



FIA-metoden Kemien & Historien bag

Lærervejledning

Lærervejledning til FIA-metoden Kemien & Historien bag

**Dette materiale er udviklet af
Teknologihistorie DTU i samarbejde med:**

- Labster
- Søren Schultz Søgaard, Rysensteen Gymnasium
- Ida Toldbod, poco piu

Ansvarlig redaktør:

Laila Zwisler, cand.scient, leder af Teknologihistorie DTU

Grafisk design: Annabir

**Projektet er støttet af
Uddannelses- og Forskningsministeriets Udlofningsmidler**

Udgivet januar 2016

Billeder:

Side 26: Billeder gengivet fra www.flowinjectiontutorial.com

Forside samt side 37: Colourbox

Side 37: Foto af Henrik Dam og Inge Prange, Teknologihistorie DTU

Indhold

FIA-metoden Kemien & Historien bag 4

Kemien bag FIA-metoden 5

Tilrettelæggelse og afvikling af undervisningen om FIA-metoden – Kemi 6

Baggrund: Om FIA-metoden og undersøgelse af koffein 10

Historien bag FIA-metoden 19

Tilrettelæggelse og afvikling af undervisningen – Teknologihistorie 20

Technoscience fortællinger fra en moderne verden 24

Baggrund: Drivkræfter i den videnskabelige proces 37

Diskussionsopgave ud fra fiktiv case: Hvad ville du gøre? 42

Rollespil om udviklingen af p-pillen 45

FIA-metoden

Kemien & Historien bag

I 1974 næsten snublede 2 forskere over en kemisk analysemetode, der skulle vise sig både at udvikle og udfordre den eksisterende analytiske kemi. Det var starten på et moderne teknologi-eventyr med mange forskellige ingredienser: En god portion utålmodighed, stor erfaring og indsigt i kemi, viljen til at tale på tværs af fag og lande – og evnen til at spotte, at en lille ny hændelse i en forsøgssopstilling kunne have et stort potentiale. Og ikke mindst modet til at gå målrettet efter at afklare, om færten af noget interessant ville holde på den lange bane – også selv om forskerne kom i modvind og blev anklaget for at tage æren for andres ideer. Metoden viste sig i den grad at holde på en bane så lang, at den i dag er flettet ind i laboratorier verden over.

DTU har udviklet et undervisningsmateriale til STX og HTX om denne fascinerende historie. Materialet består af lærervejledningen her samt det interaktive laboratorium ”Flow Injektion Analyse Lab”, som er udviklet i samarbejde med Labster. (Link til spillet findes side 7 og 8). Materialet sætter fokus på den kemiske analysemetode, FIA (Flow Injection Analysis), som blev patenteret i 1974, af de to forskere Elo Hansen og Jaromir Ruzicka på DTU (dengang DTH – Danmarks Tekniske Højskole).

I dag er FIA anvendt verden over, og metoden repræsenterer ”usynlige principper”, der er taget i brug både i industri, samfund og forskning og både inden for miljø, medicin og biologi. Uden at vi tænker over det, er mange af vores hverdagsprodukter samt miljø og medicin blevet udviklet, analyseret og kontrolleret via FIA-principper. Via materialet vil eleverne lære, hvad FIA-princippet er, og hvad det kan bruges til.

Formålet med materialet er desuden at sætte fokus på teknologi, nyere technoscience historie og innovative processer – især indenfor kemi og life science. Eleverne vil derfor også lære, at man kan opdage mønstre i videnskabens og teknologiens historie ved at udforske forskellige cases, der handler om opfindelser, opdagelser samt innovative processer.

Denne lærervejledning består af 2 dele med forskellige input til undervisningen:

Del 1: Vejledning til Kemien bag FIA-metoden

- Tilrettelæggelse og afvikling af undervisningen om FIA-metoden - Kemi
- Baggrund: Om FIA-metoden og undersøgelse af koffein



Del 2: Vejledning til Historien bag FIA-metoden

- Tilrettelæggelse og afvikling af undervisningen – Teknologihistorie
- Technoscience fortællinger fra en moderne verden
- Baggrund: Drivkræfter i den videnskabelige proces
- Diskussionsopgave ud fra fiktiv case: Hvad ville du gøre?
- Rollespil om udviklingen af p-pillen



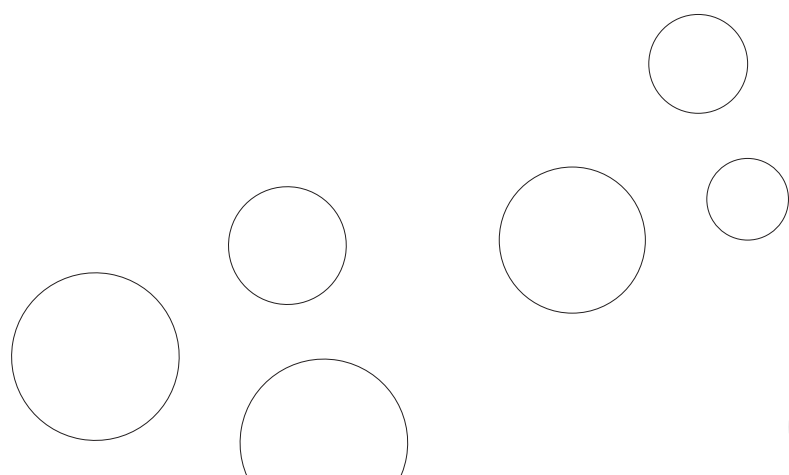
FIA-materialet lever op til en række af de faglige mål for henholdsvis kemi og bioteknologi (STX) samt teknologihistorie (HTX).

Kemidelen kan både bruges på STX og HTX. Historiedelen henvender sig især til teknologihistoriefaget på HTX, men den kan også bruges i tværfaglige sammenhænge på STX. De 2 dele af materialet kan både bruges samlet og hver for sig.

Kemi



Kemien bag FIA-metoden



Kemi



Tilrettelæggelse og afvikling af undervisningen om FIA-metoden – Kemi



I ”Kemien bag FIA-metoden” kommer eleven til at arbejde med FIA-metoden i et virtuelt laboratorium, som gennemgår principperne i FIA-metoden, og som giver point, alt efter hvor godt eleverne løser opgaverne. Undervejs skal eleven undersøge en række fødevarer for indholdet af koffein. Eleven får også indsigt i den kemiske baggrund for metoden samt i at bruge teknologien. Eleven får desuden viden om stoffet koffein og effekterne af koffein.

Spillet kan afvikles inden for 2 normal-lektioner, og det lægger godt op til den måde, hvorpå eleverne skal arbejde med spørgsmål til eksamen.

I det følgende gives en kort introduktion til brug af spillet:

- Intro – registrering og login – 10-15 minutter
- Selve spillet – 60-70 minutter
- Opsamling – 5-10 minutter

Du finder spillet her:

<https://temp.labster.com/courses/DTU/FIA/2015/about>

Via dette link kan du som lærer få adgang til spillet.

På side 8 i denne lærervejledning finder du et link til Labsters support, hvor du kan få hjælp til at oprette dine elever som brugere.

Nyskabelse inden for kemi

FIA-metoden er udviklet af forskerne Elo Hansen og Jarda Ruzicka. Metoden er baseret på disse 3 FIA-principper:

- Injektion af prøve
- Kontrolleret opblanding af prøve og reagens (såkaldt dispersion)
- Reproducerbar timing

Udviklingen af FIA-metoden fra 1974 viste, at det ikke var nødvendigt at blande prøve og reagens fuldstændigt – dvs. opnå fysisk ligevægt. Man behøvede heller ikke at vente, til alle reaktioner var løbet til ende – dvs. kemisk ligevægt.

Det gav flere fordele. For det første kunne man køre prøverne hurtigt. For det andet kunne man også udføre analyseprocedurer, som ikke tidligere havde været mulige. F.eks. kunne man udnytte små forskelle i reaktionshastighederne af de kemiske reaktioner, der fandt sted. Det kalder man også kinetisk diskriminering. FIA åbnede for en hel række anvendelser og kunne kombineres med en række detektionsmetoder. Det gælder f.eks. bio- og kemiluminescens, hvor reaktionsenergi frigives som synligt lys.

Mere info på: <http://www.flowinjectiontutorial.com/index.html>

Plan for afvikling af FIA's kemidel

Kemi



Intro

Intro – registrering og login – 10-15 minutter

Før du og dine elever kan bruge spillet, skal du oprette en brugerkonto, og alle dine elever skal have et individuelt login. Du får en brugerkonto ved at kontakte support hos softwarefirmaet Labster:

http://web.labster.com/support/?_ga=1.51759661.540256341.1428662122

Supportmedarbejderne vil guide dig gennem processen.

Opfyldelse af fagmål for faget Kemi og Bioteknologi (STX)

Anvendelsen af FIA dækker en række af de faglige mål, kernestoffet og supplerende stof for faget Kemi. Der arbejdes med fagområderne kemiske strukturer, stoffmængdeberegninger, fysiske egenskaber og spektrofotometri. Fagets mål dækkes især ved at illustrere en metode, der er anvendelsesorienteret i industrien. Via FIA arbejder eleverne desuden med sammenhængen mellem stoffers struktur og kemiske og fysiske egenskaber samt stoffers anvendelse i hverdagen. Hvis materialet bruges sammen med historiedelen, får eleverne input til at forstå og vurdere kemiens betydning for mennesket og omverdenen i samspil med den samfundsmæssige og teknologiske udvikling.

Selve spillet

Selve spillet - 60-70 minutter

I spillet bliver man inviteret inden for i et laboratorium, hvor man kan prøve at arbejde med FIA-metoden. Spillet arbejder med en særlig udgave af FIA-metoden, hvor prøverne (theobromin og koffein) er blevet forbehandlet, før de injiceres i bærer-væsken. I denne forbehandling har man trukket polyfenoler ud af opløsningen. Ellers ville disse forurene de målinger, der skal foretages i spillet.

Undervejs får man instruktioner via den ”Labpad”, der er integreret i spillet.

Spillet har desuden en indbygget progression, så det bliver mere og mere krævende undervejs. Det kan være en god idé at forberede eleverne på, at de skal tænke mere og mere selvstændigt, efterhånden som de kommer længere inde i spillet.

Opsamling

Opsamling – 5-10 minutter

Under opsamlingen kan du bl.a. gennemgå følgende spørgsmål:

- Hvilke fordele har FIA-systemet fremfor andre analysesystemer?
- Hvorfor er det nødvendigt at lave en standardkurve for at bestemme koncentrationer i de ukendte prøver?
- Hvad skulle man gøre videre i eksperimentet, hvis alle prøverne lå udenfor det målbare område?

Diskuter desuden indholdet i de forskellige produkter og deres effekt på nervesystemet.



Praktiske råd, som kan gøre spillet lettere:

- Undervejs kommer man gennem forskellige quizagtige spørgsmål. Hvis man svarer forkert, popper spørgsmålet op igen. Men hver gang skifter svarmulighederne plads på en tilfældig måde, så man ikke bare kan tage svarmulighederne fra en ende af.
- I en af spillets sekvenser skal man fremstille en prøve af chokolade. Når man fremstiller denne prøve, er det vigtigt, at man slavisk følger den rækkefølge, som spillet lægger op til. Ellers kan spillet komme til at fryse. Man får instruktioner om, hvad man skal gøre på Labpad'en.
- Læg mærke til, at absorbansen måles over tid, idet molekylerne ikke alle måles på en gang grundet flowet. Så modsat traditionel spektrofotometriske målinger, så måles altså arealet under kurverne (absorbans*tid).

Hvis du har brug for at pause spillet, kan du ikke gøre det et hvilket som helst sted. Spillet gemmer automatisk data bestemte steder undervejs – ved særlige checkpoints. I laboratoriet vil du se en grøn tekst, hvor der står 'Saving', når du er kommet frem til et nyt checkpoint, der bliver gemt af spillet. Hvis du skal starte igen, kan du vælge at starte ved det seneste checkpoint, du har opnået. Hvis du vælger at starte forfra, slettes alle checkpoints.

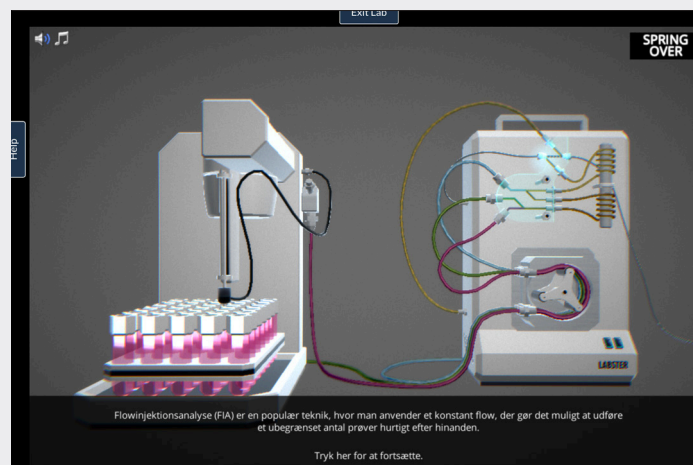
Hjælp til at læse animationer og maskine i spillet

I teoridelen er der en generel beskrivelse af opbygningen af FIA-systemet. I den virkelige verden kan FIA-maskiner se meget forskellige ud. I spillet optræder 2 versioner af en FIA-maskine. Det kan måske virke lidt forvirrende. Illustrationerne til højre viser de væsentlige forskelle i de 2 maskiner, som bruges i FIA-spillet.

