at hver gang man skal forsterke kvanteinformasjon, dukker det opp støy. Dette er ennå ikke løst.

Det er derfor et godt stykke til eksperimentell realisering over store avstander, sier Skaar.

Men kvantekommunikasjon over korte avstander på noen mil fungerer allerede i dag.

**Sammenfiltrete fotoner.** Slik kommunikasjon skjer med sammenfiltrete fotoner. Dette er en fundamental egenskap i kvantefysikken.

Sammenfiltrete fotoner handler om at to fotoner vet om hverandre, selv om de sendes i hver sin retning.

Hvis noen prøver å måle fotonene på vei mellom Oslo og Trondheim, vil fotonene forstyrres.

Med kvanteteknologi kan man bruke slike sammenfiltrete fotoner til å beskytte informasjonen. Kvantestystemer er svært følsomme for ytre forstyrrelser. Denne følsomheten kan brukes til å beskytte kommunikasjonen mellom to parter. Hvis noen måler eller påvirker det ene fotonet, vil dette kunne oppdages gjennom det andre fotonet. Det betyr at du i teorien har muligheten til å avdekke om noen har tuklet med informasjonen din, forklarer Gunnar Lange.

Informasjonen må da sendes på ny.

Noen drømmer om å bruke den samme teknologien i et eget kvanteinternett, som skal bli mye tryggere enn dagens internett, men dette er fortsatt et godt stykke unna, sier Lange.

Rundt omkring i verden planlegges det nå kvantekrypteringsnettverk.

Det er viktig med sikker kommunikasjon. Allerede i dag bruker danske ministerier kvantekommunikasjon seg imellom, forteller professor Jan W. Thomsen, Danmarks fremste kvanteteknolog. Han er leder av Quantum Computing Programme i Novo Nordisk Foundation.

Parallelt jobbes det også med å lage klassiske, kvantesikre algoritmer som skal kunne fungere i dagens internett mot mulige kvantehackerangrep i fremtiden.

Kvantealgoritmer kan ikke ødelegge for internettet i dag, fordi kvantedatamaskinene ennå ikke er store nok, sier Johannes Skaar.

Det er likevel lurt å utvikle kvantekryptering. Det kan komme en dag vi trenger dette. ●

AVSLØRINGSFARE:  
– Mange internasjonale sikkerhetsmyndigheter tenker nå på hvordan de kan unngå å få dekkryptert informasjonen sin, forteller professor Lasse Vines på Fysisk institutt.

For nesten femti år siden forutså to fysikere på Blindern noen helt spesielle partikler som bare eksisterer i to-dimensjonale rom. Disse partiklene kan bli viktige i fremtidens kvantedatamaskiner.

Tekst: Yngve Vogt

Hvem skulle tro at en nesten femti år gammel teori til to daværende stipendiater om noen helt spesielle partikler som ingen hadde sett og som ingen trodde eksisterte, kan berede grunnen for fremtidens kvantedatamaskiner?

Det hele startet i 1976 da *Jon-Magne Leinaas* og *Jan Myrheim*, som senere ble professorer i fysikk, den ene på UiO og den andre på NTNU, beregnet at det måtte finnes partikler i naturen som ingen hadde tenkt på. De første årene var det stille. Først ti år senere vakte beregningene deres en viss interesse. Siden da har forskningen på de spesielle partiklene ført til tre nobelpriser i fysikk. En nobelprisvinner i et annet fysisk fagfelt, amerikanske *Frank Wilczek*, døpte de ukjente partiklene for *anyoner*.

For fem år siden, i 2020, kunne en gruppe forskere omsider komme med den endelige, eksperimentelle bekreftelsen på at anyoner ikke bare fins i teorien, men også i virkeligheten.

**Helt spesielle partikler.** Før oppdagelsen av anyoner kunne alle partiklene i universet deles inn i *fermioner* og *bosoner*. Eksempler på fermioner er byggesteinene i atomer: protoner, nøytroner og elektroner. Felles for fermioner er at de ikke liker å være i nærheten av partikler av samme slag. De holder stor avstand seg imellom. Kall dem gjerne for «usosiale» partikler.

For bosonene er det omvendt. Bosoner er «sosiale partikler». De kan gå i takt og oppføre seg som en enkeltpartikkel. Eksempler på bosoner er fotoner (lyspartikler), fononer (partikler som beskriver vibrasjoner) og gravitoner (hypotetiske partikler som bidrar til gravitasjonskraften).

Anyoner er utrolig nok en mellomting mellom fermioner og bosoner. Anyoner har dessuten en stor og fascinerende begrensning:

– Som om kvantefysikken ikke er sær nok i tre dimensjoner, er den enda særere i to dimensjoner. Anyoner kan bare bevege seg i det todimensjonale plan, poengterer professor *Susanne Viefers* på

Fysisk institutt ved UiO.

– Dette er litt som å være fanget i en etasje i en bygning og ikke kunne gå opp eller ned, forklarer forsker *Gunnar Lange* på Senter for materialvitenskap og nanoteknologi ved UiO.

Leinaas og Myrheim forstod med andre ord at kvantemekaniske systemer i to dimensjoner oppfører seg veldig annerledes enn i tre dimensjoner.

– Oppdagelsen av anyoner var forut for sin tid. Det skulle ta mange år før noen klarte å fremstille todimensjonale kvantematerialer. Anyoner er i dag selve grunnkonseptet i et stort internasjonalt forskningsfelt som arbeider for å konstruere verdens mest robuste kvantedatamaskin. Men dette er fortsatt langt unna realisering, sier *Susanne Viefers*.

Hun har i en årrekke forsket på anyoner og var i sin tid stipendiaten til *Jon-Magne Leinaas*.

– Da vi lanserte ideen vår på syttitallet, hadde vi ikke noen revolusjonære ideer om anyoner i kvantedatamaskiner. Vi så ikke det for oss. Vi tenkte bare at det var verdt å skrive om anyoner, sa *Jon-Magne Leinaas* da *Apollon* intervjuet ham for fire år siden.

**Vil unngå støyproblemer.** Et av de store problemene med kvantedatamaskiner er at all informasjonen i kvantebits er flyktige. Kvantebits kan lett bli ødelagt av ytre støy. Eksempel på støy er elektromagnetisk stråling fra andre deler i kvantedatamaskinen.

– Ettersom vi jobber i bittesmå skalaer og fordi kvantedatamaskinene krever at kvantebitsene skal kunne snakke med hverandre, er det avgjørende å redusere støyen for at kommunikasjonen mellom dem skal fungere skikkelig. I stedet for å jobbe for å motvirke støyen, kan vi lage systemer som er mye mindre ømfintlige for støy, forteller *Gunnar Lange*.

Denne løsningen kalles for *topologiske kvantebits*. Kvantetopologi handler om egenskaper til kvantemekaniske partikler som ikke bryr seg om støy.

Her ble det mange nye ord på én gang. *Apollon*



FOTO: YNGVE VOGT

**SÆR FYSIKK:** – Som om kvantefysikken ikke er sær nok i tre dimensjoner, er den enda særere i to dimensjoner, poengterer *Susanne Viefers*.

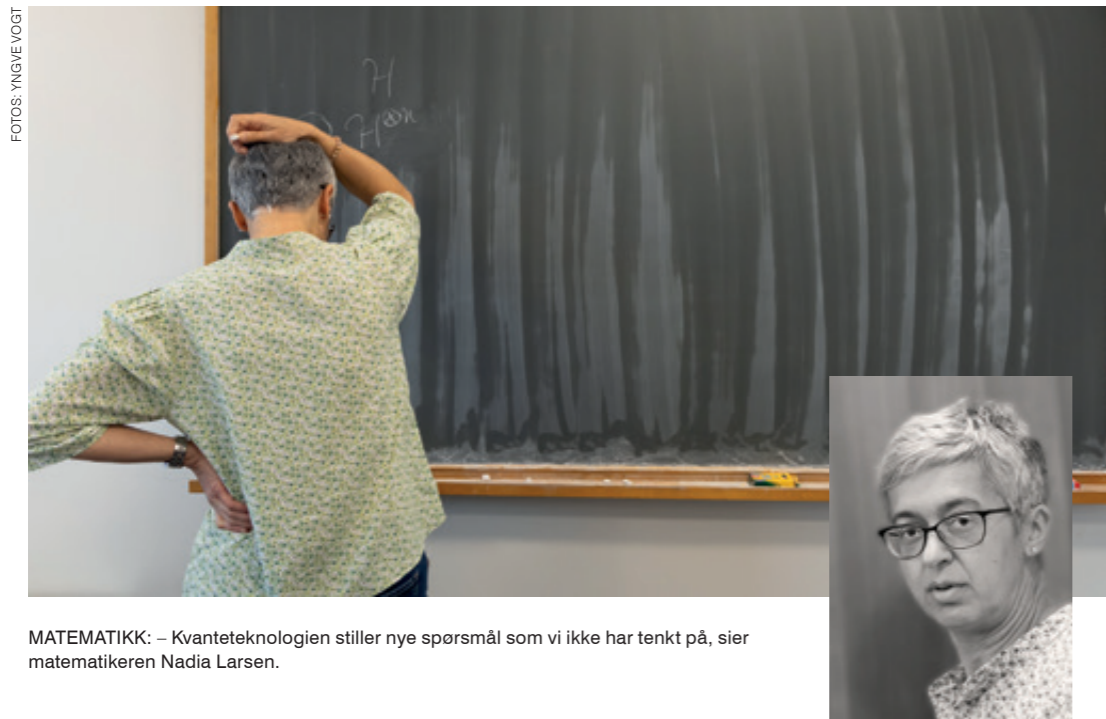


FOTO: YNGVE VOGT

**SPENNENDE:** – Topologiske kvantebits er spennende, men det er vanskelig å beskrive denne matematikken med ord. Da blir de fine nyansene borte, forteller *Gunnar Lange*.

» Oppdagelsen av anyoner er utrolig vakker. Jeg venter fortsatt på at de to norske professorene skal få Nobelprisen i fysikk.

” Det er kult om denne vakre fysikken kunne bli anvendbar.



MATEMATIKK: – Kvanteteknologien stiller nye spørsmål som vi ikke har tenkt på, sier matematikeren Nadia Larsen.

skal snart forklare begrepet topologi, men først noen setninger om topologiske kvantebits.

Topologiske kvantebits bygger på en samling av fysiske kvantebits. I 2023 klarte Google, og kort tid etterpå også selskapet Quantinuum, å vise at det var mulig å lage slike topologiske kvantebits ved å få vanlige kvantebits til å snakke sammen på en riktig måte.

– Topologiske kvantebits er spennende, men det er vanskelig å beskrive denne matematikken med ord. Da blir de fine nyansene borte, beklager Gunnar Lange.

**Topologisk snadder.** Og nå er det jammen meg på tide å skrive noen setninger om *topologi*. Topologi er en matematisk verktøykasse som gjør det mulig å trekke ut de robuste delene av signalene mellom kvantebits. Eller for å si det mer generelt: Topologi beskriver hvilke formasjoner noe kan omdannes til. Her gjelder det å holde tungen rett i munnen: En kule er topologisk lik med alle former som ikke har hull i seg. Det betyr at topologien er den samme selv om man deformerer en kule til en pannekake. Innenfor topologien er derfor en kule og en pannekake det samme. Men det finnes ingen muligheter til å endre en kule eller en pannekake kontinuerlig slik at den kan bli til en smultring med ett hull. Disse er topologisk forskjellige. Det samme gjelder for åttetallsformete former. De har to hull. En smultring med ett hull kan altså ikke omdannes til en form med to hull.

– Det er noe tilsvarende med anyoner. Anyoner

eksisterer i forskjellige topologiske verdener. De kan ikke gå fra en topologisk tilstand til en annen topologisk tilstand. Anyoner er med andre ord topologisk beskyttet. Med anyoner kan informasjonen i kvantebitsene være topologisk beskyttet mot påvirkninger utenifra, forteller Susanne Viefers.

Gunnar Lange prøver med en annen forklaring:

– For enkelhets skyld kan vi si at den topologiske metoden får kvantebitsene til å snakke sammen uten at de blir forstyrret av støy. Partiklene i to dimensjoner kan faktisk knyttes sammen akkurat som skolissene dine, sier Gunnar Lange.

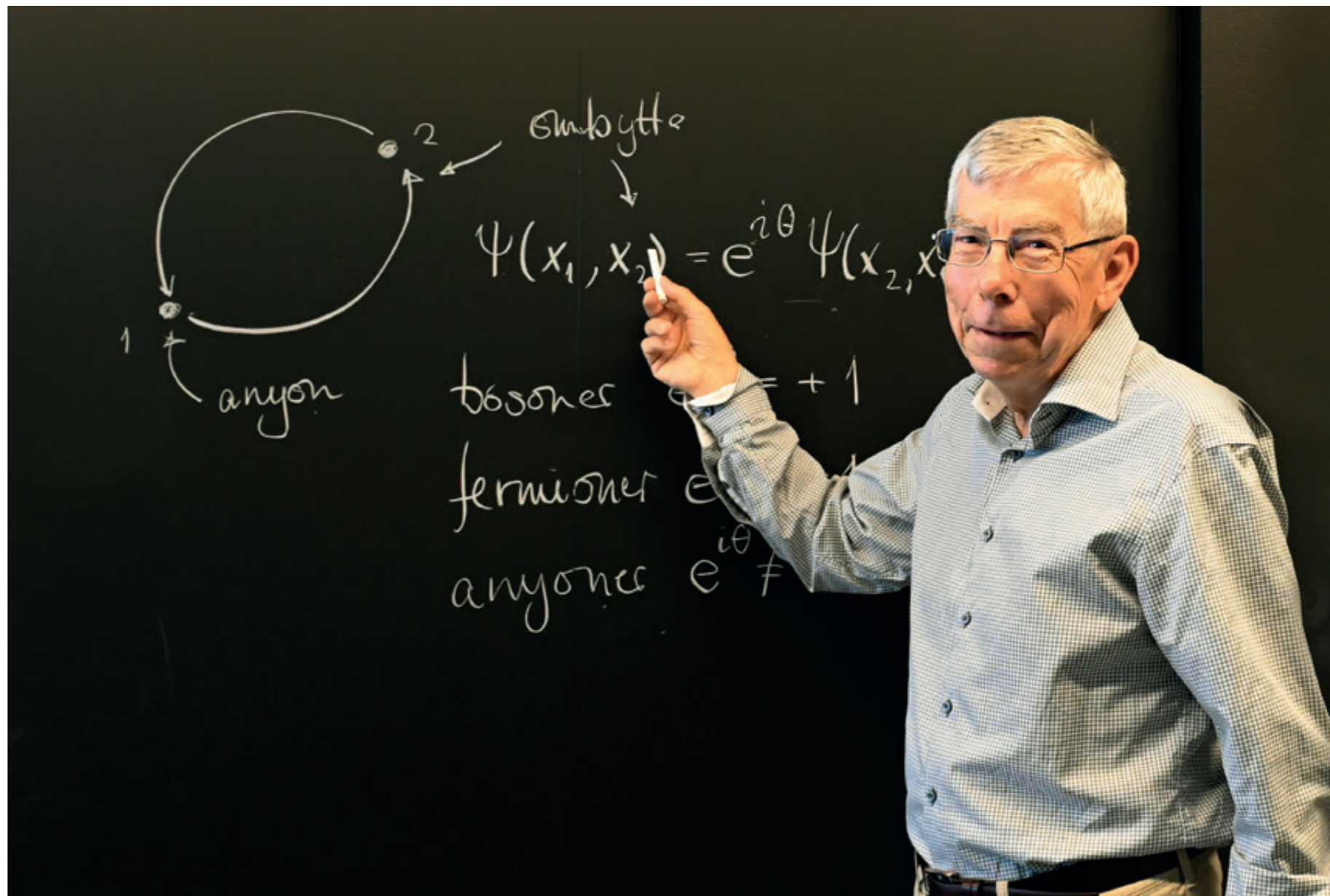
Forslaget er å lagre all kvanteinformasjonen og alle de logiske operasjonene i disse knutene. Disse knutene har i teorien de ønskete egenskapene for å unngå problemene med støy.

– Det er kult om denne vakre fysikken kunne bli anvendbar, legger Gunnar Lange til.

De anyonene som skal brukes i kvantedatamaskiner, er ikke de samme anyonene som ble oppdaget av de norske fysikerne.

– I kvantedatamaskinene skal det brukes neste generasjons anyoner, men hadde det ikke vært for oppdagelsen til Leinaas og Myrheim, ville ikke denne idéen ha dukket opp. Oppdagelsen av anyoner er utrolig vakker. Jeg venter fortsatt på at de to norske professorene skal få Nobelprisen i fysikk, håper Susanne Viefers.

**Matematisk spissfindighet.** Nadia Larsen er opptatt av kvantefeilkorrigerende ut ifra et matematisk perspektiv. Hun er professor på Matema-



tisk institutt og ser på hvordan topologiske kvanteberegninger kan brukes til å eliminere støy i ulike systemer av kvantebits.

Topologisk kvanteberegning er avansert matematikk som ved hjelp av et felt innenfor matematikken som kalles for *operatoralgebra*, beskriver topologisk hva som skjer.

– Det finnes retninger innenfor operatoralgebra som er nyttige verktøy for å beskrive matematikken rundt kvantefenomener, forteller Nadia Larsen.

Forskergruppen som hun er en del av, utvikler nye metoder og tilpasser dagens matematiske verktøy for å beskrive kvantefysikkens lover.

– Kvanteteknologien stiller nye spørsmål som vi ikke har tenkt på, sier Nadia Larsen.

**Færre kvantebits i praksis.** Selv om Google har vist at topologiske kvantebits er mulig, har metoden en svakhet. Det er fortsatt krevende å lage kvantedatamaskiner med mange nok fysiske kvantebits. Og ettersom det er nødvendig med mange fysiske kvantebits for å lage én topologisk kvantebit, blir det foreløpig ikke så mange av dem.

– Du mister kapasiteten, men får kontroll på støyreduksjonen. Det er dessuten ikke sikkert at topologiske kvantebits er den beste måten å løse støyproblemet på, poengterer Gunnar Lange.

Men som Gunnar Lange sier: Det finnes også andre muligheter, slik som å bruke noen av kvantebitsene til å redusere støy. Men det er en annen historie. ●

**FREMSYNT:** – Da vi lanserte ideen vår på syttitallet, hadde vi ikke noen revolusjonære ideer om anyoner i kvantedatamaskiner. Vi så ikke det for oss, sa Jon-Magne Leinaas til Apollon for fire år siden. Dette bildet ble tatt samme år av Hilde Lynnebakken da hun intervjuet ham om anyoner for nettavisen titan.uio.no.

# Kan knapt huske en debatt hun ikke har gått seirende ut av

Med sin ulveskinnskåpe og sitt medlemskap i Malteserordenen kan hun virke ute av takt med sin tid. Like fullt går professoren inn i de mest brennbare debatter med alt hun har.

Tekst: Morten S. Smedsrud • Foto: Ola Sæther

Kanskje det er det vi trenger – utenfrablikket på en tid som velger en selvopptatt jettsetter fra New York til verdens mektigste mann, hvor renta stiger og krigene raser?

Janne Haaland Matlary har tatt på seg sin flotteste pels på vei til den årlige julegudstjenesten i Slottskirken på Akershus festning, der hun har en bistilling som professor ved Forsvarets stabsskole.

– Jeg kjøpte ulveskinnskåpen av en konduktør på toget mellom Oslo og Asker. Ulven var død, og kåpen var brukt.

Men ute av takt med sin tid? Det skjønner hun ikke.

– Min referanseramme er internasjonal, og det er jo naturlig i en globalisert verden. Norge er et lite land med under seks millioner mennesker. Vi må være mest mulig internasjonale fordi vi er altfor små til å dominere noe som helst.

– Hva er det vi skal dominere?

– Jeg mener ha innflytelse over. Vi er for små til å sette preg på noe, selv om vi liker å tro at vi kan det. Vi importerer ukritisk alt mulig fra spesielt USA – fra baby showers til halloween.

Hun verdsetter kontrasten mellom bistillingen på Akershus festning og den «vanlige» jobben som

**JANNE HAALAND MATLARY**

**FØDT:** 27. april 1957 i Mandal.

**STILLING:** Professor i statsvitenskap ved Universitetet i Oslo.

**SIVILSTAND:** Gift, fire barn.

**AKTUELL:** Boka «Verden blir ikke den samme. Vår nye sikkerhetspolitiske hverdag». Fast spalte i Dagens Næringsliv.

professor i statsvitenskap ved Universitetet i Oslo.

– Jeg har stort utbytte av å undervise offiserer på Stabsskolen. De er uhyre disiplinerte – hva er oppgaven? Iverksett! Det er er parolen. Det er de da også trent til som erfarne offiserer på oberstløytnantnivå.

Høsten 1997 ringte telefonen mens Matlary satt i middagsselskap ved den tyske ambassaden i Oslo. De ambassadeansatte mente dette var viktig nok til å bryte inn i selskapet. Det var nemlig den nyutnevnte utenriksministeren på telefonen, og han spurte etter deres gjest.

– «Es ist Herr Follebekk, für Sie!», erindrer Matlary.

Hun tok telefonen. I den andre enden var *Knut Vollebæk*.

– «Vil du bli min statssekretær? Du må begynne i morgen klokka 07.00 for jeg skal til Kina. Og så må du bli medlem av partiet.»

– Jeg meldte meg straks inn i Kristelig Folkeparti, forteller Matlary.

Senterpartiet satt i den samme regjeringen. Det var en spagat innad i regjeringen, også mellom statssekretærene i UD.

» En politiker skal være folkets tjener, ikke drive med synsing og underholdning.

” Å sitte på Costa del Sol og gjøre ingenting?  
Nei, det skjønner jeg ikke noe av.

– Jeg var for EU, så jeg fikk ikke ha det i porteføljen. Det måtte EU-motstander *Åslaug Haga* ha. Det var politisk taktikk på høyt nivå, ler Matlary i dag.

Skulle vi fulgt logikken, burde Matlary være imot deler av Sentral-Asia.

– Jeg fikk nemlig ansvar for stan-landene og liknende. Det ble mange «Ville Østen-turer» på kort tid.

UD-ansatte må være klar for det meste på kort varsel. Det merket hun to år inn i jobben, i slutten av oktober 1999. Da ble åtte personer, inkludert statsministeren, drept inne i den armenske nasjonalforsamlingen i Jerevan.

Det er ikke så lett å se på stavemåten, men Armenia er et «stan-land».

– Vi var på ferie i Spania med fire unger da telefonen kom. Kan du dra? Noen må representere regjeringen. Du kan kjøpe sørgedrakt i Spania på statens regning. Mannen min ble igjen med barna på ferie. Eller ferie og ferie.

Hun fløy fra Pamplona til London, og videre til Athen.

– Det skulle gå et gammelt Tupolev-fly derfra, som dukket opp på tavlen i avgangshallen for så å forsvinne igjen. Da var det bare å si ja til masse drinker, altså. Det var jo forferdelig. Jeg hadde ikke orket i dag.

I Jerevan var det kaos.

– Siden halve regjeringen var blitt massakrert inne i parlamentet, så var det ikke noen som egentlig visste hva som foregikk. Jeg ringte hjem til departementet for å forsikre meg om det var trygt: «Kommer det ned noen fra vår ambassade i Moskva for å møte meg? Er det noen sikkerhet der?»

Men Matlary ville ikke bare stå på pinne for regjeringen og sitt nye politiske parti.