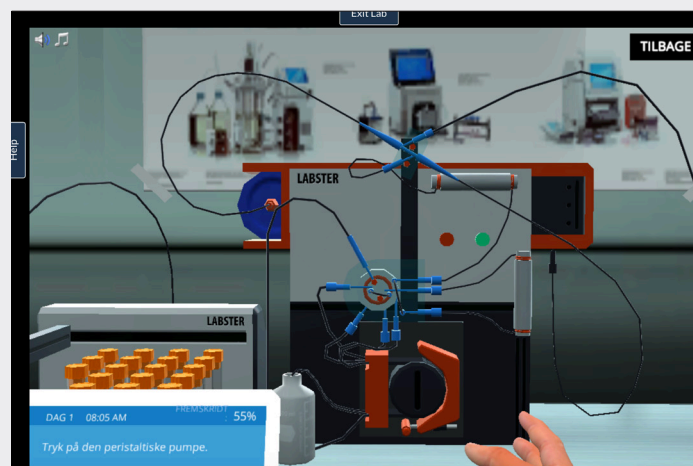
- I maskinen i animationen er der kun én mixing coil. I maskinen i laboratoriet er mixing coil splittet op i 2 forløb, den ene oven over den anden.

- I animationen er indføørssted og detektor koblet sammen i én enhed. I laboratoriet er disse to funktioner adskilt.

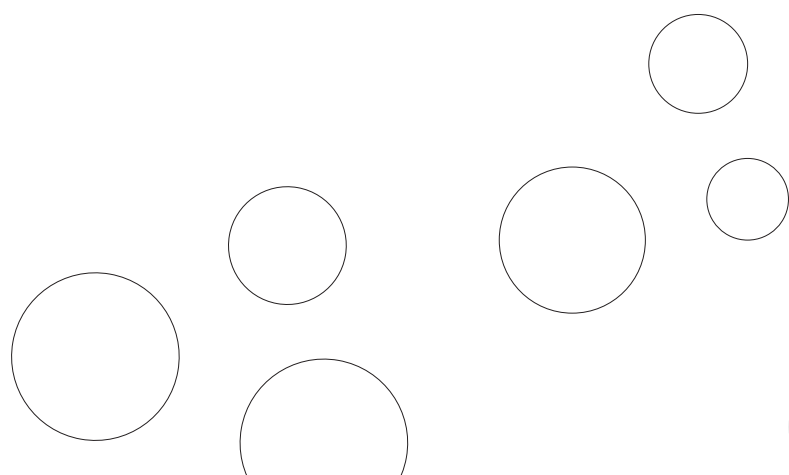
Maskinen i spillets animation



Maskinen i spillets laboratorium



Det skal bemærkes, at kurver i FIA-spillet, der skal demonstrere effekten af flowhastighed og længden på mixing coil, kun viser tilnærmede kurver og ikke eksperimentelt afprøvede kurver.



Kemi



Baggrund: Om FIA-metoden og undersøgelse af koffein



I det følgende er der en præsentation af FIA-metoden, koffein samt hvordan metoden kan bruges til at analysere koffein i en prøve. Denne tekst findes også i selve spillets teoridel. Enkelte ting vedrørende opsætningen, og som ikke har betydning for indholdet, kan variere lidt.

Afsnittet dækker følgende temaer:

Koffein

- Koffeins kemiske opbygning og fysiske egenskaber
- Koffeins fysiologiske påvirkninger
 - Koffein binder til adenosinreceptor
 - Nedbrydning af koffein i kroppen
 - Doser for effekt/overdosis

FIA

- Fordele ved FIA
- FIA – opbygning og funktion
- FIA – bestemmelse af koffeinindhold

Spektrofotometri

Standardkurver

Dele af materialet tager udgangspunkt i en undersøgelse af koffein, som er baseret på Yuji Yamauchi et al.: "Quasi-flow injection analysis for rapid determination of caffeine in tea using the sample pre-treatment method with a cartridge column filled with polyvinylpyrrolidone", Journal of Chromatography A, 1177 (2008) 190–194.

Koffein

Koffein er et opkvikkende stof. Det virker ved at stimulere centralnervesystemet (CNS), så cellerne lettere affyrer signaler. Molekylet er det mest anvendte CNS stimulerende stof. Stoffet er kendt og anvendt for dets opfriskende effekt mod træthed.

Koffein hører til stofgruppen alkaloider. Alkaloider findes bl.a. naturligt i flere plantearter, som f.eks. kaffe, te og kakao. Der er fundet koffein i over 60 plantearter. Alkaloider består ofte af komplicerede ringstrukturer, der både indeholder carbon, hydrogen og nitrogen.

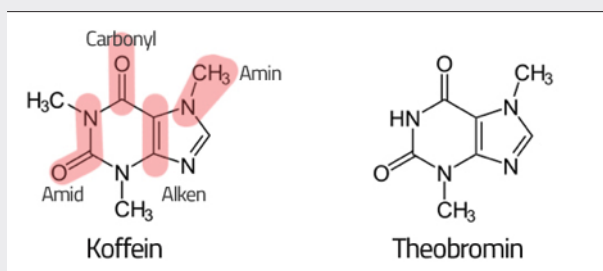
Koffein optages i blodet fra tarmen. Koffein er både fedt- og vandopløseligt. Det medfører, at det kan trænge ind i hjernen via blod-hjerne-barrieren. Koffein omdannes især i leveren. Det sker ved, at enzymer fjerner methylgrupper fra molekylet. Herved dannes bl.a. theobromin, som giver en anden fysiologisk effekt. Det er bl.a. afslapning af glat muskulatur og en virkning på hjertet, der minder om koffeins virkning. Koffein udskilles hovedsageligt via urinen. Stoffet har en halveringstid på 3-6 timer.

Koffein kan give mange effekter. Det kan være både angst, årvågenhed, udholdenhed og abstinenser. Alle effekter afhænger af den dosis, man har indtaget.

Koffeins kemiske opbygning og fysiske egenskaber

Den kemiske formel for koffein er $C_8H_{10}N_4O_2$.

Koffeinmolekylet hører til stofgruppen alkaloider. Det produceres i planter som kaffe og te ud fra adenosin, der indgår i DNA og RNA. I biosyntesen af koffein producerer planterne også en vis mængde theobromin. Theobromin findes derfor også i f.eks. kaffe og te og i udtræk af planterne. Theobromin og koffein minder meget om hinanden både fysisk og kemisk. Derfor kan det være vanskeligt at adskille dem i analyser. I FIA-metoden vil det kræve, at man vælger en moderat flowhastighed i systemet. Ellers bliver stofferne ikke adskilt. Koffein har en kraftigere stimulerende effekt på CNS end theobromin.



Figur: Koffeins og theobromins kemiske opbygning. Koffein hedder 1,3,7-trimethyl-xanthin, eller 1,3,7-trimethyl-purin-2,6-dion. Theobromin hedder 3,7-dimethyl-xanthin, eller 3,7-dimethyl-purin-2,6-dion.

Figuren viser, at koffein er opbygget af 2 ringsystemer. Disse ringsystemer navngives puriner, som igen er opbygget af en pyrimidin (6-leddet ring) og en imidazol ring (5-leddet ring). Puriner er heterocykliske aromatiske forbindelser. Koffein er opbygget af 2 carbonylgrupper og 4 tertiære aminer. Både koffein og theobromin indeholder også en amid gruppe. Det er en funktionel gruppe, der består af en carbonylgruppe, der er bundet til et C-atom og et N-atom. Desuden indeholder de et alken, som er en umættet kulbrinte, der indeholder en carbon-carbon-dobbeltbinding. Den eneste forskel på koffein og theobromin er en ekstra methylgruppe, der sidder i position 1 på koffein. De funktionelle grupper i koffein er alken, amid og amin.

Fysiske egenskaber som opløselighed og kogepunkt

Koffein er et hvidt krystallinsk stof. Det har et smeltepunkt på 235-238°C, og dets molarmasse er 194,19 g/mol. Opløseligheden i 20°C vand er 2,6 g/100 ml og 66 g/100 ml kogende vand. Theobromin er et lignende krystallinsk stof, som kan forekomme gulligt. Theobromin har et smeltepunkt på 345-350°C og en molarmasse på 180,19 g/mol. Opløseligheden i 20°C vand er 33mg/100 ml.

Kilder:

- Aktuel Naturvidenskab | 3 | 2007
- Ugeskrift for Læger 166/22, 2004
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Caffeine> - set d. 12. januar 2016
- Hermansen, Kjeld m.fl. - <http://www.videnraad.dk/content/kaffe-sundhed> - set d. 12. januar 2016
- https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Sigma-Aldrich/Product_Information_Sheet/c0750pis.pdf - set d. 12. januar 2016

- <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=T4500&interface=Product%20No.&N=0+&mode=mode%20matchpartialmax&lang=en®ion=DK&focus=productN=0%20220003048%20219853286%20219853103> - set d. 12. januar 2016

Koffeins fysiologiske påvirkninger

Koffein påvirker fysisk udholdenhed

Koffein har været på listen over dopingmidler, hvor man max. må have 12 mikrogram/ml urin. Det blev dog fjernet fra WADA's (World Anti-Doping Agency) liste, da der ikke var sikre studier, som kunne dokumentere den præstationsfremmende effekt af koffein.

Koffein øger musklernes sammentrækningsevne. Dette blev før i tiden koblet sammen med, at koffein øger mængden af adrenalin i blodet, dvs. kroppens eget stresshormon. Men denne teori er så godt som forkastet som den eneste årsag. Nyere viden har nemlig vist, at koffein skaber signaler inde i cellen, som frigiver intracellulær calcium i muskelceller, og det skaber igen mulighed for en muskelsammentrækning. Problemet med denne teori er dog, at det kun er påvist ved toksiske (giftige) doser af koffein. Men ved lavere doser end dér, hvor det bliver giftigt, ses der ikke nogen frigivelse af intracellulær calcium, og dermed burde der ikke være nogen fremmende effekt.

Koffein binder til adenosinreceptor

Koffein indeholder strukturelt 2 ringsystemer, som også kaldes puriner. Det ene ringsystem er purinen adenosin. Derfor kan koffein binde til receptorer, der normalt binder adenosin, dvs. adenosinreceptorerne. Der findes flere former for adenosinreceptorer, og man har endnu ikke fuldt ud forstået funktionen for de forskellige receptorer.

Aktiveringen af adenosinreceptorerne er kendt for at aktivere omdannelsen af ATP til cAMP. cAMP er et intracellulært signalmolekyle, der bl.a. aktiverer cAMP-kinasen. Denne kinase åbner en K⁺-kanal i membranen, og det medfører, at K⁺ siver ud af cellen. Derved bliver cellen hyperpolariseret, så nerveaktiviteten hæmmes. Adenosin hører altså til et system, der hæmmer nerve-signaler.



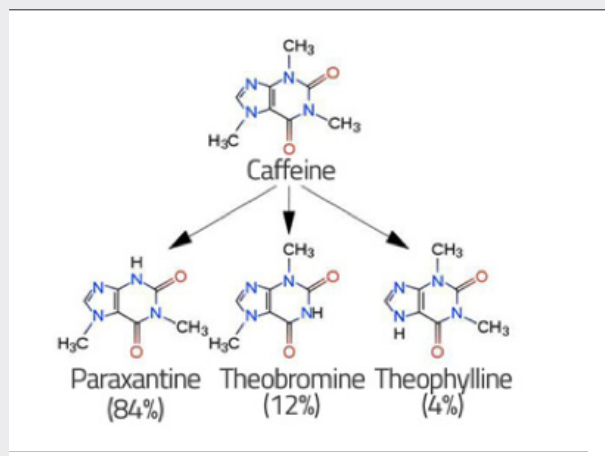
Koffein har en antagonistisk binding til adenosinreceptoren. Stoffet hæmmer altså signalerne fra adenosin og dermed omdannelsen af ATP til cAMP. Derfor modvirker koffein også cAMP's hæmning af nervesignaler i hjernen. Koffein skaber derfor en øget aktivitet, der bl.a. frigiver dopamin og serotonin. Disse to neurotransmittere hænger sammen med flere af de effekter, man har set af koffein. Det gælder bl.a. udholdenhed, mindre træthed, afslappethed og virkning mod demens.

Kilder:

- Ugeskrift for Læger 166/22, 2004
- Hermansen, Kjeld m.fl. . - <http://www.vidensraad.dk/content/kaffe-sundhed> - set d. 12. januar 2016

Nedbrydning af koffein i kroppen

Når koffein nedbrydes i leveren, bliver det til 3 nye stoffer. Disse stoffer har hver deres betydning for den effekt, man oplever, når man f.eks. drikker kaffe og cola:



Theobromin – dette stof er med til at øge mængden af både ilt og næringsstoffer til hjernen.

Paraxanthin – dette stof kan øge fedtforbrændingen til muskelaktivitet, og det sætter kroppen i stand til at yde mere.

Theophyllin – dette stof kan øge pulsen og koncentrationsevnen.

Man ved, at mennesket ret hurtigt udvikler tolerance overfor koffein, hvilket typisk er tegn på afhængighed.

Man kan altså blive immun overfor koffein og kan derfor efter længere tids indtag have brug for mere koffein end tidligere for at opnå en fysiologisk virkning.