– Jeg ønsket å utvikle KrF til et kristenkonservervativt parti etter mal fra den tidligere vesttyske kansler *Konrad Adenauers* Christlich Demokratische Union Deutschlands (CDU).

Etter Matlarys skjønn er veivalget KrF stadig står i, mellom høyre- og venstresiden i norsk politikk, en villfarelse.

– Det er åpenbart at KrF burde være et tydelig borgerlig parti.

CDU-planen ble det så som så med. *Bondevik I* kalte seg selv en sentrumsregjering. For Matlary gir imidlertid begrepet sentrum lite politisk mening.

– Det fins ingen tredje vei i politikken. Enten mener man at det er individet og sivilsamfunnet som er det viktigste i et samfunn. Eller så peker man på staten. Alle mellomposisjoner bærer preg av politisk spill.

UTVALGTE UTGIVELSER:

«*NATO and the Russian War in Ukraine: Strategic Integration and Military Interoperability*». Med Robert Johnsen, Hurst, London, 2024

«*Verden blir ikke den samme. Vår nye sikkerhetspolitiske hverdag*». Kagge, Oslo, 2023

«*Demokratiets langsomme død. Den nye intoleransen*». Kagge, Oslo, 2022

«*Military Strategy in the 21st Century: The Challenge for NATO*». Med Robert Johnsen, Hurst Publishers, London, 2020

«*Britain's Defence Role after Brexit: Alliances, Partnerships and Coalitions*». Med Robert Johnsen, Palgrave Macmillan, 2018

«*Hard Power in Hard Times: Can Europe Act Strategically*». Palgrave Macmillan, UK, 2018

«*Westward Bound: Norway and NATO*», i «*Oxford Handbook of Norwegian Politics*», Oxford, 2024 (red. Braut-Hegghammer et al)

«*NATO and the Ukraine Defense Contact Group: frontline states and followers*». i Matlary and Johnsen, «*NATO and the Russian War in Ukraine*». Hurst, 2024

Matlary legger vekt på *subsidiaritet* slik begrepet ble definert av den tyske jesuitten og adelsmannen Oswald von Nell-Breuning i 1931.

Det innebærer at beslutninger skal tas på lavest mulig nivå, nærmest dem det gjelder, borgerne. Prinsippet ble nedfelt i en sentral, katolsk tekst, *Quadragesimo anno*, der det også heter at kristen-sosialisme må være en selvmotsigelse, og man kan ikke være god katolikk og sosialist.

– Den kristne sosiallæren er jo absolutt for velferdsstaten, og slett ikke for noen radikal liberalisme. Hovedpoenget er at staten skal støtte opp under individ, familie og naturlige fellesskap der det trengs, ikke komme før disse.

Hennes første møte med offentligheten kom da hun som 17-åring hjemme i Mandal vant en stilkonkurransen om FN. Teksten ble gjengitt i sin helhet i lokalavisen. Premien var råflott – en ti dagers reise til organisasjonens hovedkvarter i New York.

– Jeg traff både generalsekretær *Kurt Waldheim*, men det var før han ble avslørt som krigsforbryter – og *Arne Treholt*. Jeg vil ikke si at det var «all the crooks of the world», men ... smiler Matlary.

Året etter fikk hun penger fra selveste *krompen* til å reise til Augsburg, en by hvis navn minner om protestantisk trosbekjennelse og fordums storhet. Men det var ikke den bayerske byen som keiser Augustus grunnla i år 15, hun skulle til.

– Det var *Augsburg college* i Minnesota. Min mor var ikke helt fornøyd med at hennes eneste barn skulle reise så langt vekk.

Men som sørlending var det det mest naturlige i verden.

– Vi sier gjerne at veien er kortere til Brooklyn enn til Oslo.

USA var frihetens og mangfoldets hjemland. Diskusjonene blant studentene og ansatte ved det amerikanske universitetet var uovertrufne. Det var debatt-klubber nærmest overalt. Kursene i hvordan man kan bygge opp gode argumenter og resonnementer, var obligatoriske.

Er det én ting hun råder ungdom til i dag, er det dette: – Studér filosofi – de fleste gode tanker har noen hatt før deg. Du får et stort forsprang. Kritisk tenkning er uhyre viktig.

Selv tenker hun gjerne kritisk rundt dagens sikkerhetspolitiske situasjon.

– Nord-Koreas befolkning og russerne tror kanskje at Vesten vil ta dem. Men tro er ikke sannhet. Likevel kan troen føre til en krig.

Selv er hun stolt realist.

– Mitt syn er at realisme i alle ting er bra. Plukk alt fra hverandre, se nøye på det, anta at politikere



tenker på landets og egne interesser, og at de stort sett gjør som før.

Det var via filosofien hun fant religionen. I lesningen sin kom hun etter hvert over verkene til den kristne teologen og filosofen *Thomas Aquinas*. Han deler teologien inn i to. Den ene kaller han *åpenbaringsteologi* – det mennesket kan lære om Gud via teksten.

– Men Thomas var særlig opptatt av det han kalte *naturlig teologi*, som en motsats til den tekstbaserte vi finner i Bibelen.

I naturlig teologi erfarer mennesket naturen og Gud gjennom sansene sine, altså det vi ser, hører og opplever rundt oss.

– Jeg så etter hvert på thomismen som et overlegent filosofisk system.

Matlary ser klare paralleller mellom Thomas Aquinas' lære og det hun sysler med faglig i dag.

– Naturretten er tydelig beslektet med FNs menneskerettigheter og det FN i dag har som politisk prinsipp, 'responsibility to protect'.

Matlary leste hos en dominikansk prest ukentlig i halvannet år.

– Jeg var egentlig ikke særlig lysten på å bli katolikk. Jeg likte kulturen og det etiske systemet i kirken, men å bli konvertitt? Det virket litt mye.

Hun bestemte seg for å prøve det på det høyeste nivå. Hun sendte brev til Vatikanet om å få møte Paven. Til sin overraskelse fikk hun raskt svar, «det er bare å komme». Etter audiens hos *Johannes Paul II* var det avgjort.

UTDANNER OFFISERER:  
– Jeg har stort utbytte av å undervise offiserer på Forsvarets stabsskole. De er uhyre disiplinerte, sier Janne Haaland Matlary om bistillingen ved siden av sin «vanlige» jobb som professor i statsvitenskap ved Universitetet i Oslo.

– Jeg trodde ikke på alt den katolske kirken sto for. Men jeg hørte på en eller annen mystisk måte til i Kirken.

Paven må ha vært enig. Matlary ble senere rådgiver i pontiffens råd for internasjonal politikk.

– Jeg satt 17 år i Pavens råd i Roma og kunne kalle den senere pave *Benedict XVI* for en venn.

Mannen som i memes på sosiale medier ble sammenlignet med den onde keiseren i Star Wars-universet, blir beskrevet av Matlary som en vennlig og humorfylt mann med et «enormt intellekt».

Like eksotisk er Matlary medlem av Malteserordenen som i middelalderen styrte over Rhodos fra 1310 til 1522 og Malta mellom 1522 og 1798, men siden har hatt hovedsete i Roma. Hun har også vært medlem av fyrsten av Liechtensteins «Expertenrat der Aussenpolitik». Det kan gi perspektiv for folk fra «lille Norge».

– Ekspertrådet behandlet hvordan lille Liechtenstein kan klare seg i gruppen med stormakten Norge og mellomstormakten Island i EØS.

Hun har også sittet i en rekke utvalg her hjemme. Men ett skiller seg ut.

– Det viktigste var Lønning-utvalget som utformet et nytt kapittel om menneskerettigheter i Grunnloven. Det er flott å ha vært med på å skrive om Norges grunnlov, må jeg si.

” Jeg fikk fire barn i løpet av fem og et halvt år.

Det var i Kirken hun møtte *Arpad Matlary*. Han var opprinnelig ungarer, men hadde flyktet da Sovjetunionen hærtok hjemlandet i 1956. Arpad er fra en ungarsk adelsfamilie. Det sto lavt

## ” Studér filosofi – de fleste gode tanker har noen hatt før deg.

i kurs i kommunisttiden. Faren hans var general i andre verdenskrig. Hele familien ble sett på som klassefiender på grunn av hans borgerlige og adelige bakgrunn. I Norge utdannet Arpad seg til medisiner.

Janne og Arpad giftet seg i 1985. Igjen gikk turen til pavesetet.

– Vi ble viet i Peterskirken av en ungarsk benediktin, som også er en god venn.

På dagen ni måneder senere ble deres første barn født.

– Jeg har fire barn født i løpet av fem og et halvt år, mens jeg skrev doktorgrad. Det blir selvdisciplin av slikt. Mannen min er barnelege og stilte mye opp. Og jeg ville klare doktorgraden. Det gikk, på tid.

Barna tar etter mor og far.

– De er veldig internasjonale. En jobber ved den norske ambassaden i Paris, en er i NATO-delegasjonen i Brussel, en er i internrevisjon i Det Saudiske Oljefondet i NEOM der nede, mens en faktisk er i Oslo.

Janne møtte aldri sin svigerfar, generalen.

– Han døde av skadene ved tortur allerede i 1961. Hans liv er et bilde på Europas beste og verste – kriger som vi må regne med alltid kan komme igjen, mot og patriotisme til å kjempe for de verdiene vi står for, og tragediene som rammet langt flere i Sentral-Europa enn i Norge. Gjennom ekteskap ble jeg del av en tragisk, europeisk familiehistorie.

Ungarn er blitt et viktig relieff for det norske samfunnet hos familien Haaland Matlary.

– Ungarn er Vesten, midt i Europa. Norge er utkanten. Vi er en europeisk familie. Det ungarske, og det sentraleuropeiske, tyske *sprachraum* har vært veldig naturlig i familien.

Men det står dårlig til midt i Europa.

– Statsminister Viktor Orbáns nære relasjon til Putin er illevarslende. Det er uforståelig for oss – min mann kjempet mot russisk invasjon i 1956, som ung gutt, og måtte flykte fra sitt hjemland. Russisk aggresjon i 1956 og det samme i 2022 – hvordan kan en ungarsk statsminister unngå å se parallellen?

Medlemmene av den første Bondevik-regjeringen hadde regnet med å sitte fram til valget 11. september 2001 – minst.

Men den fortsatt unge og lovende Jens Stoltenberg ville det annerledes. Sammen med Høyre og FrP ville Aps statsministerkandidat instruere regjeringen til å fire på kravene i en energimelding. Bondevik stilte kabinettsspørsmål, og gikk av.

Det ble en rask avskjed.

– Det var rett tilbake til kontorene på Blindern

– en del av den samme verdenen, men kun analytisk og ikke praktisk.

Hun savnet makten.

– Jeg kjedet meg. Jeg ville ikke bare studere politikk når jeg hadde vist at jeg kunne være med på å lage den.

Hun ble ikke lenger hentet av de svarte bilene. Ingen sørget lenger for at kalenderen var full av mer eller mindre spennende møter, og at dagene fløy av sted.

– Det er dette som er blitt kalt *limousin-abstinens*.

Å trekke seg tilbake har aldri ligget for Janne Haaland Matlary. Folk som førpensjonerer seg, forstår hun seg lite på.

– Å sitte på Costa del Sol og gjøre ingenting? Nei, det skjønner jeg ikke noe av. Virkelig ikke.

Fra professorkontoret på Institutt for statsvitenskap sender hun annenhver uke inn sin faste spalte til Dagens Næringsliv. Der øser hun av sin kunnskap med titler som «Prinsipper i hardt vær», «En kraftig realitetsorientering», «Ingen hjemme i Europa?».

– Der har jeg et tydelig sikkerhetspolitisk fokus. Er det ikke det dette intervjuet egentlig bør handle om også, forskningen min på sikkerhetspolitikk? spør Matlary, tydelig lei spørsmål om katolisisme og for lengst avgåtte regjeringer.

Hun vil heller snakke om trusselen mot det vestlige demokratiet.