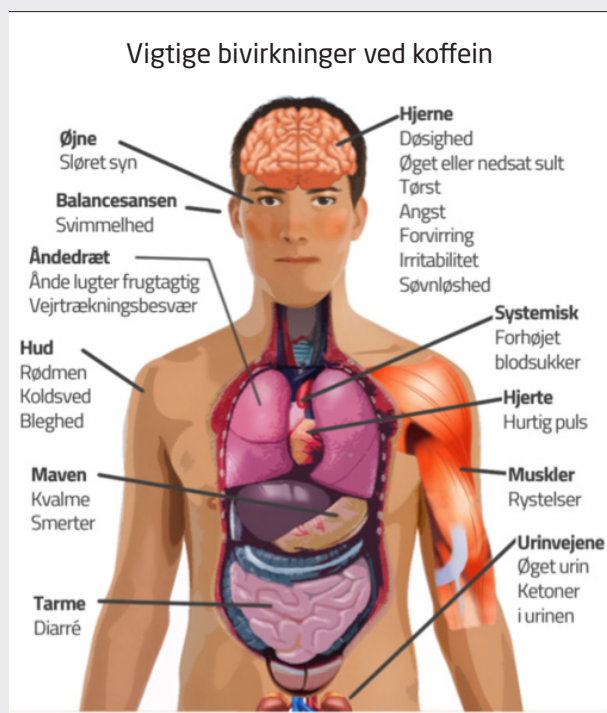
Der er både fordele og ulemper ved at få koffein i kroppen. I høje doser kan man opleve rystelser og generelt ubehag. American Chemical Society anbefaler derfor også, at man ikke indtager mere end ca. 400 mg koffein om dagen. Det svarer til 3 store kopper kaffe, 5 dåser Red Bull eller 8 kopper sort te. Hvis man f.eks. indtager 400 mg koffein 3 gange om dagen i 7 dage, så melder folk om søvnforstyrrelser på grund af deres indtag af koffein.

Kilder:

- <http://videnskab.dk/krop-sundhed/derfor-kvikker-kaffe-dig-op-om-morgen> - set d. 12. januar 2016
- Energidrikke i Danmark Undersøgelse af indtaget blandt 10-35-årige, DTU Fødevarerinstitutionen, Afdeling for Ernæring, november 2014

Doser for effekt/overdosis

Kaffeforbruget og dermed koffein er stort i Danmark. Faktisk ligger vi på en 4. plads over kaffeforbruget i hele verden, målt pr. indbygger. Hele top 5 er besat af skandinaviske lande. Danskerne forbruger 8,7 kg kaffe pr. pers. pr. år. Dertil kommer koffein fra te og især koffeinholdige energidrikke, der også udgør en væsentlig del. Mænd drikker mere kaffe end kvinder. Mænd drikker mellem 3 og 4 kopper om dagen, hvor kvinder ligger på omkring 3 kopper om dagen.



Der er ikke registreret nogen dødsfald på grund af kaffeindtag. Men eksperimentelt har man undersøgt LD50 til at være på 150-200 mg/kg hos rotter. Til gengæld er der også undersøgelser, der peger på flere gode egenskaber ved kaffeindtag, som i flere af tilfældene er koblet til koffein. Undersøgelserne tyder bl.a. på, at koffein mindsker risikoen for at udvikle forskellige kræftformer, demenssygdomme og type 2-diabetes.

Kilder:

- Hermansen, Kjeld m.fl. - <http://www.vidensraad.dk/content/kaffe-sundhed> - set d. 12. januar 2016
- Ugeskrift for Læger 166/22, 2004
- Dansk kemi 6/7, 2013

FIA

FIA er en forkortelse for Flow Injection Analysis. Navnet beskriver meget godt opbygningen af systemet. Ved injektion af prøver i et flow af en bære-væske (et opløsningsmiddel) kan apparatet herefter lave en analyse af indholdet i prøven.

Fordele ved FIA

Fordelen ved denne metode ligger i det konstante flow. Det giver nemlig mulighed for:

- Mange prøver på kort tid uden at stoppe målingerne.
- Stor nøjagtighed.
- Miljørigtig metode, da det kun kræver små mængder af reagenser.
- Økonomisk billig analyse pga. relativt små mængder reagenser og simpelt apparatur.

Metoden er desuden blevet endnu mere effektiv og billig, efter at det er blevet muligt at opsamle data digitalt med en computer tilsluttet til systemet.



Hurtigheden af disse analyser går fra 10-30 sekunder pr. prøve. Metoden er meget anvendt i laboratorier, der analyserer vandprøver, jordprøver, miljøanalyser, farmakologiske analyser og mange flere.

Kilde:

- <http://www.flowinjectiontutorial.com/index.html> - set d. 12. januar 2016



FIA – opbygning og funktion

Om FIA-systemet

FIA-systemet findes i forskellige varianter, alt efter hvad man ønsker at undersøge.

Overordnet består FIA-systemet af en fysisk og en kemisk del.

Den fysiske del (se figuren) sørger for en række konstante forhold, så den eneste variable er koncentrationen af det stof, man ønsker at undersøge i en prøve. De konstante forhold er:

- Prøvernes volumen er den samme.
- Bære-væsken ("carrier") holder den samme flow-hastighed, og derfor bevæger alle prøverne sig igennem slangesystemet med samme hastighed.
- Det slangesystem, som bære-væsken bevæger sig igennem, har en konstant opbygning, så alle prøver behandles identisk.
- Bærestrømmen flytter prøven med sig, og derfor kan man injicere en ny prøve, uden at den bliver blandet sammen med den foregående.
- Prøven udtages/detekteres det samme sted, og derfor er der i alle prøverne sket den samme opblanding mellem bære-strøm og prøve.
- Man behøver ikke at vente på ligevægt i en reaktion mellem prøve og et reagens.

Når man injicerer en prøve i bære-væsken, vil den gradvist blive opblandet mere og mere med bære-væsken – lidt ligesom, hvis man hælder et farvestof i en å. Denne opblanding sker på samme måde fra prøve til prøve, når prøvens volumen, bære-væskens hastighed og slangesystemet er konstant. Man kalder også prøvens opblanding for prøvens dispersion. Opblandingen sker altid på samme måde - og derfor kan man beregne, hvor meget af prøven, der er blandet op med bære-strømmen til et hvilket som helst bestemt tidspunkt/sted langs slangesystemet. Ud fra det kan man regne sig tilbage til den koncentration, som prøven må have.

I nogle tilfælde kan man nøjes med at udnytte de fysiske forhold i FIA-metoden. Det gælder, hvis det uden videre kan lade sig gøre at detektere de stoffer, man vil undersøge. I andre tilfælde er man nødt til at tilføje et kemisk

lag i metoden. Her tilsætter man et reagens til bærestrømmen. Reagenset tjener det formål, at det reagerer med prøven, så de stoffer, man vil undersøge, bliver målbare. Det kan f.eks. være, at de får en farve, der kan registreres i en detektor.

I dette spil er det kun FIA's fysiske fordele, der udnyttes. Koffein indeholder nemlig aromatiske strukturer, som absorberer UV-lys. Derfor kan koffein – uden tilsætning af reagens – detekteres i et spektrofotometer.

I denne version af FIA udnytter man desuden, at man kan adskille koffein og theobromin fra hinanden. De 2 stoffer har nemlig forskellig molekylvægt. Så undervejs i FIA-systemets kolonne separeres de 2 stoffer, så de ankommer til detektoren (spektrofotometret) på forskellige tidspunkter. Derfor kan man måle indholdet af koffein separat fra theobromin.

Tidligere analyserede man prøvers koncentrationer af bestemte stoffer ved at udsætte dem for reagenser i en kolbe. Her måtte man vente på, at der var opstået kemisk ligevægt, før man kunne måle og beregne en prøves koncentration af et bestemt stof. Men med FIA kan man måle en prøves koncentration meget tidligt i reaktionen, fordi det, der sker i bærestrømmen, følger et mønster, som kan beregnes. Metodemæssigt sparer det megen tid.

FIA-systemets komponenter

Systemet er baseret på en peristaltisk pumpe, der sørger for at pumpe en bære-væske (et opløsningsmiddel) gennem systemet i et kontinuert flow. De prøver, man vil undersøge, sprøjtes ind i bærevæsken. Man kan sende flere prøver af sted lige efter hinanden, uden at de bliver blandet sammen.

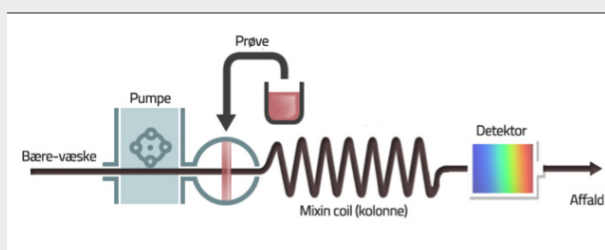
Systemet består af:

- Automatisk pipette (autosampler) til at tage mange prøver hurtigt.
- Pumpe, der sørger for et konstant flow af en bærevæske (et opløsningsmiddel).
- Indføring af prøver i bærevæsken.
- Mixing coil, en kolonne (en tynd slange), hvor prø-



verne og bære-væsken gradvist blandes mere og mere sammen.

- En detektor, der kan registrere indholdet af bestemte kemiske stoffer.
- Eventuelt tilsætning af et reagens, der reagerer med prøven, så det bliver muligt at registrere indholdstofferne i detektoren.
- En affaldsbeholder, der opsamler prøverne og opløsningsmidlet.



Figuren viser flow injektionssystemets opbygning. Detektoren kan f.eks. være et spektrofotometer, hvis de kemiske stoffer har en farve.

- Automatisk pipettering (autosampler): Bruges i mange typer af analyse-apparater. I FIA har automatikken stor betydning. Det betyder nemlig, at systemet kan håndtere mange prøver hurtigt efter hinanden. Det er nemt at foretage prøver, da det er enkelt at indføre prøverne direkte i bære-væsken. De meget tynde slanger gør desuden, at apparaturet kan analysere meget små mængder - og dermed skabes der også kun små mængder affald.
- Den peristaltiske pumpe: Sørger for at pumpe en bære-væske gennem systemets tynde slanger i et konstant flow. Man kan sende flere prøver afsted lige efter hinanden, uden at de indbyrdes bliver blandet sammen. Metoden skaber meget nøjagtige resultater. Apparaturet kan ret nemt ændres. Det er vigtigt, da flow hastigheden bestemmer, om stoffer i prøverne enten bliver adskilt fra hinanden, eller om de når at reagere med et eventuelt reagens, inden de når frem til detektoren. Man kan altså skrue op og ned for flowhastigheden.
- Mixing coil: Tynd slange, hvor prøverne gradvist blandes mere og mere med bære-væsken, når bære-væsken pumpes igennem slangen. Ved kanterne i slangen bremses bære-væsken lidt, mens der er mere fart på væsken i midten af slangen. Det er denne forskel i hastighed, der gør, at bære-væske og prøve bliver blandet. Når man kender flowet, flowsystemets dimensioner og prøvens volumen, kan man beregne graden af opblanding til et bestemt tidspunkt. Diameteren og længden kan justeres på kolonnen (mixing coil/slangen). Længden, diameteren og pumpe flow er nemlig med til at styre, om stofferne skal nå at adskilles, eller om der skal nå at forløbe nogle reaktioner i flowet.
- Detektoren: Skal kunne håndtere meget små mængder. Det løses i de fleste detektorer ved, at målingerne sker i et meget lille rum (flowcelle) for enden af mixing coil. Hvis detektoren er et spektrofotometer, måles det lys, der ikke absorberes, og ud fra viden om den samlede mængde lys beregnes det absorberede lys. Alt efter hvilke stoffer, der skal måles på, anvendes forskellige detektorer. Hvis man skal måle på et stof, der har en farve og dermed kan absorbere lys, anvender man f.eks. et spektrofotometer. Et spektrofotometer består af et spektrometer og en lyskilde. Nogle gange har stofferne ikke i sig selv en farve, der kan detekteres i spektrofotometeret. Så kan man tilsætte et reagens, der danner en farvet kemisk forbindelse sammen med det pågældende stof. Man kan også anvende ionselektive elektroder til detektion. Det kan f.eks. være en nitratelektrode, hvis man skal måle vandprøvers indhold af nitrat. Det kan også være en fluoridelektrode, hvis man skal måle flourid i tandpasta.
- Spektrometer og spektrofotometer: Et spektrofotometer er et instrument, der kan bestemme intensiteten af det lys, som udsendes fra en lampe i spektrofotometeret (I_0), og af det lys, der har passeret gennem en given opløsning (I). Som oftest udvælger man en bestemt bølgelængde. Forskellen mellem de 2 lysintensiteter er således et mål for, hvor meget lys opløsningen har absorberet. Det kan vises, at denne såkaldte absorbans er givet ved logaritmen til forholdet mellem de 2 lysintensiteter ($\log I_0/I$), og den er direkte relateret til koncentrationen af det absorberende stof. Dvs. ved at måle de 2 lysintensiteter kan man simpelt beregne koncentrationen.



Kilde:

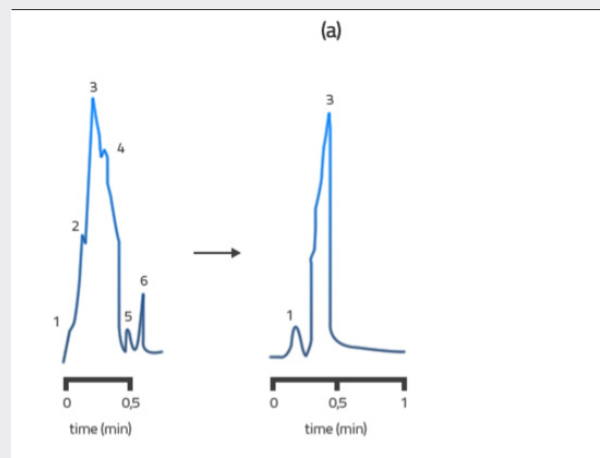
- <http://www.flowinjectiontutorial.com/index.html> - set d. 12. januar 2016

FIA bestemmelse af koffeinindhold

FIA kan bruges til at bestemme indholdet af koffein i forskellige former for drikkevarer. Her er der dog en udfordring. For sammen med koffein findes der mange andre indholdsstoffer i f.eks. kaffe. Og det kan forstyrre resultatet.

Koffein kan detekteres ved hjælp af spektrofotometri, fordi koffein-molekyler indeholder aromatiske strukturer. Og aromatiske strukturer absorberer UV-lys. Men mange andre forbindelser i kaffe og te indeholder også aromatiske strukturer. Blandt disse er der f.eks. polyfenolerne. De skal fjernes først, for at man er sikker på, at det er koffein, man detekterer og ikke polyfenolerne. Man kan fjerne polyfenolerne ved at forbehandle prøverne med stoffet PVP (polyvinylpyrrolidone). Det er et polymer-materiale, der binder polyfenoler, men ikke koffein.

Efter forbehandlingen har vi nu en kaffeopløsning, der ikke indeholder polyfenoler. Der er dog stadig theobromin i opløsningen, som kemisk og fysisk ligner koffein meget. Den eneste forskel på de to molekyler er en ekstra methylgruppe, der sidder på koffein, men ikke på theobromin. Dette gør theobromin meget mindre opløseligt i vand end koffein. Derfor kan de 2 stoffer adskilles i FIA-systemets mixing coil ved at bruge den rette bære-væske (opløsningsmiddel) - men altså kun efter, at polyfenolerne er fjernet med PVP.



Figur gengivet efter: Yuji Yamauchi et al.: "Quasi-flow injection analysis for rapid determination of caffeine in tea using the sample pre-treatment method with a cartridge column filled with polyvinylpyrrolidone", *Journal of Chromatography A*, 1177 (2008) 190–194.

Den første del af figuren, som er angivet med (a), viser en analyse, der er forbehandlet med PVP, som fjerner alle polyfenolerne fra prøverne, inden de køres i FIA (2,4,5 og 6). Dernæst er FIA i stand til at adskille theobromin (1) og koffein (3). Det er arealet under de 2 toppe, der er et udtryk for koncentrationen af de 2 stoffer. På x-aksen angives tiden for, hvornår prøverne registreres. Denne tid kaldes retentionstiden, og den er et udtryk for, hvor lang tid en kemisk forbindelse i prøven er om at komme igennem systemet. Der vil være forskellige retentionstider for koffein og theobromin, hvilket giver to toppe.

Den bagerste af de 2 grafer, som er angivet med (b), er en analyse, der ikke er forbehandlet med PVP. Derfor er der flere toppe. Det er toppene for polyfenoler, og 1 og 3 er ikke adskilt.

Figuren viser altså, hvor vigtigt det er at forbehandle prøverne med PVP.

Spektrofotometri

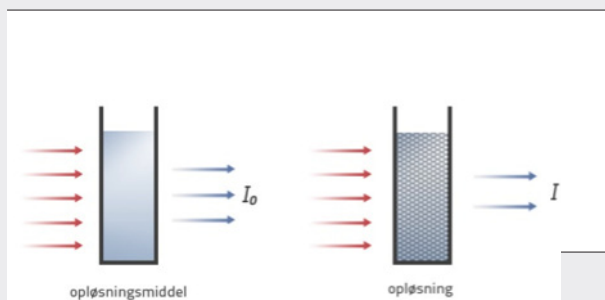
Spektrofotometri går ud på at sende lys gennem en opløsning, der kan absorbere bestemte bølgelængder af lyset. Den lysmængde, der absorberes, følger Lambert-Beers lov. Loven siger, at absorbansen A er lig produktet mellem længden af væsken, ekstinktionskoeff-



ficenten og koncentrationen af stoffet, der absorberer lyset ved den aktuelle bølgelængde.

$$A = l * \epsilon \lambda * [\text{stof A}]$$

Ekstinktionskoefficienten fortæller, hvor effektivt lyset svækkes ved f.eks. absorption. Ekstinktionskoefficienten afhænger af stoffet, der absorberer lyset, og af den specifikke bølgelængde lys, som prøven udsættes for. Længden af væsken i måleenheden i et spektrofotometer (kuvetten) er oftest 1 cm, men sådan er det ikke i FIA, da analysen foregår i tynde rør. Det kan altså ses, at absorbansen er lineær sammenhængende med koncentrationen af stoffet, der absorberer lyset. Jo mere stof der er, desto mere lys absorberes.

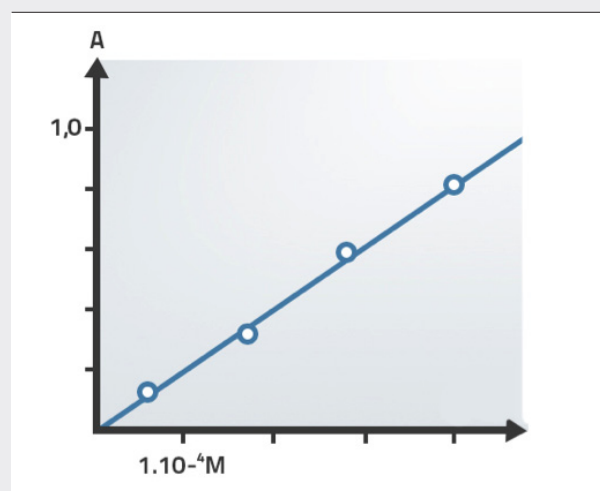


Hvis man kender ekstinktionskoefficienten for stoffet ved den anvendte bølgelængde, kan man bestemme koncentrationen direkte ud fra den målte absorbans. Hvis man ikke kender denne, skal der laves en standardkurve for kendte koncentrationer.

Læs mere om spektrofotometri her: <https://www.labster.com/wiki/spectrophotometry-da/>

Standardkurve

Man laver en standardkurve ved at lave en række absorbansmålinger på kendte koncentrationer af det stof, der skal analyseres. Nu kan denne standardkurve bruges til at bestemme koncentrationer i ukendte prøver efterfølgende.



Ved hjælp af den målte absorbans kan koncentrationen nu aflæses på standardkurven.

I FIA-systemet kommer der ikke kun én koncentration og dermed én absorbans måling. Igennem FIA-systemet vil koffeinmolekylerne bevæge sig gennem mixing coil i samlet flok. Men der vil være få, der er hurtigere og få, der er langsommere end den store klump. Derfor er det nødvendigt at finde arealet under toppene, som svarer til mange absorbansmålinger på kort tid. Når man finder dette areal, vil det altså svare til den samlede absorbans og dermed den samlede mængde koffein i prøven.

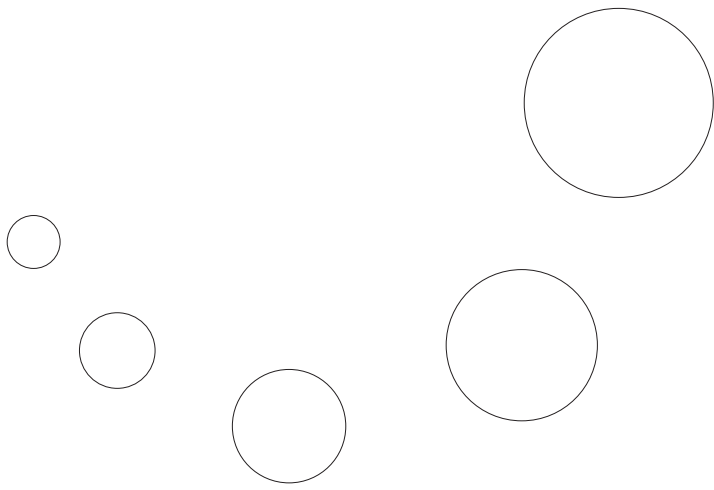
Kilde:

- Journal of Chromatography A, 1177 (2008) 190–194

Teknologi-
historie



Historien bag FIA-metoden



Teknologi-
historie



Tilrettelæggelse og afvikling af undervisningen – Teknologihistorie



”Historien bag FIA-metoden” sætter fokus på udviklingen inden for det, man kalder technoscience.

Udviklingen inden for nyere technoscience kommer stort set altid til udtryk i komplekse historier. I technoscience er videnskab og teknologi tæt forbundne. Og elementer som idérigdom, viden, arbejdsomhed, ære, penge- og materialestrømme samt menneskelige relationer fletter sig ud og ind af hinanden.

Opfyldelse af fagmål for faget Teknologihistorie (HTX)

Anvendelsen af den teknologihistoriske del af FIA materialet dækker en række af de faglige mål for faget Teknologihistorie. Der arbejdes bl.a. med vigtige elementer af den teknologiske udvikling, årsager til udviklingen af nogle konkrete teknologier samt analyse af konkrete teknologihistoriske problemstillinger. Dette sker både ud fra en filosofisk, en samfundsfaglig og en teknisk indfaldsvinkel.

Materialet medvirker til at perspektivere teknologihistorien, og det tager afsæt i et samspil mellem en casebaseret tilgangsvinkel og overbliksskabende forløb og teoridannelser.

Udgangspunktet for materialet her er 10 forskellige cases fra det virkelige forsknings- og innovationsliv.

De forskellige cases tager på forskellige måder fat i 5 temaer:

1. De samme opdagelser og opfindelser bliver ofte gjort parallelt
2. Affordance – om at se muligheder
3. Videnskab og teknologi udvikler sig i grupper og netværk
4. Hvor skal ressourcer, viden og økonomi komme fra?
5. Etik – hvad er den gode forskning og teknologi?

En central case handler om Elo Hansen og Jarda Ruzicka, der opfandt og udviklede Flowinjektionsanalysemetoden i 1974 på Danmarks Tekniske Højskole (nu DTU). I dag er principperne bag denne kemiske analysemetode vigtig i hele verden. Casen indeholder en række af de karakteristiske træk, som går igen i forbin-

delse med andre opdagelser og innovationer inden for technoscience området.

De øvrige cases tjener det formål at sætte Elo's og Jarda's historie i perspektiv samt at illustrere mangfoldigheden inden for den videnskabelige verden. Det gælder bl.a. i forhold til, hvordan en idé opstår, hvordan netværk spiller en væsentlig rolle, og hvordan patentsystemet er både vigtigt og problematisk, når nye teknologier skal bringes i produktion.

I de 10 cases præsenteres en række udvalgte personer, som hver især har været involveret i – eller tæt på – at opdage eller opfinde noget, eller som har været med til at støtte en idé, som ellers ikke ville være blevet til noget.

Nogle af disse personer er blevet verdensberømte og har ligefrem fået Nobelprisen for deres banebrydende arbejde. Andre er kommet til at stå i skyggen af deres ”videnskabelige kolleger” og er måske blevet ”snydt” for den anerkendelse, de egentlig burde have haft.

Nogle videnskabsfolk og opfindere har været med til at opfinde ting, der har været gode for menneskeheden, som f.eks. kunstgødning, der har gjort, at landmænd kunne få langt større udbytte af deres marker. Men samtidig har de været med til at opfinde noget, der er skadeligt for mennesker som f.eks. avancerede våben og sprængstoffer.

Vejen til en ny opdagelse eller opfindelse er med andre ord sjældent enkel og uproblematisk. Der kan opstå dilemmaer, som f.eks. handler om: Hvordan finder man ressourcer til at udføre sin gode idé? Vil man acceptere, at andre får æren for eller kontrollen over en idé, som man også selv har været på sporet af? Vil man være med til at opfinde noget, der kan bruges mod mennesket selv?



Det er ikke nødvendigvis tanken, at alle elever skal læse alle cases. Det er lige så oplagt at plukke de cases, som giver mest mening for den enkelte klasse – f.eks. i forhold til, hvad klassen i øvrigt har arbejdet med eller skal arbejde med.

Når eleverne har læst de forskellige cases, skal de analysere de enkelte cases for at identificere, hvilke aspekter, der især kendetegner de forskellige videnskabelige historier.

Som afslutning kan der lægges en mindre diskussionsopgave og/eller et mindre rollespil ind i forløbet. Se afsnittene ”Diskussionsopgave ud fra fiktiv case: Hvad ville du gøre?” side 40 og ”Rollespil om udviklingen af p-pillen” side 43.

Et forløb kan vare mellem 2 og 5 timer, alt afhængigt af, hvor mange cases, der arbejdes med, og om diskussionsopgaven inddrages.