– Russland, Kina og deres allierte driver utstrakt hybrid krigføring mot vårt åpne demokrati. Det dreier seg dypest sett om å bevare våre demokratiske verdier og våre frie samfunn, men uten militær avskrekking går ikke det.

Hun tror vi kan lære mye av våre naboer i øst.

– Vi nordmenn er temmelig naive. Men det er ikke finnene. Da kabler ble kuttet i Østersjøen nylig, oppbrakte de det kinesiske skipet som er den sannsynlige slyngelen her. Kun den type resoluthet vil sette en stopper for hybride angrep, hvor vi er altfor sårbare.

Nå skriver hun på en ny bok om en ny, stor utfordring i vår tid. Den har arbeidstittelen «Klar til krig? – Hvordan Europa kan forsvare sine verdier». Boka handler om at Europa må ta ledelse over seg selv i egen region, og helst utover det.

– Trump og USAs svekkede makt i verden er meget dårlig nytt for oss, kombinert med et gjenommilitarisert Russland. Europa må avskrekke Russland på egen hånd, i verste fall, og dette handler om verdier – den liberale orden.

Det er en situasjon med mye risiko.

– Det er liten amerikansk vilje til å spille rollen som verdenspoliti. Og det liker vi jo ikke egentlig at



de gjør. Samtidig merker vi det veldig når de ikke gjør det.

Å håndtere Trump blir hovedutfordringen i internasjonal politikk.

– Min gode venn *Palle Ydstebo* ved Forsvarets stabsskole sa til meg nylig at noen må forklare Trump at det er i hans egen interesse å avskrekke Putin. At han blir en taper hvis han ikke klarer det. Trump må jo være en vinner.

Janne Haaland Matlary blir beskrevet som sta og skråsikker. Samtidig blir hun kalt «velgjørende usentimental, nøktern og rasjonell, med klar selv-analyse», slik tidligere kulturminister *Lars Roar Langslet* beskrev henne i forordet til en av bøkene hennes.

– Jeg liker duell. Jeg sier ting som de er, kanskje er det fordi jeg har jobbet i mannsdominerte yrker, reflekterer Matlary.

Hun kan knapt huske en debatt hun ikke har vunnet.

– Jeg diskuterer ofte sikkerhetspolitikk. Det handler om kunnskap. Det er mange i media som ikke har satt seg nok inn i det de spør om.

I dag er det særlig hangen til å dele befolkningen opp i ulike grupper som skal ha spesiell omsorg og rettigheter, hun retter pekefingeren mot. Hun finner stadig eksempler på 'woke' i offentligheten – dette amerikanske lånordet som betyr noe sånt som at man er årvåken for urettferdighet og undertrykkelse i samfunnet.

Litt for årvåken, tar Matlary seg i å tenke.

– Ulikheten mellom mennesker er blitt poenget, ikke likheten. Woke er synonymt med intoleranse.

Ideen om strukturer i samfunnet som undertrykker visse grupper, resonnerer dårlig hos Matlary.

– Strukturell rasisme er blitt gjengs i offentligheten i form av en kulturkamp. Mange av disse tankene kommer fra kritisk teori som har sin opp-

KONVERTERTE: – Jeg var egentlig ikke særlig lysten på å bli katolikk. Jeg likte kulturen og det etiske systemet i kirken, men å bli konvertitt? Det virket litt mye, sier Matlary. Her i Slottskirken på Akershus festning.

rinnelse i marxismen.

Matlary minner om reglene for god debatt som hun har hatt med seg siden de obligatoriske kursene i logikk på universitetet i Augsburg på 1970-tallet.

– Det er essensielt at vi argumenterer saklig og faktabasert, ikke ut fra hva vi føler.

– *Det er som regel marginaliserte grupper som viser til undertrykkende strukturer? Logikk og rasjonalitet har kanskje ikke hjulpet dem så langt?*

– Strukturell makt finnes selvsagt, både økonomisk som *Karl Marx* skrev om, og i realismens innsikt i avskrekking – har du makt, avskrekker du uten å løfte en finger. Klart at strukturer betyr mye, men de fjerner ikke individets muligheter og ansvar. Det kollektive er ikke en aktør og skal ikke være det.

Selv om hun måtte ut av regjeringskontorene i mars 2000, etter bare to og et halvt år som statssekretær er hun ikke ferdig med politikken.

Rett før *Erna Solberg* ble statsminister i 2012, meldte Matlary seg inn i Høyre. Hun benekter i dag at dette var for å posisjonere seg for å kunne bli forsvars- eller utenriksminister.

Men hun legger ikke skjul på at hun ønsker å ha innflytelse, ikke bare å analysere.

– Det er en del av samfunnsengasjementet mitt at jeg stiller meg til disposisjon hvis jeg kan være til nytte. Jeg hadde ikke hatt noe imot å bli politiker en periode igjen, sier Matlary.

Men slik som KrF ikke var Konrad Adenauers tyske kristendemokrater, var ikke Erna Solbergs Høyre Lars Roar Langslets og Francis Sejerstedts Høyre.

– Høyre er liberalt, men det trenger også å utvikle det verdikonservative.

Lysglimtene hun har sett, har forsvunnet ut i mørket, til pressen som redaktør i nettavisen E24.

– *Torbjørn Roe Isaksen* er vel den som har prøvd å holde det i hevd. Men i omlandet er det skrint. Han er jo dessuten ute av politikken.

Det spør om Matlary hadde passet helt inn i dagens politikerstand.

– «Jeg føler at» er blitt gyldig diskusjonsvaluta. Det bør være «mitt argument er». Mennesket skal argumentere basert på fakta, bruke fornuften og resonnerer. Jeg er allergisk mot følelser i politikken. En politiker skal være folkets tjener, ikke drive med synsing og underholdning.

Hun får helt spader hvis hun skrur på tv-en og ser en rikspolitiker kle seg ut som et fugleskremsel og synge.

– At norske politikere syns det er stas å være i Maskorama eller ha mange følgere på Instagram, fnyser Matlary – det er fullstendig patetisk. ●

”  
Jeg var egentlig ikke særlig lysten på å bli katolikk.

## «Den steriliserte kvinnen offer for gammeldags vitenskap»

Oppsiktsvekkende vitneprov av den sakkyndige dr. Dedichen: Ufullkommen evnemåling



gjort. Her kommer også kvinnens familieforhold inn i bildet. Hun har hatt en ulykkelig oppvekst med sterke rivninger mellom foreldrene. Det meste av tida har hun vært på barnehjem og på et gamlehjem. Psykiateren kjente til disse forholdene, men bygde likevel utelukkende på farens opplysninger, og faren hatet den unge kvinnens mor. Sykehistorien var også mangelfullt beskrevet, og det sakkyndige

## Jeg ville sterilisert piken i dag også!

Bøndene har Rettslig etter-



Overlæge Munch: De sakkyndiges uttalelse i strid med ånden i loven om sterilisasjon!

# Kvinne påtvunget sterilisering under dekke av behandling for menstruasjonsmerter

Historien ble avdekket av historiker *Per Haave*, kjent for å ha skrevet historien om sterilisering av taterne i Norge. Etter hans død har kollega fullført prosjektet.

**Tekst: Morten S. Smedsrud**

Den unge kvinnen ble i 1942 lagt under kniven og gjort ufruktbar uten å ha samtykket til det, blant annet basert på hennes fars beskrivelser av henne som «uvanlig opptatt av gutter» og en test som hadde gitt en IQ på 47.

Haave begynte på fortellingen om kvinnen som en del av prosjektet «*Intelligensens tidsalder: Tester og målinger i historisk perspektiv*» på Museum for universitets- og vitenskapshistorie (MUV) ved Universitetet i Oslo.

Men han skulle ikke få tid til å avslutte historien. Haave døde helt uventet i januar i fjor, 66 år gammel, bare dager etter at han hadde sendt et kapittelutkast til kollegene sine.

– Vi satt med en skisse til en artikkel der enkelte deler var nesten helt ferdige, mens andre kun var i stikkordsform, forteller førsteamanuensis *Jon Royne Kyllingstad* ved MUV.

Etter samtaler med Haaves pårørende bestemte Kyllingstad seg for å gjøre ferdig arbeidet.

– Per var en høyt verdsatt kollega,

men også en god venn. Det var fint å gå i dialog med ham gjennom arbeidet med å ferdigstille artikkelen.

**Maktkamp i vitenskapen.** Kyllingstad forstår godt hvorfor Haave ville få historien om kvinnen fram i offentligheten.

– Saken om den unge kvinnen inneholder så mye. Det er en tragisk menneskeskjebne i en historisk interessant periode med profesjons- og maktkamp mellom psykologer, pedagoger og psykiatere omkring IQ-testingen.

Et av spørsmålene er hvor presise IQ-tester er for å vurdere menneskers mentale evner over tid. Den unge kvinnen som ble sterilisert under dekke av at det var en behandling mot menstruasjonsmerter, var til vurdering hos psykiateren Augusta Rasmussen.

– Rasmussens undersøkelse viste en intelligensalder på syv og et halvt år, tilsvarende en IQ på 47, godt under terskelen for en sterilisering i henhold til steriliseringsloven.

Ideen om å sterilisere deler av befolkningen for å hindre at uønskede egenskaper blir videreført, stammer fra den dis-

krediterte «fagdisiplinen» eugenikken.

– Fra starten av 1900-tallet ønsket eugenikerne å forbedre befolkningens biologiske kvalitet. Dette skulle gjøres ved å sørge for at mennesker med verdifulle egenskaper skulle få flere barn enn mennesker som ble sett på som mindreverdige.

Et av midlene var sterilisering av dem som ble vurdert til å være idioter, imbeile eller debile.

– IQ-testing ble raskt et populært instrument for å dele mennesker inn i ulike kategorier.

**Utgangspunkt i kvinnebevegelsen.** Steriliseringsforkjemperne framstår nå i ettertid som reaksjonære og endog høyre-ekstreme. I virkeligheten var det ofte de progressive kreftene i samfunnet som var pådriverne.

– Steriliseringsloven hadde blant annet utgangspunkt i at folk i kvinnebevegelsen på 1920-tallet gikk inn for å kastrere seksualovergripere. Loven som ble vedtatt i 1934, åpnet dessuten for sterilisering som prevensjonsmetode, noe som til da hadde vært forbudt. Men den åpnet

## UNG KVINNE STERILISERT PÅ SVIKTENDE GRUNNLAG?

En ung kvinne oppdaget for fire år siden at hun var blitt sterilisert. Inngrepet ble gjort på et sykehus i Oslo, og det var hennes far som hadde krevd sterilisasjon. En psykiater anbefalte inngrepet, og helsevar at hun var ansett for å utvikle sjelsevner. Hun var

## Et overgrep mot forsvarsløs kvinne

Advokat Schjødt til angrep på Helserådet og psykiater

«Lov om sterilisasjon tillater ikke feil!»

— Fortsett fra 1. side —  
Advokat Schjødt fremlegger så rettslig etterforskning som fikk en sakkyndig til å si at saksakeren har gjort alt arbeid på en utmerket måte. Advokaten hevdet videre at de som var med på å gi tillatelse til steriliseringen har handlet uaktsomt. Og i dette tilfellet er overgrepet skjedd mot en absolutt forsvarsløs kvinne. Advokaten tok så for seg loven som gir adgang til sterilisering av

vurdering. Ved siden av har hun fått opplyst av faren at piken stadig understreket sin interesse for gutter. Dette kommer så i tillegg når psykiateren skal avgis sin uttalelse. Det at hun er så sterkt opptatt av gutter vitner om sviktende sosial tilpassing (!) Og i det foreliggende tilfellet kan det da være påkrevet med sterilisasjon. Sviktende tilpassings-evne kommer så i tillegg til det lave intelligenstallet.

Advokat Schjødt: — Hvordan ville De betegne henne i dag? Dr. Dedichen: — I dag ville jeg ikke betegne henne som «særlig svekket».

Advokaten tok så for seg loven som gir adgang til sterilisering av

også for tvangssterilisering av mennesker med «særlig mangelfullt utviklede sjelsevner».

Dette ble praktisert på en måte som diskriminerte kvinner.

– Det var i all hovedsak kvinner som ble tvangssterilisert.

En systematisk politikk for sterilisering av de som var født i perioden mellom 1900 og 1959, ville ha plassert 14 000 «mentalt defekte» kvinner og 21 000 «mentalt defekte» menn i risikogruppen.

– I virkeligheten ble ti prosent av disse kvinnene og mindre enn én prosent av mennene sterilisert.

I praksis var det ikke eugeniske hensyn eller seksuallovbrudd det ble lagt mest vekt på i steriliseringssakene.

– Det var i stor grad sosialt begrunnet med antakelser om enkeltpersoners manglende evne til å ta vare på barn, som i tilfellet med den tvangssteriliserte kvinnen.

**Dagbladet betalte for rettssak.** Elleve år etter at hun ble sterilisert, krevde den da 32 år gamle kvinnen oppreisning på 100 000 kroner, rundt to millioner i

dagens verdi.

Kvinnen var da i fast jobb og forsørget seg selv og delvis sin egen mor. Hvordan kunne dette samsvare med en person som var vurdert til å ha mentale evner som en førsteklasing?

– Dette var et særdeles godt argument mot tvangssteriliseringer, sier Kyllingstad.

Rettsaken førte til en offentlig debatt om steriliseringsloven og IQ-testene som var del av grunnlaget for tvungne steriliseringer.

Dagbladet var særlig opptatt av kvinnens sak. I så stor grad at den liberale kulturavisa betalte kvinnens utgifter til rettergangen. I avisspaltene foregikk det et oppgjør om IQ-testenes verdi med overskrifter som «Evelnøst bruk av evnemålingen», «Kvakksalveri» og «Keiserens nye klær».

Psykiateren, Augusta Rasmussen, sto på sitt.

– Hun mente lenge etter krigen at vurderingen hun hadde gjort i 1942 var god, og sa at hun ville gjort det samme på nytt.

**Tapte i alle rettsinstanser.** Til tross for

knusende karakteristikker av den psykiatriske utredningen fra fagfolk og kommentatorer, tapte kvinnen rettsakene i både byretten og lagmannsretten – og til slutt i Høyesterett.

– Det kan kanskje tyde på at det å saksoke staten var mer eller mindre umulig på den tiden.

Til tross for tap i alle rettsinstanser, gjorde den offentlige oppmerksomheten at steriliseringspraksisen ble mer restriktiv.

– Det var Pers påstand, som jeg mener er riktig, at dette bidro til en endring i hvordan steriliseringsloven ble praktisert. De ble mer tilbakeholdne, blant annet fordi de ville unngå flere rettssaker og oppmerksomheten det førte med seg.

I rettssaken ble det satt spørsmålstegn ved verdien av IQ-testing overhodet. Kyllingstad vil nyansere bildet litt.

– Det er en rekke problemer med intelligenstester, og det er mange gode grunner til å kritisere dem. Men de representerte i det minste et forsøk på å skape objektive kriterier for vurdering av mennesker og derved overlata mindre til personavhengig skjønn og trynefaktor. ●

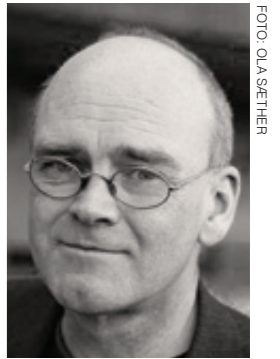


FOTO: OLA SÆTHER



FOTO: MORTEN S. SMEDSRUD

KOLLEGER OG VENNER: Da Per Haave (øverst) døde brått 66 år gammel i fjor, tok Jon Royne Kyllingstad (nederst) over arbeidet hans med historien om den unge kvinnen som ble tvangssterilisert for over 80 år siden.

# KRIGENS FOLKERETT, en av menneskehetens største seire – virker den i dag?

Verdens mest kjente regelbok for beskyttelse av sivile, fanger og sårede soldater i krig rundet 75 år i fjor. Men i Gaza, Ukraina og i andre konflikter brytes reglene massivt.

Tekst: Trine Nickelsen

Gjennom Genève-konvensjonene har verdens stater forpliktet seg til å handle innenfor klare, humanitære rammer i krig. Folkerettens regler er ment å beskytte mot krigens brutalitet og barbari. De ble videreutviklet og styrket i kjø-

vannet av andre verdenskrig, der overgrepene mot sivilbefolkning og fanger var mange.

Også i våre dager er krig preget av massive overgrep. Sykehus blir forvandlet til krigsskueplass eller kamparena, ambulanser angripes, medisinsk personell blir drept mens de forsøker å redde liv, krigsfanger blir utsatt for tortur og utsulting.

Sivile kjemper for å overleve uten tilstrekkelig mat, vann og medisinsk behandling. Mange blir såret, invalidisert, traumatisert og drept. Finnes det ingen grenser? Er den internasjonale rettsordenen i ferd med å kollapse?

Apollon har snakket med to folkerettsjurister.

## Respekten for reglene er havnet i nedadgående spiral

– Reglene for krigføring er klare og tydelige og trolig viktigere enn noen gang. Men dessverre ser vi at mange stater og væpna grupper har en svært ettergivende tolkning.

Det påpeker professor i internasjonal rett og menneskerettigheter *Gentian Zyberi* ved Universitetet i Oslo. Zyberi er medlem av Den faste voldgiftsdomstolen i Haag og tidligere medlem av FN's menneskerettighetskomité (2019–2022). For tiden leder han Norsk senter for menneskerettigheter.

– Når krig bryter ut, trer et eget folkerettslig regelsett i kraft: *krigens folkerett*, eller *den internasjonale humanitærretten*. Reglene balanserer nøye mellom hva som er nødvendig for å oppnå et legitimt militært formål – og behovet for å begrense

død, lidelse, skade og ødeleggelse. I praksis ser nå balansen ut til å vippe stadig mer til fordel for å oppnå militære mål. Dette skjer på bekostning av de stridende partenes juridiske forpliktelser til å redde liv og skåne sivile.

Det er ingen hemmelighet, påpeker Zyberi, at den internasjonale humanitærretten er under stort press.

– Folkeretten har hatt mange utfordringer gjennom historien, men nå mener jeg utfordringene er større enn før, mener han.

**Under press.** Han viser til at samtidig som reglene og prinsippene er mer relevante enn noen gang, så tærer dobbeltmoralen på legitimiteten.

– Når stater fordømmer og sanksjonerer brudd på reglene hovedsakelig, eller bare, når de begås av motstandere, er risikoen stor for at reglene blir ignorert. Vi har sett dobbeltmoral i reaksjoner fra Vesten og resten av verden særlig i Ukraina og Gaza.

**Motstandsdyktig.** Zyberi peker imidlertid på et annet viktig trekk ved den inter-

” Balansen vipper stadig mer mot å oppnå militære mål på bekostning av å oppfylle juridiske forpliktelser til å redde liv og skåne sivile.

## ” Soldater må sove, droner trenger ikke det. Vi kan bare forestille oss konsekvensene for sivilbefolkningen.

nasjonale humanitærretten.

– Den er motstandsdyktig. Et bredt utvalg av forskjellige organer fyller viktige funksjoner, fra Den internasjonale Røde Kors-komiteen (ICRC), FNs uavhengige undersøkelseskomisjoner og menneskerettighetsekspert, ikke-statlige organisasjoner, til Den internasjonale straffedomstolen i Haag (ICC). Blant de viktige funksjonene er å støtte krigsofre, samle inn informasjon og rapportere om alvorlige brudd, og stille gjerningspersoner til ansvar.

For at humanitærretten skal fungere optimalt, må særlig stater, men også sentrale internasjonale og regionale organisasjoner ta sine forpliktelser på alvor, understreker han, og viser til at mangelen på respekt er et grunnleggende problem.

– Alle stater er forpliktet til å bidra til respekt for krigens regler. Det globale initiativet for å stimulere til politisk engasjement for internasjonal, humanitær rett, lansert i september 2024 av Brasil, Kina, Frankrike, Jordan, Kasakhstan, Sør-Afrika og Den internasjonale Røde Kors-komiteen, søker å gi et bidrag på veien mot å snu den nedadgående spiralen av respektløshet overfor humanitærrettens bestemmelser.

**Ny æra.** Gentian Zyberi peker på at vi står foran en ny æra når det gjelder krigføring – som utfordrer humanitærretten på grunnleggende måter: bruken av høyteknologi og kunstig intelligens (KI).

– Store land som USA, Russland, Kina, Israel og Tyrkia har kapasitet til å produsere droner og annen teknologi, og de leder an i utviklingen, påpeker Zyberi.

Han viser til at de blant annet utvikler autonome våpensystemer, som gjør det lettere og mindre kostbart å drive krig, kanskje på bekostning av å finne politiske løsninger og inngå fredsavtaler. Landene med best teknologi er mer villige til å bruke teknologien til egen fordel.

– Det er grunn til å frykte at det skaper mer konflikt, mer krig, og at situasjonen i krigsområder endrer seg når det er mulig å drive krig kontinuerlig, 24 timer i døgnet. Soldater må sove, droner trenger ikke det. Vi kan bare forestille oss konsekvensene for sivilbefolkningen.

**Uten mennesker.** Kunstig intelligens i



FOTO: TRINE NICKELSEN

GENÈVE-KONVEN-  
SJONENE KREVER:

– Enten det er vår allierte, vår motstander eller fiende som bryter krigens regler, må vi påpeke det. Det kan ikke skje med doble standarder, vi må insistere på at like tilfeller behandles likt, sier Gentian Zyberi.

militær beslutningstaking kan ha virket som et fjernt scenario for få år siden, men er det altså ikke lenger. Våpensystemer bruker KI til å informere beslutninger om hvem eller hva som skal angripes og hvordan.

Gentian Zyberi frykter våpensystemer som velger ut mål for angrep uten at mennesker er involvert. Han viser til krigen i Gaza der det israelske forsvaret har brukt KI blant annet til målutvelgelse.

– Etterforskning og rapportering fra det israelske +972 Magazine og Local Call har avslørt at den israelske hæren har utviklet et kunstig, intelligensbasert program kjent som 'Lavender'. Programmet er brukt i angrep på Gaza. Istedenfor å rette angrep mot et begrenset antall mål, har en ved hjelp av KI kunnet nå hundrevis av mål hver dag. På det meste klarte systemet å generere 37 000 mennesker som potensielle mål, forteller han.

Etterforskningen omfatter også hvordan treningen av algoritmene er blitt gjort. Systemet ble brukt, til tross for at det var klart at det gjorde det som blir sett på som "feil", i omtrent 10 prosent av tilfellene.

– Systemet var også kjent for av og til å markere individer med løs tilknytning til militante grupper eller ingen tilknytning i det hele tatt.

**Motstridende interesser.** Gentian Zyberi viser til fjorårets rapport fra Den internasjonale Røde Kors-komiteen, som oppfordrer stater til snarest å etablere nye, klare og bindende internasjonale forbud mot og restriksjoner på autonome våpensystemer. Han mener det er vanskelig å se for seg realistiske kampsituasjoner der bruken av autonome våpen mot mennesker ikke utgjør stor risiko for brudd på

krigens regler.

– Finnes det ikke noe klart forbud, kan slike våpensystemer bli utplassert uten noen garantier for at den internasjonale humanitærretten faktisk blir respektert, understreker han.

– Samtidig ser det ut til å være militær interesse for å løsne på begrensningene av *hvor*, eller mot *hva*, slike våpen kan brukes. Det pågår også en kamp mellom små land med liten teknologisk kapasitet, som ønsker svært strenge regler, og store land som ligger fremst i teknologikappløpet og ønsker friere tøyler.