De forskellige cases repræsenterer en bredde inden for forskning. De 10 cases er:

- Case 1: FIA-metoden & Elo Hansen og Jaromir Ruzicka
- Case 2: Kunstgødning & Fritz Haber
- Case 3: DDT & Paul Hermann Müller
- Case 4: DNA & Watson og Crick samt Rosalind Franklin
- Case 5: Partikelacceleratoren & Ernest Lawrence
- Case 6: K-vitaminet & Henrik Dam
- Case 7: P-pillen & Margaret Sanger, Gregory Pincus samt Katharine McCormick
- Case 8: Fremtidens blodprøver & Elizabeth Holmes
- Case 9: Malariavaccine & et medicinalfirma
- Case 10: Transistoren & William Shockley, John Bardeen samt Walter Brattain

Det særlige ved Case 1

Case 1 handler om 2 forskere Elo Hansen og Jaromir Ruzicka. Den er lidt længere end de øvrige, da den danner baggrunden for det videre arbejde. Historien viser nogle typiske træk ved en technoscience opfinderproces. De 2 forskere regnes som opfinderne af den metode, der kaldes FIA-metoden. FIA står for Flow Injection Analy-

sis. Det er en metode, hvor man hurtigt og effektivt kan foretage målinger på mange kemiske prøver i væsker.

Elo Hansen og Jaromir Ruzicka arbejdede på DTU, som dengang hed Danmarks Tekniske Højskole (DTH). Historien om Elo og Jaromir (kort for Jaromir) er bl.a. historien om, hvordan videnskabelige opdagelser og opfindelser nogle gange opstår ved noget, der kunne ligne et tilfælde. De 2 forskere snublede næsten over ideen til en kemisk metode, som har fået international udbredelse inden for industri og forskning. Men det var deres viden og erfaring, der betød, at de fornemmede nogle muligheder i det. FIA-metoden fik international udbredelse, og FIA-principperne er i dag blevet en så naturlig og selvfølgelig del af mange apparater, at man ikke engang lægger særligt mærke til dem.

Selv om Elo og Jaromir i dag ofte omtales som FIA-metodens ophavsmænd, var der også andre forskere, som mente, at de havde en del af æren for opfindelsen. Flere forskellige forskere havde nemlig parallelt – og uden at vide det – arbejdet på en metode, der brugte nogle af de samme principper som FIA-metoden. Derfor er historien om Elo Hansen og Jaromir Ruzicka også historien om, hvordan forskere forskellige steder i verden ofte arbejder med ting, der ligner hinanden, måske uden at kende til hinandens forskning. Derfor kan man som forsker f.eks. blive hvirvlet ind i retssager, om hvem der faktisk har retten til en opfindelse.

Plan for afvikling af FIA's historiske del

Her følger et forslag til "køreplan" for et forløb med det historiske materiale:

Teknologi-
historie



Før forløbet

- Præsenter formålet med forløbet:

At man ved at arbejde med forskellige videnskabelige cases kan finde mønstre, der karakteriserer den videnskabelige proces.

- Lad alle elever læse baggrundskapitlet og casen om Elo og Jarda (Case 1) som lektie forud for forløbet på selve skolen, så alle elever har denne historie som fælles baggrundsindsigt.

I "Diskussionsopgaven ud fra fiktiv case: Hvad ville du gøre?" og i "Rollespil om udviklingen af p-pillen" indgår nogle kort, som eleverne skal bruge. Disse kort skal ligge med bagsiden opad, når eleverne arbejder med dem. Derfor skal du lige selv skrive kortnumre på bagsiderne, når du har printet dem.

Selve forløbet

- Inddel eleverne i 4-7 hold.
- Giv hvert hold 2-4 cases, som de læser sammen i klassen. Disse cases kan både være ens eller forskellige. Det kan måske gøre det lettere at samle op, hvis alle elever arbejder med de samme cases.
- Holdene arbejder nu med deres cases på den måde, at de prøver at identificere væsentlige aspekter fra den videnskabelige proces ud fra de temaer, de har læst om i baggrundskapitlet:
 - 1: De samme opdagelser og opfindelser bliver ofte gjort parallelt
 - 2: Affordance – om at se muligheder
 - 3: Videnskab og teknologi udvikler sig i grupper og netværk
 - 4: Hvor skal ressourcer, viden og økonomi komme fra?
 - 5: Etik – hvad er den gode forskning og teknologi?
- Saml op ved at bede hver gruppe om at præsentere deres case og de nøglepunkter, som de især mener beskriver casen. Det er jo ikke sikkert, at eleverne er enige – så giv plads til, at I kan diskutere forskellige syn på de enkelte cases.
- Afslut eventuelt med diskussionsopgaven "Hvad ville du gøre?", som er beskrevet på side 40.
- Eller afslut med "Rollespil om udviklingen af p-pillen", som er beskrevet på side 43.
OBS: Hvis I vælger at bruge Rollespillet om p-pillen, skal I ikke bruge selve casen med samme historie, da den vil afsløre for meget og bremse eleverne i at diskutere og tænke frit.

Technoscience fortællinger fra en moderne verden

- Case 1 FIA-metoden & Elo Hansen og Jaromir Ruzicka **25**
- Case 2 Kunstgødning & Fritz Haber **28**
- Case 3 DDT & Paul Hermann Müller **29**
- Case 4 DNA & Watson og Crick samt Rosalind Franklin **30**
- Case 5 Partikel-acceleratoren & Ernest Lawrence **31**
- Case 6 K-vitaminet & Henrik Dam **32**
- Case 7 P-pillen & Margaret Sanger, Gregory Pincus samt Katharine McCormick **33**
- Case 8 Fremtidens blodprøver & Elizabeth Holmes **34**
- Case 9 Malariavaccine & et medicinalfirma **35**
- Case 10 Transistoren & William Shockley, John Bardeen samt Walter Brattain **36**

FIA-metoden & Elo Hansen og Jaromir Ruzicka

Teknologi-
historie



En uventet effekt gav idé til helt ny metode

I foråret 1974 arbejdede de 2 forskere Elo Harald Hansen og Jaromir Ruzicka i deres laboratorium på Danmarks Tekniske Højskole (i dag: Danmarks Tekniske Universitet). Men deres forsøg gav problemer. Forskerne var i gang med at udvikle en elektrode. I forsøget var der 2 slanger med hvert sit flydende stof: Et reagens og en prøve, som forskerne ønskede at måle koncentrationen på. De 2 stoffer skulle blandes og reagere med hinanden, så elektroden kunne måle koncentrationen af prøven. Men elektroden reagerede meget langsomt, og de 2 forskere blev utålmodige og begyndte nu at sprøjte prøven direkte ned i strømmen med reagens. Til forskernes overraskelse reagerede elektroden pludselig fint med nydelige målinger, der var proportionale med de forskellige koncentrationer.

De 2 forskere vidste ikke rigtigt, hvad der foregik. Men de fik hurtigt fornemmelsen af, at det, de lige havde set, var både nyt og spændende. Langt senere skulle det vise sig, at deres opdagelse førte til en ny måde at opfatte kemiske analyser på.

Elo og Jarda begyndte nu at arbejde intenst med at indsprøjte kemiske væsker i andre væsker, der blev drevet fremad af en pumpe. Det nye, simple og interessante princip så fortsat lovende ud – så lovende, at Elo og Jarda udtog et patent på deres metode, som de kaldte for Flow Injection Analysis (FIA). Men Elo og Jarda havde stadig kun en fornemmelse af, at de var på sporet af noget interessant. De vidste endnu ikke rigtigt, hvad der skete, eller om det rent faktisk kunne bruges til noget.

Jarda rejste til Brasilien, og der opstod en mulighed

En overgang så det ud til, at arbejdet med FIA ville blive problematisk. For Jarda havde fået et nyt job på et forskningscenter i São Paulo i Brasilien, mens Elo blev i Danmark. Det var umiddelbart ikke det bedste afsæt for det videre samarbejde. Men jobbet i Brasilien viste sig

at åbne muligheder. I Brasilien mødte Jarda nemlig en biolog, der skulle undersøge et stort antal planteprov for deres indhold af fosfat. Det var meget tidskrævende, og Jarda fik den idé, at man måske kunne bruge FIA og på den måde spare tid. Han fik stablet et FIA-laboratorium på benene. Og Jarda's hypotese viste sig at være rigtig: FIA-metoden kunne både behandle et stort antal prøver hurtigt og med et lille forbrug af kemikalier. Så på trods af den store afstand mellem Danmark og Brasilien fortsatte samarbejdet mellem forskerholdene – og Elo og Jarda.

Der lå dog stadig meget arbejde i at færdigudvikle FIA-metoden. Det krævede ressourcer i form af både mennesker, materialer og værksteder. Men igen viste det sig, at forbindelsen mellem Brasilien og Danmark var en fordel. Brasilien blev nemlig på dette tidspunkt regnet for et udviklingsland. Derfor kunne Elo søge midler fra Danida, som gav bistand til samarbejde mellem Danmark og udviklingslande.

Nyskabelse inden for kemi

Det lykkedes Elo og Jarda at videreudvikle FIA-metoden og skabe en helt ny type metode, hvor man både kunne køre sine kemiske prøver hurtigt samtidig med at man også kunne udføre mange forskellige analyser. Gennem årene gav FIA mange nye muligheder.

Netværk er vigtigt

Udviklingen af FIA-metoden foregik desuden gennem en slags masse-innovation. Elo og Jarda skrev artikler i videnskabelige tidsskrifter og rejste nu ud til kemikonferencer og forskermøder rundt om i verden, hvor de fortalte om FIA. Her fik de mange kontakter, som de både arbejdede sammen med og udvekslede ideer med. Og her blev en række forskere fra forskellige lande, bl.a. Kina og Japan, begejstrede for FIA. Mange begyndte at arbejde med metoden og satte FIA ind i nye sammenhænge. På den måde var Elo og Jarda med til at igangsætte en proces, hvor nye forskergrupper opstod, og hvor disse grupper arbejdede videre på egen hånd.

Svensk firma gav mulighed for ressourcer til udvikling

Det svenske firma Bifok blev også interesseret i FIA. Bifok overtog i 1976 brugsretten til Elo's og Jarda's patent for et mindre beløb, og de udviklede de første FIA-produkter til salg i markedet – i samarbejde med forskerne. Senere kom der andre virksomheder til, og metoden blev udviklet endnu videre i flere nye versioner. Principper, som bruges i FIA-metoden, blev over tid integreret ind i andre analyseapparater.

Tværfaglighed giver resultater

Undervejs i udviklingen af FIA opstod der et tæt samarbejde mellem Elo, Jarda og medarbejderne på DTU's specialværksteder. Værkstedspersonalet var bl.a. med til at fremstille de forskellige enheder i forsøgsopstillingerne. Det krævede stor præcision. Elo og Jarda havde stor respekt for personalets kunnen. Og de deltog entusiastisk i udviklingen af FIA, ikke mindst fordi Elo havde færdigheder som teknisk tegner. Det betød, at han let kunne omsætte og forklare sine ideer i et ”sprog”, som værkstedspersonalet kunne arbejde videre ud fra, når de skulle bygge de sindrige forsøgsopstillinger til forskerne.

Elo og Jarda var hovedpersoner i en retssag i USA – blev nogen snydt?

I udviklingen af FIA kom Elo og Jarda på et tidspunkt i modvind. Nogle af de karakteristiske træk ved FIA-systemet var nemlig set før. Og der var andre forskere, der havde søgt patenter på lignende principper i samme periode som Elo og Jarda. Nogle mente, at flere forskere egentlig havde opdaget det samme – side om side med hinanden. De mente derfor, at Elo og Jarda ikke burde have patent. Allerede i 1956 fik Leonard Skeggs ideen til en automatisk prøvemethode – baseret på et kontinuert flow - til hospitaler. Man sendte prøver gennem en slange, og prøverne blev adskilt med luftbobler. Man var dog stadig nødt til at vente på kemisk ligevægt, før man kunne måle på prøverne. Og endnu tidligere – i 1952 – arbejdede andre forskere med at analysere prøver, der blev ført til en elektrode af en bære-strøm. Omkring 1970 – altså 4 år før Elo's og Jarda's opdagelse – findes der beskrivelser af principper, som minder meget om FIA. Men disse andre tidligere forskere kommunikerede ikke med hinanden, og de brød ikke for alvor igennem med en egentlig ”FIA-metode”. Elo's og Jarda's store fortjeneste var, at de så muligheden for på intelligent vis at kombinere de forskellige principper i én metode. Nogle mener derfor, at den videnskabelige verden ganske enkelt først var moden til FIA, da Elo og Jarda opdagede metoden og så mulighederne i den.

Alligevel blev Elo og Jarda indkaldt til at møde i en amerikansk patentdomstol, hvor de blev forhørt om sagen for at se, om de burde fratages deres patenter. Men det hele endte med, at dommeren afviste sagen, og de 2 beholdt rettighederne. Elo og Jarda arbejdede da også hårdt på at udvikle FIA-metoden. De bragte princippet ud i verden, og de søgte patent først.

I dag omtales Elo og Jarda ofte som ophavsmænd til FIA-metoden i litteratur og på konferencer om metoden.

Elo og Jarda blev venner for livet.

Centrale pointer

Casen er et godt eksempel på:

- At netværk skaber forbindelser, som kan give friske og uforudsete input til forskning og design, og som kan åbne døre til finansiering.
- At patentsystemet kan være kompliceret at bevæge sig ind i. Der kæmpes både om ære, penge og rettigheder.
- At forskningen inden for et tema ofte foregår flere steder parallelt – og nogle gange uden, at forskerne kender til hinandens forskning og resultater.
- At forskning og udvikling kræver ressourcer, som f.eks. kan komme fra virksomheder, som så til gengæld også overtager brugsretten til et patent på en opfindelse eller opdagelse.

Elo Hansen

Født i 1939 i København. Uddannet som civilingeniør på DTH (nu DTU) i 1964 og fik efterfølgende en teknisk doktorgrad og et professorat på DTU. Har været teknisk ekspert for Danida i 1976-83 og deltaget i udviklingen af standardisering og kvalitet i en række sammenhænge.

Jaromir Ruzicka

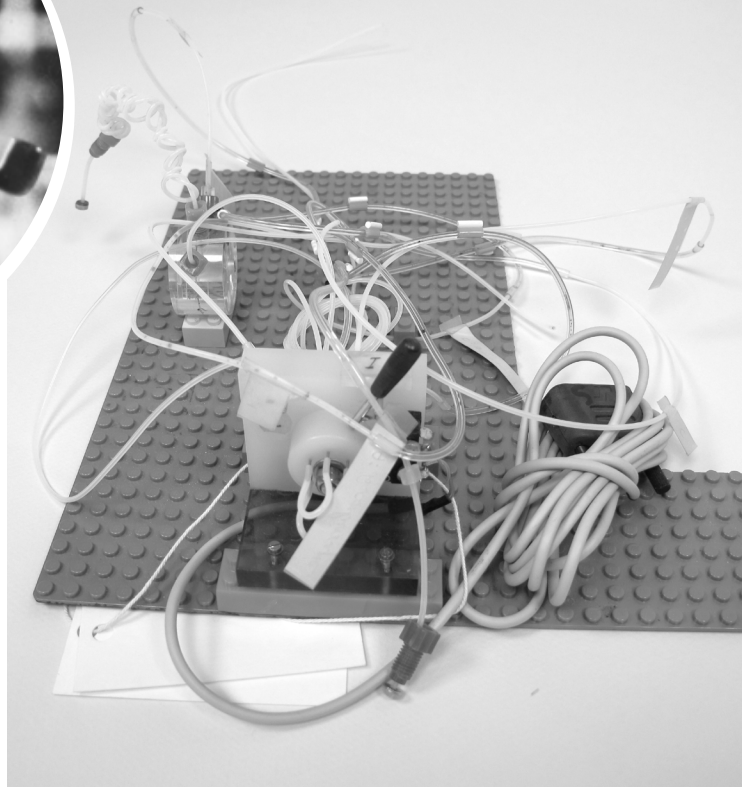
Født i 1934 i Prag. Uddannet til Ph.D. i analytisk kemi på Charles University i Prag. Kom til DTH (i dag DTU) i 1967. Afhoppede fra Tjekkoslovakiet i 1968, da Sovjet besatte hans hjemland. Har været professor ved flere universiteter – bl.a. University of Seattle og University of Honolulu Hawaii.

Elo Hansen og Jarda Ruzicka m.fl. til ”17th International Conference on Flow Injection Analysis Krakow” i 2011. Det er Elo nr. 1 fra højre og Jarda nr. 3 fra højre.



Elo og Jarda i 1970'erne.

Til højre ses et billede af en prototype, som Elo og Jarda fremstillede. Den er bygget på LEGO-plader og med LEGO-klodser, fordi det gør det nemt at ændre på opstillingerne.



Kunstgødning & Fritz Haber



Fritz Haber var en jødisk kemiker, som opfandt nye kemiske stoffer, der var både gode og dårlige for menneskeheden.

Opfandt kunstgødning

En af Fritz Habers opdagelser førte til udviklingen af kunstgødning. Tidligere havde man hentet fugleafføring og nitrater fra miner i Sydamerika. Det var meget arbejdskrævende, og man kunne kun skaffe begrænsede mængder. Flere forskere jagede en metode til fremstilling af ammoniak (NH_3) fra luftens nitrogen (N). Det var bl.a. den engelske kemiker William Crookes og franskmændene Henri le Châtelier. Men det var Fritz Haber, der løste udfordringen med at fremstille ammoniak ud fra nitrogen og hydrogen i luften. Habers proces forløb ved et højt tryk på 200 atmosfærer og en temperatur på 600 °C. Og i 1908 tog Fritz Haber patent på metoden.

Ammoniak kunne bruges til fremstilling af kunstgødning. I et samarbejde med ingeniøren Carl Bosch fra det tyske firma BASF blev Haber-Bosch processen skabt, hvor man kunne producere enorme mængder kunstgødning. Carl Bosch løste mange af de tekniske problemer – herunder den farlige brug af højt tryk. Og i 1913 blev det første kunstige ammoniak fremstillet. Man talte om det mirakuløse i, at man kunne skabe ”brød ud af luft” – fordi man nu kunne producere langt større mængder afgrøder på de samme marker. Kunstgødningen blev brugt i stor skala og medførte en optimisme inden for landbruget og håb inden for fødevareproduktion i det hele taget. Nogle mente, at det var den mest betydningsfulde opfindelse i det 20. århundrede.

Opfandt også giftgasser

Men ammoniak kunne bruges til mere end at dyrke afgrøder, og det interesserede industrien sig mindst lige så meget for. Ammoniak kan nemlig oxideres til salpetersyre, som er en vigtig bestanddel i sprængstoffer

som f.eks. nitroglycerin. Under 1. Verdenskrig afskar de allierede Tyskland fra at kunne importere salpeter fra Chile for at bremse landets produktion af sprængstoffer ud fra nitrogen. Her kom ammoniakfabrikkerne til at spille en ny og central rolle. De kunne nu både producere ammoniak og sprængstoffer.

På den ene side betød ammoniakproduktionen, at man kunne afværge hungersnød. På den anden side betød den samme opdagelse, at tyskerne kunne producere våben, der slog millioner af mennesker ihjel.

I 1918 besluttede Nobelkomiteen, at Fritz Haber skulle hyldes – og tildeles Nobelprisen i 1918 – fordi hans udvikling af metoden til at fremstille ammoniak var til gavn for menneskeheden.

Centrale pointer

Casen er et eksempel på, at en del forskere er med til at udvikle noget, som er godt for menneskeheden, men som senere viser sig også at have en negativ side. Og spørgsmålet er her, om man kan hædre en forsker, selv om hans resultater bliver brugt på en negativ måde?

DDT & Paul Hermann Müller

Teknologi-
historie



Den østrigske forsker Othmar Zeidler var den første, der syntetiserede DDT (dichlor-diphenyl-trichlorethan), som er et middel, der bruges til at forhindre og begrænse insektangreb på planteafgrøder. Det skete allerede i 1874. Men Othmar Zeidler arbejdede ikke for alvor videre med stoffets muligheder. Og det var den schweiziske forsker Paul Hermann Müller, der fik æren og Nobelprisen for opdagelsen af DDT's insektdræbende virkning i 1948.

Fandt det samme stof 2 gange

Paul Hermann Müller begyndte i 1935 at udvikle en metode til at beskytte planter mod insekt-angreb. Han var bl.a. optaget af den store fødevarerangel i Schweiz. Den understregede nødvendigheden af at kunne beskytte afgrøder mod insektangreb. Han ønskede at udvikle et insekticid, som var både hurtigtvirkende, kemisk stabilt, billigt og med en kraftig effekt på store mængder af insekter – uden at skade planter og mennesker og dyr. Det var et arbejde, der varede 4 år. Hans forsøg mislykkedes i hele 349 tilfælde. Men så endelig i 1939 fandt han det, han ledte efter. Og Paul Hermann Müller kom frem til det samme stof, som Othmar Zeidler havde syntetiseret og beskrevet allerede i 1874.

Stort potentiale, men også skadeligt

Müller opdagede hurtigt, at DDT var et stof med stort potentiale. Det var både effektivt mod Colorado kartoffelbillen og også utroligt effektivt mod en lang række angreb som f.eks. Moskitoer, lus, lopper, malaria og tyfus. Sammen med virksomheden J.R. Geigy AG i Basel tog han schweizisk patent på DDT i 1940, engelsk patent i 1942 og amerikansk og australsk patent i 1943. DDT blev fremstillet som et pulver man kunne sprøjte på de planter, man ville beskytte. Og da de allierede vandt frem i Europa under 2. Verdenskrig, mødte de millioner af civile mennesker, krigsfanger og mennesker i koncentrationslejre, der var syge af insektbårne sygdomme. De blev sprøjtet med DDT, og millioner blev reddet. I løbet

af 1950'erne og 1970'erne brugte man DDT til næsten fuldstændig udryddelse af malaria fra mange lande – bl.a. USA. DDT blev ekstremt populært. Husmødre sprøjtede deres køkkenskabe, og børn blev sprøjtet mod hovedlus.

Ikke før i historien har et enkelt stof reddet så mange menneskeliv, sagde man. MEN der var en bagside af medaljen. DDT var ikke ufarligt for mennesker og dyr. DDT gik hårdt ud over rovfugle som vandrefalken, havørnen og fiskeørnen. De er et af de sidste led i fødekæden og derfor opsamler de den gift, der er ophobet i de byttedyr, de har spist. Skallerne på deres æg blev så tynde, at de gik i stykker, inden ungerne var udruget. Insekterne var også begyndt at blive resistente, så der skulle større og større doser DDT til at bekæmpe dem. Og i dag mistænker man DDT for at have en betydning for udvikling af brystkræft, diabetes, forringet sædkvalitet, spontan abort og udvikling af børns nervesystem. Derfor er DDT nu klassificeret som et muligt kræftfremkaldende stof, og brugen af DDT er stærkt begrænset, men det bruges stadig i områder med malaria.

Centrale pointer

Casen viser, at forskere godt kan gøre store opdagelser uden at blive anerkendt for det. Det kan være fordi, der ikke er nogen videre betydning af deres arbejde i deres samtid. Eller det kan være fordi, de ikke selv har opdaget betydningen og mulighederne af deres resultater.

Casen viser også, at man tidligere i historien ikke havde den samme godkendelsesproces, når man opfandt nye ting – som f.eks. kemikalier og medicin. Så nogle historiske opfindelser var måske aldrig blevet ført ud i livet, hvis de var opdaget i dag. Er det godt eller skidt?

DNA & Watson og Crick samt Rosalind Franklin



I 1962 fik James D. Watson og Francis Crick og Maurice Wilkins Nobelprisen for deres opdagelse af, hvordan strukturen i cellernes arvemateriale, DNA, ser ud. De opdagede, at DNA-molekylet har en struktur som en dobbelt-spiral – en dobbelt-helix – dvs. en form for ”snoet stige”.

Men spørgsmålet er, om den kvindelige forsker Rosalind Franklin blev snydt for sin del af æren. Watson og Crick baserede nemlig en central del af deres forskning på Rosalind Franklin's opdagelser.

Fik fat i materialer fra Franklin

Watson og Crick var på sporet af, at DNA molekylet nok var det genetiske molekyle. Men deres første modeller fungerede ikke helt. Her sad fosfatmolekylerne nemlig på indersiden af DNA-molekylet. Senere opdagede de, at denne hypotese var forkert.

Det var sandsynligvis Rosalind Franklin's undersøgelser, der fik Watson og Crick på sporet af den rigtige model. Hun vidste det bare ikke. Hun arbejdede med det, der hedder røntgen diffraktionsfotografier. Og hun havde allerede i 1951 opdaget, at DNA-molekylet havde en helix-struktur med fosfatgrupper på ydersiden.

Men Rosalind Franklin's opdagelse var ikke offentliggjort, og uden at hun vidste det, sendte Rosalind Franklin's kollega Maurice Wilkins hendes forsøgsresultater videre til Watson og Crick. De havde nu de rette input til at bygge deres berømte model af DNA som en dobbelt-helix, hvor ”trinnene” i stigen var dannet af basepar af nukleotider. Netop dette var nøglen til DNA-molekylets struktur og funktion. Og den 25. april 1953 kunne Watson, Crick og Wilkins offentliggøre deres resultater i tidsskriftet ”Nature”.

Døde uden anerkendelse

Den 31. december 1961 skrev Francis Crick i et brev, at Rosalind Franklin's arbejde var ”...de data vi rent faktisk brugte”. Men da de 3 videnskabsmænd, Watson, Crick og Wilkins modtog Nobelprisen i 1962, blev Franklin ikke nævnt. Rosalind Franklin døde af kræft kun 37 år gammel i 1958. Hun nåede aldrig at blive anerkendt for sit bidrag til opdagelsen af DNA, mens hun levede. Og Nobelprisen kan ikke tildeles personer, der er døde.

Centrale pointer

Casen viser, at forskere ofte arbejder sideløbende med hinanden om at løse en videnskabelig udfordring. Sådan var det også i opdagelsen af DNA. Så spørgsmålet er, om man bør have æren for en opdagelse, selv om man blev kraftigt inspireret af andres arbejde og resultater? Er det f.eks. i orden, fordi Rosalind Franklin måske aldrig alene var kommet frem til strukturen i DNA, selv om hun var på sporet?

Partikel-acceleratoren & Ernest Lawrence

Teknologi-
historie



I 1939 fik kernefysikeren Ernest Lawrence Nobelprisen for sit arbejde med at udvikle det, der hedder en cyklotron. En cyklotron kaldes også en partikel-accelerator. En cyklotron bliver brugt til at accelerere ladede partikler, så man kan adskille et grundstof i forskellige isotoper, hvor nogle kan være radioaktive.