**Må påpeke brudd.** De store militærmaktene er altså mer tilbakeholdne med å påpeke brudd på krigens regler enn før. Det betyr ikke at andre land skal være like tilbakeholdne, tvert imot. Zyberi minner om at de fire Genève-konvensjonene og andre viktige internasjonale avtaler pålegger Norge og andre land å melde fra om de ser at reglene ikke blir fulgt.

– Det betyr at når vi ser alvorlige forbrytelser mot krigens regler, enten det er vår allierte, vår motstander eller fiende som står bak, så må vi påpeke det. Det kan altså ikke skje med doble standarder, vi må insistere på at like tilfeller behandles likt, understreker han.

Rent konkret, sier Zyberi, kan en reaksjon fra Norge, eller en felles uttalelse fra flere stater, komme i form av en offentlig uttalelse fra Utenriksdepartementet, eller ved at departementet fremmer en protest via et ikke-offentlig notat.

– Uansett: *det må skje*. Signalene vi sender, tar stater med i beregningen når de treffer sine beslutninger. Det er viktig at de som bryter reglene, erfarer at det får konsekvenser.

– *Får det konsekvenser?*

– Ja. Vi ser at de som er beskyldt for å ha begått krigsforbrytelser og forbrytelser mot menneskeheten, er blitt etterforsket og tiltalt. Når det skjer, trenger aktor og Den internasjonale straffedomstolen støtte fra alle stater for å sikre at arbeidet utføres uten unødig påvirkning eller politisk press.

– Det pågår flere krigsforbrytersaker i verden i dag enn noen gang, fastholder han. Det er også større forventning nå enn noen gang før om at krigsforbrytere ikke skal gå fri. ●



PÅ SLAGMARKEN skjer nå en eksplosiv teknologiutvikling. Når autonome drapsdroner blir tilgjengelig hyllevare, vil hele verden se annerledes ut. – Vi er inne i en svært krevende tid for folkeretten, sier Cecilie Hellestveit. På bildet er avanserte Peklo ('Helvete')-missildroner, som Ukraina bruker i krigen mot Russland.

# – Ikke bare Faust, men også folkeretten har inngått pakt med djevelen

– Statene har bestemt at systemet ikke skal virke særlig mye bedre enn det gjør i dag. Faktisk virker det bedre nå enn jeg har sett gjennom hele min yrkeskarriere som humanitærrettsjurist, sier *Cecilie Hellestveit*.

**V**i humanitærrettsjurister kaller gjernereglene for krigføring for *den faustiske pakt*. Denne gangen er det altså folkeretten som inngår pakt med djevelen.

*Cecilie Hellestveit* er jurist og samfunnsviter og har skrevet doktoravhandling om krigens folkerett ved Universitetet i Oslo – som den første i Norge. I dag er hun ansatt ved Folkerettsinstituttet.

– **Jeg ble rystet.** For å begrense visse typer drap i krig tillater humanitærretten andre typer drap – utenfor ordinær lov og dom.

– Humanitærretten åpner for overlatt drap, forsettlig drap og uaktsomt drap, og den åpner for massiv ødeleggelse av infrastruktur, i bytte mot at definerte grupper av mennesker ikke skal drepes med over-

legg eller forsett, og at annen type infrastruktur og natur spares.

Hellestveit understreker at humanitærretten ikke gjør at sivile skal skånes helt og fullt i krig, den krever heller ikke at krigen skal stanse.

– Nei, det er ikke *de* instrumentene statene har utstyrt seg med. Da jeg holdt på med doktorgraden min og innså hvordan systemet faktisk fungerer, ble jeg rystet. Reglene som gjelder for krig, er ikke ment å være regler vi normalt kan akseptere, men bare under den ekstreme, sosiale virkeligheten som krig er.

Folkerettsjuristen mener at de fleste stater følger de fleste reglene mesteparten av tiden.

– Det gjelder også i de mest brutale krigene som pågår nå. Ubegrenset krig-

føring mellom statsmakter har vi ikke i dag, og det skal vi virkelig håpe vi aldri får.

**Universelle verdier.** Hun viser til at normene fastsatt i humanitærretten, har røtter i juridiske, sosiale, religiøse og etiske tradisjoner som spenner over hele kloden. Krigens regler er først og fremst basert på sedvanerett, altså uskrevne regler.

– Alle sivilisasjoner vi kjenner til, har gjennom alle tider hatt regler for krigføring. Disse reglene er ganske like de kjerneprinsippene som gjelder for krigens regler i dag, understreker hun.

Hellestveit mener at vi i vestlige land ser humanitærretten, og også resten av folkeretten, som vårt bidrag til å sivilisere verden. Hun er kritisk til et slikt syn.

– At reglene kommer fra en vestlig, europeisk kjerne, at det er vi som eier og forvalter dem og at de nå er under press – det er en sannhet med store modifikasjoner, poengterer hun. Tvert imot er dette normer for krigføring som alle store sivilisasjoner og religioner i verden har. Total krig er ikke lov, rett og slett. Det er et grunnleggende sivilisatorisk prinsipp, uavhengig av FN, av Genève-konvensjoner eller traktater mellom stater.

Hun peker på noen ‘enkle’ og essensielle regler i krigføring.

– Reglene er basert på at en soldat som ikke engang kan lese og skrive, likevel kan forstå dem. Det er snakk om åtte-ni grunnregler som soldaten kan ha på et kort i baklomma, tegnet om soldaten ikke kan lese, som blant annet forteller hvem du rettmessig kan skyte på og hvordan du skal behandle fiendens soldater du har i din varetekt.

– Men hvordan forklarer vi da at krigene er så brutale?

– Det er fordi vi finner den faustiske pakten igjen overalt. Reglene sier ikke at krigen må slutte fordi den er forbudt, men at når krigen først er et faktum, er det enkelte ting som er så verdifulle for begge parter, på hver sin kant, at de må bevares.

– Ikke godt nytt. Flere advarer om at reglene vi har utviklet for krigføring i moderne tid, og særlig etter andre verdenskrig, nå er under press, eller sågar er i ferd med å kollapse. Hellestveit er ikke enig, men mener likevel at systemet slik det virker i dag, ikke er godt nok.

– Det er viktig å jobbe politisk for å få et bedre system. Men når krigen er så brutal mange steder som nå, er ikke forklaringen så enkel som at politiske og militære ledere er ondere enn før og unnlater å følge reglene av ren kynisme. Årsakene til krigens ufattelige brutalitet mange steder i dag, er langt mer komplekse enn som så.

Blant de viktigste årsakene regner Hellestveit selve krigens karakter. Den har endret seg.

– Vi er på vei over i en annen æra når det gjelder krigføring. Og, legger hun til: – Det er ikke godt nytt.

**Konflikter innad i land.** Juristen ber oss ta et blikk tilbake. Siden slutten på den kalde krigen, påpeker hun, ja, faktisk



FOTO: OLA SÆTHER

I SPAGAT: – Krigens folkerett står i en slags spagat. Det ser vi tydelig både i Ukraina og Midtøsten som følge av det voldsomme teknologigjennombruddet, sier Cecilie Hellestveit.

siden andre verdenskrig, har brorparten av krigene i verden ikke vært mellom stater. Genève-konvensjonene og de fleste reglene for krigføring som er nedfelt der, gjelder for kriger mellom stater, altså om lag ti prosent av disse krigene.

– Nitti prosent av krigene de siste ti årene er ikke blitt utkjempet mellom stater, men er såkalte *asymmetriske kriger* mellom én eller flere stater på den ene siden, og opprørsbevegelser eller terrororganisasjoner på den andre.

Den internasjonale humanitærretten i Genève-konvensjonene består av 450 artikler.

– De er svært detaljerte og gode. Men 449 av dem omfatter *ikke* disse asymmetriske krigene. Isteden er krigføringen vi har sett i Tsjetsjenia, Kurdistan, Syria, Libya, Jemen og Afghanistan, skjedd etter spilleregler som er uklare og i liten grad skrevet ned.

**Ikke vant til reglene.** Nå er vi imidlertid over i en ny epoke. Krigen mellom Russland og Ukraina, mellom Aserbajdsjan og Armenia, og krigene Israel fører mot Gaza, Libanon, Iran og Syria, er mellomstatlige, væpna konflikter. Hellestveit påpeker at reglene som gjelder der, er andre enn dem vi har vent oss til.

– Aktørene er litt uvante med bestemmelsene i den internasjonale humanitærretten for mellomstatlig krig, som egentlig er ganske sterke.

Folkerettsjuristen har vært med på å skrive rapporter for Organisasjonen for sikkerhet og samarbeid i Europa (OSSE)

om krigsforbrytelser i Ukraina-krigen. Rapportene er ment å bidra til å opplyse om hvilke regler som nå faktisk gjelder.

– I Ukraina ser vi at ‘tradisjonen’ fra borgerkriger og krigen mot terror med å presse reglene for krigføring, smitter over på krigene mellom stater, sier hun.

I november i fjor var Hellestveit i Kyev sammen med Den internasjonale Røde Kors-komiteen for å markere 75-årsdagen til Genève-konvensjonen.

– Midt under markeringen ble tre Røde Kors-biler angrepet mens de var ved fronten for å levere mat og medisiner til gamle mennesker. Russland har i lang tid brutt krigens lover, fra bekjempelsen av separatister i Tsjetsjenia til operasjoner til støtte for Assad i Syria.

**Uthalingskrig.** Det er også andre grunner til brutaliteten vi ser i krigene nå. Hellestveit peker på at krig mellom stater er mye farligere og blodigere enn asymmetriske kriger. Store stater har stor militær kapasitet til å holde krigen i gang.

– Russland driver uthalingskrig i Ukraina, det samme ser vi at Israel har gjort på Gaza siden sommeren 2024. Og i disse uthalingskrigene er utsulting kommet tilbake som våpen. Vi har altså fått en annen type krig nå enn den politikere, jurister og dommere, organisasjoner i sivilsamfunnet og vi alle forholdt oss til gjennom flere tiår.

**Voldsom kraft.** Hun peker på at høyteknologi har inntatt slagmarken for fullt, og at bruken av autonome våpen har fått en voldsom kraft de aller siste årene.

– Dokumentert bruk av slike våpen i en krigssituasjon fikk vi for første gang da Tyrkia brukte autonome droner i Libya i 2020. Israels elleve dager lange krig på Gaza året etter regnes som den første KI-krigen. Kunstig intelligens ble brukt i målutvelgelsen av Hamas’ rakettlagre.

I 2022 kom krigen mellom Aserbajdsjan og Armenia. Aserbajdsjan, et land med liten militær kapasitet, uten noe eget flyvåpen og dermed uten kontroll i luften, kunne utføre to tredeler av angrepene mot Armenia fra luften – med drapsdroner fra Tyrkia og Israel – og vinne krigen.

– Seieren innvarslet en ny tid: Svake stater og ikke-statlige aktører har nå muligheten til å øke sine militære kapasi-

teter voldsomt. Når drapsdroner blir tilgjengelig hylleware, vil hele verden se annerledes ut. Mange frykter da en total militarisering, sier hun.

Hellestveit minner om at grunnreglene i humanitærretten gjelder alle typer krigføring.

– Likevel må du gjøre en skjønnsmessig vurdering av hvor mye makt du kan bruke i akkurat denne situasjonen. Men når maktbruken nå overlates til store militære, integrerte høyteknologiske systemer, som må *forhåndsprogrammes* – da er du nødt til å vite mye mer om rammene for hva du har lov til å gjøre. Dette er ikke enkelt, for når du går dypere til verks, oppdager du at reglene for krigføring til sjøs, på land, i luften, i cyber, i rommet og i informasjonsdomenet er helt forskjellige.

**Motstridende interesser.** Hellestveit mener at motstridende interesser mellom ulike stater og mye hemmelighet gjør det vanskelig og kontroversielt å regulere teknologien på en forsvarlig måte.

Hun minner om at det er mange forskjellige regelsett innenfor krigens folkerett.

Når russiske soldater torturerer fanger i sin varetekt, er det en krigsforbrytelse, strengt forbudt, ingen diskusjon. Når okkupasjonsmakten Israel kontrollerer en sivilbefolkning som tilhører fienden, er de pliktige til å sørge for mat, vann og medisiner. Gjør de ikke det, er det en krigsforbrytelse, ingen diskusjon. Og når Storbritannia holder igjen på våpenlisenser til Israel fordi risikoen for medvirkning til slike krigsforbrytelser er for høy, da følger de reglene. Disse reglene kommer ikke til å endre seg uansett teknologit utvikling, samme hvor lange og brutale krigene er.

– Når fiendens sivile eller avvæpnede soldater befinner seg i din varetekt, er det klokkeklare rammer for lovlig og ulovlig behandling av dem. Dette er regler som ligger helt fast, forsikrer hun. De fleste land er tydelige på det. Så det er ikke vanskelig. Det som derimot er vanskelig, er det som gjelder selve krigføringen. Mange teknologit utvikling skjer i hemmelighet, og stater som tidligere var svært opptatt av å straffefølge krigsforbrytere uansett, er mer tilbakeholdne med det i dag når det gjelder selve krigføringen.

Hun viser til at USA, Russland, Kina og noen andre land ønsker at domstolen skal underlegges politisk kontroll.

– De ønsker at medlemmene i FNs sikkerhetsråd – altså de selv – skal ha rett til å diktere når en skal gå etter statsledere eller militære ledere som har forbrutt seg mot folkeretten eller ikke. Små stater og svakere stater ønsker derimot at domstolen skal

glene. Krigens folkerett står i en slags spagat som følge av det voldsomme teknologigjennombruddet. Det ser vi tydelig både i Ukraina og i Midtøsten

**Styrket rettssystem.** Hellestveit mener det er viktig å være klar over at det er et system for rettsåndhevelse innenfor krigens folkerett. Det er blitt veldig styrket de siste to tiårene. Nasjonale domstoler straffefølger egne og andre lands krigsforbrytere, og Den internasjonale straffedomstolen i Haag (ICC) behandler enkeltsaker, og utvikler samtidig en felles global, strafferettslig standard og domstolpraksis for alle krigsforbrytelser. Det gjør at nasjonale straffeoppgjør vil likne stadig mer på hverandre juridisk fra ett land til et annet.

– Håndhevelsen av rettsforfølgelse av krigsforbrytelser på globalt nivå blir stadig styrket.

Juristen ser også en utvikling over tid som innebærer at Den internasjonale domstolen i Haag (ICJ), som kun behandler saker mellom stater, i økende grad blander seg rettslig direkte inn i pågående kriger.

– For eksempel pålegger Den internasjonale domstolen interne tiltak i det myanmarske militæret og i det israelske militæret. Den type domstolinnblanding i pågående militæroperasjoner har vi aldri sett før.

Hun forsikrer at internasjonal strafferett ikke kommer til å forsvinne.

– Tvert imot. Den internasjonale straffedomstolen jobber med uendelig mange saker og har fått økt ressursene sine veldig de siste årene. Det betyr at den er blitt mektigere.

Hun viser til at USA, Russland, Kina og noen andre land ønsker at domstolen skal underlegges politisk kontroll.

– De ønsker at medlemmene i FNs sikkerhetsråd – altså de selv – skal ha rett til å diktere når en skal gå etter statsledere eller militære ledere som har forbrutt seg mot folkeretten eller ikke. Små stater og svakere stater ønsker derimot at domstolen skal

være politisk uavhengig. Det er blitt satt kolossalt på spissen nå, med krigen i Ukraina og på Gaza, påpeker Hellestveit.

**Sterkere enn før.** Cecilie Hellestveit mener det er viktig at vi er klar over maktkampene som foregår. Det bidrar til å forklare hvorfor systemet som vi har etablert, kanskje ikke virker helt som vi håper.

– Men da må vi huske, understreker hun, at statene selv har bestemt at systemet ikke skal virke særlig mye bedre enn det gjør i dag. Faktisk virker systemet nå bedre enn jeg har sett gjennom hele min yrkeskarriere som folkerettsjurist.

Hun forstår at maktkampene og spenningene mellom land kan tolkes som uttrykk for at krigens folkerett er på vikende front.

– Det er ikke tilfellet, slik jeg ser det. Jeg vil nesten snu på det og si at folkeretten er blitt så sterk at de største statene nå ønsker å redusere rettens makt. Det er jo det motsatte av det mange nå frykter, at folkeretten er varig svekket eller holder på å forsvinne. ●

#### FAKTA: Reglene for krigføring

• Når krig bryter ut, trer et eget folkerettslig regelsett i kraft: *krigens folkerett*, eller *den internasjonale humanitærretten*.

• Kjernen i humanitærretten er de fire Genève-konvensjonene, vedtatt i 1949, og to tilleggsprotokoller fra 1977, ratifisert av samtlige stater i verden, og inkorporert i lovgivningen og i de militære regelverkene hos de fleste av dem.

• Mål: Forhindre lidelse som ikke har militær begrunnelse.

• To sentrale prinsipper er:

*Distinksjonsprinsippet* stiller opp et absolutt krav om å skille mellom stridende og andre militære mål på den ene siden, og sivile personer og gjenstander på den andre, og å kun rette angrep mot militære mål.

*Prinsippet om proporsjonalitet* krever at en veier den militære fordelene en forventer å oppnå med et angrep, opp mot sivile tap og skader som angrepet forventes å føre til. Angrep som ikke oppfyller dette kravet, er forbudt.

• Konvensjonene krever at partene iverksetter tiltak for å forhindre eller få slutt på alle brudd.

Kilder: SNL, Røde Kors



Faksimile  
fra Apollon 4/24

Smitteberegningene  
blir bedre i neste pandemi

APOLLON 4/2024: Apollon publiserte i forrige utgave saken «Smitteberegningene blir bedre i neste pandemi». Statistikere som var involvert i FHI-beregningene under pandemien, er kritiske til oppslaget.

# Dyp uenighet mellom statistikere

Statistikere er svært uenige med statistikere om smitteberegningene under pandemien.

Tekst og foto: Yngve Vogt

I forrige utgave hadde Apollon nyheten om at smitteberegningene kan bli bedre i neste pandemi. De to statistikerne professor *Fred Espen Benth* og seniorforsker *Jūratė Šaltytė Benth*, hadde sammen med landets smitteverngeneral under pandemien, overlege *Espen Rostrop Nakstad*, utviklet det Apollon omtalte som en enklere beregningsmetode av R-tallet enn den som ble brukt av Folkehelseinstituttet (FHI) under pandemien. Og for dem som ikke er så bevandret i begrepet R-tall: R-tallet brukes til å si hvilken vei en pandemi beveger seg.

**Sterk kritikk.** Nå møter de to statistikerne kritikk fra fire andre statistikere

som alle var involvert i FHI-beregningene under pandemien. Forskningsjef *Birgitte de Blasio* på FHI, seniorforsker *Solveig Engebretsen* på Norsk Regnesentral og statistikk-professorene *Geir Storvik* og *Arnoldo Frigessi* ved UiO mener at den nye metoden inneholder «mange og alvorlige feil».

Metoden til *Šaltytė Benth* og co ble publisert i det vitenskapelige tidsskriftet *Journal of Computational Biology* i august 2024. To måneder senere ble metoden deres omtalt i Apollon. Nyheten ble fanget opp av Teknisk Ukeblad og sykepleien.no. «Etter det store oppslaget i Apollon og andre medier», «følte vi det nødvendig å kontakte editor i J. of Com-

putational Biology».

Per dags dato har det vitenskapelige tidsskriftet verken publisert kritikken eller trukket tilbake artikkelen.

– Uenigheter er ikke uvanlig, men dette er mer enn uenighet. Dette er rett og slett feil bruk av statistikk. Hadde det bare vært for den vitenskapelige artikkelen, kan de gjøre hva de vil, men når de går så kraftig ut i media, blir det mer problematisk, beklager *Geir Storvik* på Matematisk institutt.

**Ankepunktene.** de Blasio, Engebretsen og Storvik poengterer overfor Apollon hvorfor de reagerer på metoden til *Šaltytė Benth*, *Benth* og *Nakstad*. De sier at enk-

lere metoder i utgangspunktet er fornuftig, men da bare som et supplement til mer kompliserte modeller.

Her er noen av ankepunktene deres:

**1)** Metoden til *Benth* og co gir feil estimater av R-tallet. De estimerer to daglige parametere basert på bare én observasjon (endringen av antall smittede). Dette gir et identifiseringsproblem med uendelig antall løsninger. De velger én av disse løsningene som sier at det i snitt bare går to dager fra en person blir smittet til den neste blir smittet. Men det var klare indikasjonene fra smittesporingen tidlig i pandemien at det i snitt tok fem dager eller mer. Valget deres gir feil R-tall.

**2)** De argumenterer for at liten usikkerhet er viktig og at usikkerheten i modellen deres er liten. Men metoden de bruker for å estimere usikkerhet, er feil. De forveksler variasjon i R-tallet med variasjon av estimatet av R-tallet. Målet er ikke nødvendigvis å få minst mulig usikkerhet, men et korrekt usikkerhetsintervall.

**3)** *Benth* og co argumenterer for at det holder å bruke de daglige tallene fra smitte-testingen. De tar ikke hensyn til at et stort antall smittede ikke testet seg. De tar heller ikke hensyn til andre svakheter med testdataene, slik som endring i testkapasiteten. Særlig i begynnelsen, men også senere i pandemien, var kvaliteten på testdataene lav. FHI så tidlig i pandemien at antall sykehusinnleggelser var mer pålitelige data. Disse tallene ble derfor brukt i kombinasjon med testdataene.

**4)** *Benth* og co konkluderer at mange av tiltakene under pandemien kunne vært unngått basert på at deres anslag av R-tall var mindre ekstreme enn de tallene som FHI publiserte. I tillegg til at anslagene deres er feil, har de ikke tatt hensyn til at R-tallene faktisk kunne ha vært enda mer ekstreme uten tiltak.

**5)** Sammenligningen med resultatene til FHI blir også feil, fordi de ikke tar hensyn til slike ting som forsinkelser fra smittet til smittsom og at FHI brukte ulike modeller og datakilder.



KRITISK: Statistikerne *Geir Storvik*, *Solveig Engebretsen* og *Birgitte de Blasio* (til høyre) kritiserer saken om smitteberegninger i forrige Apollon.

De tre statistikerne ønsker dessuten å legge til:

- Da pandemien kom, startet FHI modelleringsgruppen samarbeid med forskere fra Norsk Regnesentral, UiO og TeleNor. De hadde alle lang erfaring med statistisk og matematisk modellering av smittsomme sykdommer. De hadde jevnlig møter med modelleringsgrupper fra de andre nordiske landene.

- De vurderte kontinuerlig styrker og svakheter ved ulike datakilder.

- FHI baserte anbefalingene sine på en helhetlig vurdering av tilgjengelig kunnskap, herunder flere modeller, både avanserte og enkle (og ikke bare én som det fremkom i Apollon-saken).

- FHI ønsker nå et tettere samarbeid med folkehelseinstitusjoner og akademien i Norden for å være enda bedre skodd under fremtidige kriser.

**Svært uenig.** *Jūratė Šaltytė Benth* og *Fred Espen Benth* tilbakeviser kritikken.

**Svar på punkt 1:** Dette må basere seg på en misforståelse av tilnærmingen vår. Vi har redegjort for dette i den vitenskapelige artikkelen vår.

**Svar på punkt 2:** I beregningene våre i den vitenskapelige artikkelen har vi ikke forvekslet variasjon i anslaget på R-tallet med estimert usikkerhet. Angående beregningen av usikkerhetsintervallet hen-

viser vi til faglitteraturen.