I 1920'erne accelererede man partikler i forsøgs-opstillinger, der var lange og besværlige at arbejde med. Og Lawrence indså, at de hurtigt ville blive så lange, at de ikke kunne være på universitetet. Han fik den idé, at acceleratoren måtte kunne laves mere kompakt, og han kom frem til et cirkulært accelerator-kammer mellem polerne på en elektromagnet. Det blev starten på den første cyklotron. Og den idé, der førte Lawrence ind i verdensrampelyset, var nedskrevet som en skitse på en serviet. Ernest Lawrence's første cyklotron var ikke mere end 10 cm i diameter – og alligevel blev partiklerne sendt på en rejse på flere km inde i cyklotronen i et magnetisk felt. (I dag findes der bl.a. enorme partikel-acceleratorer i det europæiske forskningscenter for partikelfysik, Cern i Schweiz, hvor de store acceleratorer har en diameter på næsten 10 km.)

Lettere at finde støtte til medicin end fysik

I 1930 blev Lawrence forfremmet til den hidtil yngste professor på University of California. Universitetets rektor, Robert Gordon, tilbød at betale for Lawrence's medlemskab af en særlig "Bohemian Club". Og i denne forening mødte Lawrence flere indflydelsesrige personer, som bragte ham videre i hans karriere - ikke mindst fordi Lawrence var opfindsom i forhold til at finde økonomisk støtte til sine projekter. Han fandt ud af, at man kunne anvende cyklotronen til at producere radioaktive isotoper, som kunne bruges medicinsk.

I 1930'erne var USA ramt af en stor depression, og det var ikke let at rejse penge til forskning. Det var lettere at finde sponsorer til at støtte medicin, sundhed og biologisk end fysik.

I 1935 skrev Lawrence til den danske fysiker, Niels Bohr:

"I must confess that one reason we have undertaken this biological work is that we thereby have been able to get financial support for all of the work in the laboratory. As you know, it is much easier to get funds for medical research."

Senere blev Lawrence involveret i udviklingen af atom-bomben.

Centrale pointer

Casen viser bl.a., at det er vigtigt at skaffe penge til sin forskning. Men spørgsmålet er, om det er ok at søge penge til biologisk forskning, hvis man reelt bruger pengene på noget andet også? Casen viser også, at det er vigtigt at netværke. Hvad var der mon sket, hvis Lawrence ikke var blevet medlem af "Bohemian Club"?

K-vitaminet & Henrik Dam



Danskeren Henrik Dam fik Nobelprisen for 1943 for sin opdagelse af K-vitaminet. K-vitaminet har en betydning for blodets evne til at koagulere, og i dag får de fleste nyfødte en indsprøjtning med vitaminet. Bogstavet K, står netop for koagulation. Før denne behandling var der flere spædbørn, der døde på grund af mangel på K-vitamin.

Henrik Dam var egentlig uddannet som kemiingeniør. Men han arbejdede især i det biokemiske område med fokus på ernæring og fysiologi.

Han arbejdede i 1920'erne og 1930'erne med, hvordan en bestemt gruppe af stoffer omsættes i kroppen. Stoffene hedder steroler, og kolesterol hører bl.a. til denne gruppe stoffer. Henrik Dam opdagede, at kyllinger fik blødninger under huden og i musklerne, hvis de var på en kost, der var næsten uden steroler. Ved at udføre systematiske forsøg med forskellige diæter dokumenterede Henrik Dam, at blødningerne skyldtes en såkaldt "fedt-opløselig faktor", som fandtes i svinelever og hampefrø. Og forsøgene viste Henrik Dam, at den vigtige faktor var et helt nyt vitamin – K-vitamin.

Der var også amerikanske forskere, som var på sporet af K-vitaminet. Forskeren Herman Almquist var nået til den samme konklusion som Henrik Dam – og måske ligefrem før Henrik Dam. Men Henrik Dam var den første til at publicere opdagelsen i tidskriftet Nature d. 27. april 1935. Opdagelsen gav Henrik Dam en høj status i internationale kredse af biokemikere, og han rejste til Canada og USA i 1940, hvor han på grund af 2. Verdenskrig måtte blive i USA, til krigen var slut.

I 1944 (et år forsinket på grund af 2. Verdenskrig) fik Henrik Dam Nobelprisen for sit arbejde. Prisen blev delt mellem Henrik Dam og hans amerikanske kollega og konkurrent Doisy. Henrik Dam fik Nobelprisen for at opdag K-vitaminet, og Doisy fik Nobelprisen for at have fundet selve den kemiske struktur i vitaminet.

Begrundelsen for at tildele Henrik Dam Nobelprisen var også hans store indsats i årene 1935-1939, hvor han bl.a. bidrog til at udvikle en behandling til spædbørn, der manglede K-vitamin. I dag tilbydes en indsprøjtning med K-vitamin til alle nyfødte i Danmark, og det har reddet mange liv.

Nobelprisen åbnede døre for Henrik Dam, som vendte tilbage til Danmark i 1946. Her blev han professor ved Danmarks Tekniske Højskole (nu DTU), hvor han bl.a. moderniserede et kursus i bioteknisk kemi, som senere – i 1951 – kom til at hedde biokemi og ernæring. Henrik Dam arbejdede videre med K-vitamin, men fokuserede også på E-vitamin, hvor han var med til at afdække E-vitamins rolle som antioxidant. Henrik Dam var en af Danmarks største eksperter i ernæringsforskning, og han var internationalt anerkendt. Men han gik stille med dørene og var ikke en særligt offentlig person. Han fokuserede på selve videnskaben og ikke på at formidle sine resultater til almindelige mennesker. Måske er det derfor, at Henrik Dam i dag er en ret ukendt forsker, på trods af, at han skabte vigtige resultater?

Centrale pointer

Mange forskere og virksomheder tager patent, hvis de opfinder noget. Så kan andre ikke lave det samme. Men Henrik Dam var en anden type. Han lagde sin viden åbent frem, så alle kunne få gavn af den. Spørgsmålet er, om det er uetisk at tage et patent, som måske kan bremse andres forskning i noget, der f.eks. kan gavne mennesket. Eller er patentsystemet en vigtig del af "gamet", som motiverer virksomhederne til at investere ressourcer og ekspertise for at udvikle brugbare produkter?



P-pillen & Margaret Sanger, Gregory Pincus samt Katharine McCormick

P-pillen kom på markedet i USA i 1960 og i Danmark i 1966. P-pillen blev hyldet for at give kvinder mulighed for en friere seksualitet, hvor de kunne kontrollere, hvornår de ville være gravide. Men p-pillen havde også en kemisk bagside: P-pillen virker ved at sætte kroppens eget kønshormonsystem på pause og tilføre kunstige kønshormoner udefra. Det gav bivirkninger som kvalme, vægtstigning og depressioner samt øget risiko for blodpropper og hjerte-karsygdomme. I dag er der kommet nye typer af p-piller på markedet, som indeholder færre hormoner, og derfor opleves der færre bivirkninger.

Et særligt møde mellem 3 personer

Det var en kobling mellem 3 personer, der førte til opfindelsen af p-pillen. Det var sygeplejersken Margaret Sanger, biologen Gregory Pincus og millionæren Katharine McCormick. Margaret Sanger kæmpede for retten til at undgå graviditet i USA. Hendes egen mor var død efter 18 graviditeter, og hun drømte om en magisk pille, der kunne forhindre graviditet.

I 1951 mødte Margaret Sanger biologen Gregory Pincus til et middagsselskab. Han kendte til nogle dyreforsøg, hvor hormoner var brugt som præventionsmiddel. Problemet var, at regeringen og medicinalindustrien i USA ikke ville have noget at gøre med at udvikle prævention. Det var nemlig stadig forbudt at bruge prævention i flere amerikanske stater. Men Margaret Sanger havde en særlig kontakt. I 1917 havde hun mødt Katharine McCormick, som var både mangemillionær, kvindeaktivist og uddannet i biologi fra Massachusetts Institute of Technology. Katharine McCormick blev hurtigt overbevist om, at det var en spændende idé at udvikle en præventionspille, der var lige så let at tage som en hovedpinepille. Den 8. juni 1953 skrev Katharine McCormick den første check på 40.000 dollars til projektet. Det var en mindre formue på den tid. Siden donerede hun langt flere dollars til udviklingen af p-pillen, og hun fulgte udviklingen af pillen med stor interesse.

Det lykkedes hurtigt Gregory Pincus og hans kollega Min-Chueh Chang at vise, at hormoner kunne stoppe ægløsning og på den måde forhindre graviditet. Nu skulle behandlingen "bare" på tabletform. Her kom de 2 lægemiddelvirksomheder Synes og Searle ind i billedet. De havde udviklet en metode til at indtage hormoner i tabletter. De 2 virksomheder ønskede ikke at blive forbundet med udvikling af prævention, men de gav Pincus ret til at anvende metoden i 1956 på forsøg med mennesker, og forsøgene var en succes. Da p-pillen kom på markedet i 1960 under navnet Enovid, blev forskerne hyldet for deres indsats og bidrag til videnskaben. Katharine McCormick, der nu var 80 år, blev hurtigt glemt – selv om hun på mange måder var entreprenøren bag projektet.

P-pillens historie er bl.a. historien om, at udviklingen af p-pillen krævede både en idé, en forsker, der kunne omsætte ideen til praksis, penge, som kunne finansiere projektet, og en industri, som kunne sætte produktet i stor-produktion.

Centrale pointer

Casen viser, at de 3 centrale personer i udviklingen af p-pillen ikke fik lige stor anerkendelse. Spørgsmålet er, om Katharine McCormick burde have fået større opmærksomhed, fordi det næsten udelukkende var hende, der finansierede udviklingen af p-pillen? Casen viser også, at det kan give gode resultater at netværke. Margaret Sanger fik både kontakt til en forsker med adgang til laboratorier og viden om prævention – og til en person, som kunne finansiere forskningen.

Fremtidens blodprøver & Elizabeth Holmes

Teknologi-
historie



Da Elizabeth Holmes var 19 år – i 2003 – fik hun en god idé. Hun havde fundet en metode til at tage blodprøver med en meget mindre mængde blod end almindelige blodprøver. Hendes ambition var at udvikle et håndholdt udstyr til at tage blodprøver ud fra ganske små mængder blod - uden at skulle til lægen. Og resultatet af blodprøven skulle kunne sendes direkte til ens læge.

Elizabeth Holmes' metode har gjort det muligt at udføre en lang række tests ud fra den blodmængde, man kan få via et lille prik i fingeren. Det gælder f.eks. undersøgelser af kolesterol-tal eller hormoner i blodet.

Elizabeth Holmes har med sin opfindelse været med til at nedbringe prisen på medicinske tests. Hun har desuden, i samarbejde med den amerikanske butikskæde Wallgreens, været med til at oprette tusindvis af wellness centre, hvor man kan få lavet disse undersøgelser meget billigt. Hun har med andre ord gjort medicinske undersøgelser billigere og mere tilgængelige for mange mennesker.

Elizabeth Holmes studerede egentlig kemi på Stanford University i Californien. Men hun droppede ud af universitetet, fordi hun ville forfølge sin idé. Allerede i 2003 skabte hun sit eget firma, Theranos, og hun er nu blevet milliardær på at lave produkter til medicinalindustrien.

Hendes idé er så god, at mange har forsøgt at gøre hende den efter. Det betyder, at hun må lægge en del energi i at sikre sine ideer. Elizabeth Holmes har lagt sag an mod en af sine tidligere medarbejdere for at bryde virksomhedens tavshedspligt. Hun har også anlagt sag mod en tidligere virksomhedspartner for at stjæle viden fra firmaet.

Centrale pointer

Casen viser bl.a., at når man har opnået et patent på en idé eller et produkt, kan man komme til at bruge både arbejdstid og penge på at sikre patentet. Men er det rimeligt at forsøge at udelukke andre fra at producere en vigtig medicinsk metode?

Malariavaccine & et medicinal-firma

Teknologi-
historie



Den farlige tropesygdom malaria har i mange år været den største dræber, når det gælder sygdom. Hvert år smittes 300-500 mio. mennesker, og man har vurderet, at mellem 1,5 og 2,7 mio. mennesker dør af sygdommen. En meget stor del af disse er børn under 5 år. Antallet af malariatilfælde er dog faldet de seneste år – bl.a. fordi der er blevet større mulighed for at få medicin og myggenet. I juli 2015 blev verdens første vaccine mod malaria godkendt af Det Europæiske Lægemiddelagentur.

Malaria skyldes en infektion med malariaparasitter. Når en myg stikker et menneske, der er smittet med malariaparasitten, kan parasitten leve og formere sig videre i myggen. Og næste gang myggen stikker et menneske, kan den overføre nogle parasitter.

Sygdommen har været kendt i årtusinder

Man har kendt sygdommen i tusinder af år. Før i tiden troede man, at malaria skyldtes dårlig luft – deraf navnet – ”mal aria”. Først i slutningen af 1800’tallet fandt flere forskere nogenlunde samtidigt ud af, at malaria smitter via myg.