**Svar på punkt 3:** Bruken av testdata er ikke uvanlig i lignende sammenhenger. Vi er ikke uenige i at testdata kan være usikre og av varierende kvalitet gjennom en pandemi. I den vitenskapelige artikkelen anerkjenner vi denne usikkerheten og diskuterer hvilke implikasjoner den kan føre til.

**Svar på punkt 4:** Det finnes ikke et objektivt R-tall som kan fastslå hvilket anslag som er riktig eller galt. I den vitenskapelige artikkelen diskuterer vi ikke om tiltakene i Norge kunne ha vært unngått. Dette ble bare nevnt under Apollon-intervjuet – som en mulig vurdering der og da basert på våre tall.

**Svar på punkt 5:** Vi er enige i at det er viktig å forstå de underliggende forutsetningene, og dette er noe som alltid bør diskuteres mellom forskere og beslutningstakere.

De to statistikerne poengterer dessuten at de i Apollon-reportasjen anerkjente pandemi-beregningene til FHI.

– Vi understreket tidspresset de arbeidet under og påpekte hvor enkelt det var for oss å være etterpåkløke. I den vitenskapelige artikkelen sammenlignet vi resultatene våre med tallene deres, som vi ser på som en god målestokk. Vi sa også at det er mange faktorer som påvirker beslutninger under pandemier og at det ikke er tilstrekkelig å forholde seg ene og alene til R-tallet. ●

## OSS DYR IMELLOM

Petter Bøckman formidler friskt og levende, men gjør bruk av enkle forklaringer på sammensatte fenomener.

Anmeldt av Markus Lindholm



Petter Bøckman:

OSS DYR IMELLOM

Gyldendal Norsk Forlag  
2024

**PETTER BØCKMAN** er er utdannet zoolog og jobber som lektor ved Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo.

**MARKUS LINDHOLM** er biolog og professor på Steinerhøgskolen.



I oppfølgeren håper jeg Bøckman også drøfter hvem dyr er. Det tror jeg kan bli interessant.

Naturhistoriske museer er kraftsentre for forskningsformidling. Og på Tøyen sitter en av våre flittigste formidlerne, Petter Bøckman, som nå er ute med bok, *Oss dyr imellom*.

Formidling er en fascinerende sjanger. Mens vitenskap er balansert og nøytral, kan formidling ha en mer personlig tone. Ofte gjøres leserne kjent med pussige fenomener og funfacts, også – som hvorfor noen dyr er store og andre er små, hvorfor noen sover om dagen og andre om natten, hvorfor ikke alle dyr har blitt tamme, eller hva insekter drømmer om.

Oss dyr imellom har et personlig preg, og det gjelder både innhold og innpakning. Bøckman står ikke bare for teksten, men for illustrasjoner og lekkert design også.

Og fortellerstemmen har nerve – han skriver på innpust, bruker friske metaforer og blir knapt ferdig med setningen før han er i gang med den neste. Det smitter over på leseren og gjør at man stadig griper seg i å tenke – jøss, for en verden jeg er kommet til! Her er Bøckman i sitt ess.

Det leder ham også til smale saker som er både fornøyelige og fascinerende – om kuer som ikke kan ligge på magen, trekkfugler som sover mens de flyr,

om maur som ikke er så sterke som vi trodde, om ugler som bruker fuglekassa som fryseboks, og mye annet. Biologi i denne formen burde vært mer til stede i landets klasserom.

Midt i den glade formidlingsflommen tar han også opp alvorlige problemer, som hvorfor så mange villformer av husdyrene våre er utdødd. Ifølge Bøckman skyldes det at tamdyr utviklet resistens mot smittsomme sykdommer, som senere ble spredt til ville slektninger:

«Når tamdyr rømmer, tar de med seg et kobbel med parasitter, bakterier og virus som de selv kan leve med, men som deres ville slektninger ikke har noen motstandskraft mot.» (s. 65). Med dette som bakteppe fastslår han at sammenbruddet i Atlanterhavslaksen skyldes rømt oppdrettslaks som sprer lakselus og andre sykdommer: «Det er rett og slett slik biologien virker.» (s. 66).

Men her maler Bøckman med nokså bred pensel. Lakselus fra oppdrett har riktignok lokalt hatt negative effekter på villaksen. Men den overordnede forklaringen han streker opp står ikke veldig sterkt, selv om den er interessant. Den vanligste forklaringen på tap av villformene er rømte tamdyr som krysses seg med vill-

formene og ledet til dårligere tilpasning. Mange mener at den har relevans for villaksen, også.

Med en så formidlingsglad penn som Bøckmans, må det riktignok være rom for spekulasjoner. Men man skylder sine lesere å gjøre det klart når alternative hypoteser fremstilles som etablerte modeller. Og det går fort i svingene andre steder også.

Årsaken til mangfoldet av antiloper i Afrika er at de finner gress hele året, får vi vite: «Hvorfor har vi ikke impala og oryxantilope her hos oss? Grunnen er ganske enkelt at antiloper er høyt spesialiserte gressetere.» (s. 85). De ville aldri overlevd den nordiske vinteren, i motsetning til hjortedyr, som har lært seg å overleve på kvist, skriver Bøckman. Men tørketidene i Afrika er like karrige som nordiske vintre, og antiloper må klare seg med kvist, bark og røtter, de også, ikke minst oryx, som er tilpasset ørkenklima.

Både her og andre steder går forfatteren for langt i sin iver etter enkle forklaringer på komplekse spørsmål.

Spørsmålet om fuglevingens opprinnelse, som har holdt generasjoner av evolusjonsbiologer i ånde, parkeres med én setning: «Forfedrene utviklet vinger for å holde eggene varme

og viftet med dem i parringstiden, først senere begynte de å fly med dem.» (s. 118).

Pussig er også påstanden at kjøttmeis skulle ha navnet sitt fordi den eter andre fugler om vinteren (s. 89). Dyr gjør mye rart, men det er ikke dekning for å fremstille slikt som kjøttmeisens standardrepertoar. Sånt gjør dessverre at man også begynner å lure litt på holdbarheten i en del andre funfacts som bringes til torgs.

Som så mange andre bøker om biologi skrevet av menn, mangler det ikke på barsk romantisering av den legendariske kampen for tilværelsen. Livet utenfor stuevinduet skildres som en blanding av Tour de France og Ukrainakrigen: «leddyrenes verden er brutal og nådeløs», for «jordbunnsfaunaen er livsfarlig». Men leddyret er «en suveren vinner» (s. 153), selv om indre skjolett var «helt overlegen(t)» og gjorde virveldyra til «kongen på haugen» (s. 155). Riktignok setter fysikk og konkurranse «nådeløst grenser» (s. 158). Ikke desto mindre har «alle dyr som lever i dag, (...) forfedre som har unngått å bli noens middag», for «livet blant dyr er stort sett hardt og brutalt.» (s. 159-160).

Det er jo ikke feil. Men det er enøyd og reflekterer bare et

» Bøckman skriver best om det han er usikker på.

avgrenset utsnitt av Darwins kongstanke.

Naturlig utvalg skjer vanligvis i små skritt og justeringer, uten at aktørene selv merker stort til det. Og samarbeid og symbiose er like viktige evolusjonære ingredienser som konkurranse.

Som fagformidler er det vel også verdt å spørre seg hvordan slike stereotyp forklaringer påvirker samtidens natursyn.

For egen del hadde jeg størst utbytte av bokas siste kapitler, der forfatteren tar for seg fenomener som bevissthet, intelligens og kultur. Her blir teksten mindre bastant: «Regnekraft kan måles, bevissthet har vi ikke en gang noen skikkelig definisjon av. (...) ingen kan si hva det er, men vi kjenner det igjen når vi ser det.» (s. 183).

Bøckman finner spor av bevissthet hos alle dyr, til og med hos maneter. Så hva er intelligens, da? Med støtte i Alan Turing og John Searle konkluderer han at kunstig intelligens i realiteten har lite felles med det vi som levende skapninger forstår ved betegnelsen. For levende intelligens forvaltes av bevissthet, av et 'noen' som vil noe, som har agens. Maskiner kan godt være intelligente, men det er trolig lite å bekymre seg for så lenge de ikke har bevissthet, fastslår Bøckman.

Distinksjonen er oppklarende og antagelig ny for mange. Det gjør også at han kan begynne å sirkle inn fenomenet *bevissthet*, som når han skriver at det mest fundamentale bevisstheter kan ville, er å leve. Bevissthet er altså en iboende side ved livets selvpoppoldelsesdrift: «Alle bevisste systemer vi kjenner, kommer med et helt grunnleggende behov for å bevare seg selv.» (s. 180).

Her nærmer Bøckman seg Albert Schweitzers essensialistiske filosofi om «ærefrykt for livet».

Dermed strekes opp et biologisyn der dyr ikke bare er formet av genetisk arv,

men også av kultur og læring og av de ulike bevissthetenes innovative evner: «Å ha en kultur betyr at man må lære å leve (...). Ulv og gaupe må lære å jakte, de kan det ikke av seg selv. Sangfugler lærer å synge ved å høre på far når de er små.» (s. 210).

Med denne erkjennelsen som bakvegg runder han av boka med en varsom, men berettiget advarsel: «Spørsmålet om det er naturen eller kulturen som former oss som individer, er litt mer komplisert enn det kan se ut til ved første øyekast. (...).

Det er ikke et spørsmål om født sånn eller blitt sånn, vi er født sånn og blitt sånn. Vår kultur er vår natur, og vår natur er vår kultur» (s. 214).

Dette er interessante passasjer, som også destabilerer en del urimelig enkle forklaringer som forfektes tidligere i boka. Kort sagt – Bøckman skriver best om det han er usikker på.

Ikke desto mindre gjør dette at boka i en viss forstand fremstår som uferdig. For Bøckman varslet allerede på første side at han akter å bruke dyreriket til å finne ut hvem han selv er. Under overskriften Hvem er jeg? heter det at «boka er et dykk ned i dyrenes verden for å søke etter svaret på hvem vi mennesker er.» (s. 8).

Men det meste av boka handler ikke om hvem, men om hva dyr er. Det siste gjør dyr til objekter, som kan manipuleres og beherskes.

Å undersøke hvem dyr er, er å gjøre dem til subjekter, som kan bli vår neste. Det er nettopp å anerkjenne kultur, læring og bevissthet, slik han gjør til slutt.

Skulle han velge å forfølge det sporet, kunne han trekke veksler på Edmund Husserls livsverden og Martin Heideggers værensbegrep.

Så i oppfølgeren håper jeg Bøckman også drøfter hvem dyr er. Det tror jeg kan bli interessant. ●





Returadresse:  
APOLLON, Universitetet i Oslo  
Postboks 1076 Blindern  
NO-0316 Oslo



FOTO: NORGESFILM AS, STAR MEDIA ENTERTAINMENT AS

Grisen Gunda med ett av barna sine.

### NESTE UTGAVE 2/2025:

**Dyrene og oss:** «Vi har gjort dyrene til våre slaver – og ønsker ikke å se på dem som våre like.» skrev Charles Darwin, som en forklaring på at samtiden nektet å innse slektskapet mellom seg selv og andre levende vesener.

Nye studier viser at mennesker og dyr har flere fellestrekk enn det vi visste for bare få år siden. Likevel strever vi med å ta erkjennelsen helt inn. Ikke bare fortrenger vi dyrene fra de naturlige leveområdene deres, slik at bestander krymper og arter forsvinner i et skremmende tempo. Vi utnytter dyrene også mens de ennå lever, på måter som gjør at vi er nødt til å tviholde på tanken om at de er fundamentalt forskjellige fra oss.

«DYRENE OG OSS» er tema i neste utgave av Apollon.



FORSKNINGSMAGASINET APOLLON  
FRA UNIVERSITETET I OSLO



[www.apollon.uio.no](http://www.apollon.uio.no)