I løbet af 1800’tallet blev videnskaben i det hele taget mere opmærksom på sygdommen. Bl.a. fordi, at malaria nemlig ramte mange af de mennesker, der var udsendt for at kolonisere Afrika, Asien og Sydamerika. Senere, under 1. Verdenskrig, blev tyske soldater ramt i Afrika, og under 2. Verdenskrig blev de allierede soldater ramt i Asien. Sygdommen var altså også blevet en trussel mod mennesker fra den vestlige verden. Det øgede interessen for at udvikle medicin og vaccine mod malaria – men det store gennembrud lod vente på sig, og det kan der være flere grunde til. Læger uden Grænser siger bl.a. på deres hjemmeside:

“Det er ikke nemt at udvikle ny medicin, og det kræver store investeringer. Da malaria primært rammer fattige mennesker, der ikke kan købe dyr medicin, kan medicinalfirmaerne ikke tjene mange penge på at udvikle en

vaccine. Det betyder desværre, at udviklingen går meget langsomt... Pris på medicin hænger sammen med patentlovgivningen, der giver de enkelte medicinalfirmaer mulighed for at være eneforhandlere og sætte prisen på deres produkter. Oftest sættes prisen i et leje, der er uopnåeligt for fattige mennesker.” (<http://msf.dk/om-os/skoler/sygdomme/spoergsmaal-og-svar-om-malaria/>)

Den vaccine, der blev godkendt 1. juli 2015, er udviklet af et medicinalfirma med støtte fra Bill Gates fond, Bill & Melinda Gates. Vaccinen har fået navnet Mosquirix. Medicinalfirmaet har lovet, at de ikke vil tjene penge på vaccinen. Den skal sælges til produktionspris – dog plus 5%, som skal bruges til videre forskning i malaria. For selvom vaccinen har lovende resultater, kan den ikke sikre 100% mod malaria. Og med de klimaforandringer vi står overfor, kan malaria sprede sig, fordi malaria-myggen kan leve flere steder på jorden, når klimaet bliver varmere. Det gør, at langt flere mennesker kan blive truet. Problemet er også, at malariaparasitten hele tiden udvikler resistens overfor de anvendte lægemidler, og det gør det til en hård kamp at knække malaria.

Centrale pointer

• Casen viser bl.a., at der er et stort etisk dilemma i, hvordan vi skal løse fremtidens malariatrus-sel – mens vi venter på en mere effektiv vaccine og behandling. Er det f.eks. rimeligt, at private firmaer kan eje ”opskriften” – tage patent - på en medicin, der kan være livsnødvendig for mange mennesker? Eller burde forskning inden for medicin være åben for alle? Omvendt er det typisk private virksomheder, der udvikler og sætter medicin i produktion, så det kan gavne flere mennesker. Så er patentsystemet ikke snarere med til at gøre virksomheder og investorer interesserede i udvikling af medicin?



Transistoren & William Shockley, John Bardeen samt Walter Brattain

Hvis moderne computere skulle være bygget med den teknologi, man havde omkring 2. Verdenskrig, ville de fylde mere end et parcelhus. Og det ville være umuligt at lave dem holdbare, fordi man hele tiden skulle udskifte komponenter, som var brændt sammen. Det var opfindelsen af transistoren, der bl.a. gjorde det muligt at udvikle små computere. I dag findes transistorer i et utal af elektriske og elektroniske apparater fra computere til radioer, telefoner og rumraketter. Nogle kalder ligefrem transistoren for informationsteknologiens ”nervecelle”.

Transistoren styrer strøm

En transistor er en enhed, der kan styre en elektrisk strøm, lidt ligesom en vandhane kan styre en strøm af vand. Transistoren kan nemlig både tænde og slukke for strømmen, og den kan også styre, hvor meget strøm, der løber. Faktisk kan den desuden forstærke et elektrisk signal, så den fungerer som en slags forstærker.

Før transistoren brugte man bl.a. radiorør til at forstærke signaler. Radiorøret består af en lufttom glasbeholder med indbyggede metalelektroder. Men radiorør var upraktiske. De brugte meget strøm. De blev hurtigt varme. De var dyre. Og de gik nemt i stykker. Så teknologien var skrøbelig, og mange forskere arbejdede på at opfinde en bedre løsning. For radiorør blev bl.a. brugt under krigen i både radio-sendere og -modtagere. Og radioteknologien havde også et stort potentiale i det civile samfund.

Den første effektive transistor blev bygget i december 1947 i USA på Bell Laboratorierne af de 3 fysikere William Shockley, John Bardeen og Walter Brattain. Forskerne havde opfundet en komponent, der kunne forstærke et elektrisk signal på en nem og effektiv måde ved at bruge det, man kalder for en ”halvleder”. En halvleder er et materiale med en elektrisk ledningsevne, der ligger mellem et ledende materiale og et isolerende. En halvleder har med andre ord både ledende og isolerende egenskaber.

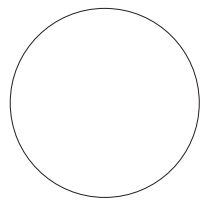
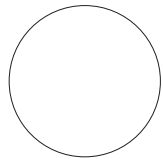
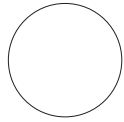
Shockley, Bardeen og Brattain fik i 1956 Nobelprisen i fysik for deres opfindelse. De 3 forskere byggede i virkeligheden videre på en idé, som den østrigsk-ungarske fysiker, Julius Edgar Lilienfeld, havde fået allerede i 1928. Han opfandt en metode til at bruge en svag strøm til at styre en stærkere strøm. Han fik patent på metoden, men han skrev ikke artikler om det nye princip, og industrien fik ikke øje på opfindelsen. Juridiske papirer fra Bell Laboratorierne viser, at William Shockley og en af hans kolleger, Gerald Pearson, rent faktisk anvendte Lilienfeld’s ideer og patent, selv om de ikke gjorde opmærksom på det i deres artikler.

Fra 4 til milliarder af transistorer

I starten blev transistorer brugt i radioer til at være lydforstærkere, og verdens første transistorradio så dagens lys i 1950. Den havde 4 transistorer. Transistorradioen var både mere robust og mindre end de tidligere radioer. Så med transistorradioen blev radioen ”bærbar”. I dag bruges transistorer især som tænd/sluk-knapper i integrerede kredsløb – ikke mindst i computeres mikroprocessorer, som kan indeholde milliarder af mikroskopiske transistorer.

Centrale pointer

Casen viser bl.a., hvordan forskere kan få æren for et stykke arbejde, selv om de bygger deres forskning på andres resultater. Casen viser også, hvordan forskere med den rette indsigt kan se muligheder i nye opdagelser og lave nyskabelser ved at kombinere gammelt og nyt. Men var det rimeligt, at opfinderen Lilienfeld ikke fik en del af æren for opfindelsen af transistoren?



Teknologi-
historie



Baggrund: Drivkræfter i den videnskabelige proces



Opfindermyten – holder den?

Det er stadig en udbredt opfattelse, at opfindere som typer er geniale – og nogle gange sære og ensomme – der pludselig får en god idé. Ofte kombineres denne myte med et billede af opfinderen som en person, der har et særligt forsyn, der gør, at han kan indse noget, andre ikke kan. Men virkelighedens opfindelser opstår sjældent ud af det blå hos en enkelt person. De er ofte resultatet af flere fagpersoners input og samarbejde samt hårdt analytisk og praktisk arbejde med at opstille og teste hypoteser. Og det ligger, før man ender med det, man kan kalde en ny opfindelse.

I det følgende bliver en række centrale temaer inden for videnskab og forskning gennemgået. Temaerne er:

1. De samme opdagelser og opfindelser bliver ofte gjort parallelt
2. Affordance – om at se muligheder
3. Videnskab og teknologi udvikler sig i grupper og netværk
4. Hvor skal ressourcer, viden og økonomi komme fra?
5. Etik – hvad er den gode forskning og teknologi?

Disse temaer kommer tit i spil inden for det, man kalder technoscience, hvor videnskab og teknologi er tæt forbundne.

1: De samme opdagelser og opfindelser bliver ofte gjort parallelt

I dag er det mere normen end undtagelsen, at flere personer rundt om i verden arbejder med at løse de samme problemer. Forskere og opfindere er nemlig, lige som alle andre, et produkt af deres tid. De har ofte uddannelser, der ligner hinanden meget, selv om de kommer fra forskellige lande. De vil have været de samme faglige områder og lærebøger igennem. Det betyder, at mange ofte leder i de samme faglige retninger og med de samme faglige udgangspunkter. Og derfor er det ikke så underligt, at forskellige forskere ofte kan komme frem til de samme resultater.

Man kan spørge, om disse parallelle opdagelser netop viser styrken af naturvidenskabelig viden, eller om det viser, at vi alle er blevet strømlinet i den samme retning af bl.a. uddannelsessystemet?

2: Affordance – om at se muligheder

Affordance er et engelsk begreb, som bl.a. bruges i forbindelse med innovationer og opfindelser. Der findes ikke rigtigt en kort og præcis oversættelse til dansk. Affordance handler bl.a. om en tings indbyggede (eller latente) potentiale til at løse en udfordring, koblet med en persons evne til at opdage dette potentiale. Når vi ser



et dørhåndtag, er vi godt klar over, at det egner sig godt til at åbne og lukke en dør. Håndtaget har en affordance i forhold til at åbne og lukke ting – bl.a. døre.

Affordance kan også handle om muligheden for, at en ting kan løse udfordringer i nye sammenhænge. Da man i slutningen af 1900'tallet for alvor begyndte at kunne lave små batterier, opstod der mulighed for at udvikle en lang række teknologier i nye retninger. Computere og telefoner kunne f.eks. pludselig blive bærbare. I den sammenhæng var de små batteriers affordance, at de kunne være med til at gøre teknologi, der ellers var tung og stationær, til teknologi, der kunne transporteres rundt.

Evnen til at se en tings affordance er vigtig for en forsker eller opfinder. For dét, at spotte en særlig anvendelsesmulighed for en ny opdagelse, kan gøre, at man kan udtænke et større teknologisk puslespil sammen, før man kender alle brikkerne.

Mange nye opfindelser er i virkeligheden en form for omorganisering af allerede kendte indsigter, praksisser eller teknologier. Det nye består i at kombinere tingene på alternative måder, end den gængse opfattelse foreslår. Evnen til at være klar over, at man står med noget brugbart, er helt afgørende for en forsker eller opfinder.

3: Videnskab og teknologi udvikler sig i grupper og netværk

Forskningsmiljøer og grupper

Inden for forskning danner forskere forskellige former for samfund og arbejdsgrupper. Nogle er små nære grupper, hvor man arbejder tæt sammen. Det er en slags praktiske arbejdsfællesskaber. Veletablerede forskningsområder, som f.eks. rumforskning og kræftforskning, har større netværk, som både er nationale og internationale. Her mødes forskere på tværs af institutioner til konferencer, hvor de udveksler viden og kontakter og på den måde netværker med hinanden.

Netværk er vigtigt

Selv om forskere inden for et bestemt fag tit har et fælles fagligt fundament, så betyder netværket alligevel, at man kan møde folk, der ser anderledes på forskellige

faglige spørgsmål. På konferencer og i netværkene kan der også indgå forskellige fagligheder, som arbejder på at løse fælles problemer. Det er ofte helt afgørende for en videnskabelig proces.

Inden for kræft kan der således både være læger, ingeniører, kemikere, fysikere, molekylærbiologer, farmaceuter og psykologer i de faglige netværk. På den måde kan netværk være med til at holde en faglig udvikling i gang, fordi man kan inspirere og udfordre hinanden – samt tilføre hinanden nye indsigter og færdigheder. Og netværkene åbner også mulighed for, at der opstår helt nyskabende ideer i ”grænselandet” mellem de forskellige fag.

4: Hvor skal ressourcer, viden og økonomi komme fra?

Forskning og udvikling kræver ressourcer. Det gælder både laboratorier, ansatte og penge til udstyr mm. Ressourcer til forskning kan komme gennem faste bevillinger fra staten til bestemte forskningsområder. Forskere er også ofte nødt til selv at søge penge til deres forskning via fonde, firmaer og investorer. Jo mere anerkendt – og kendt – en forsker er, jo lettere kan det være at finde ressourcer til den forskning, man udfører. Det er altså ikke ligegyldigt, om en forsker holder sin forskning for sig selv, eller om han/hun er god til at formidle forskningens indhold og resultater.

Samarbejde med virksomheder

I mange tilfælde må forskere selv forsøge at få finansieret deres projekter – og det kan ske via samarbejder med private virksomheder eller gennem fonde. Fordelen for virksomhederne er, at de har chancen for at være med til at udvikle noget, som de kan sætte i produktion og tjene penge på. Fordelen for forskeren er, at han/hun kan få lov at forske – og måske også tjene ekstra penge, hvis forskningen leder til et produkt. Men hvad betyder denne sammenhæng mellem forsker og virksomhed? Virksomhederne vil typisk kun investere i noget, der ser lovende ud – også økonomisk. Og man kan derfor diskutere, om forskningen slet ikke er så fri og uafhængig, som man kunne ønske sig. Økonomien kan komme til at styre hvilke emner, der kan forskes i.



Patentsystemet

Hvis man har fået en ny idé, kan man søge om at få patent på ideen, vel at mærke, hvis man ikke har fortalt om ideen offentligt. Man kan nemlig kun søge patent på ideer, som endnu ikke er offentliggjort. Patentsystemet kan både være en hjælp og et problem for forskning og udvikling. Hvis man får patent på en idé eller en metode, får man nemlig også eneret til at bruge den. Derfor kan det måske betale sig at bruge ressourcer på at udvikle ideen til et marked. For andre virksomheder må ikke tage ideen og konkurrere om det samme produkt som den virksomhed, der har patentet. Men man kan diskutere, om der er rimeligt at få "ejerskab" til en idé, når f.eks. den moderne forskningsverden er præget af, at forskere rundt om i verden ofte arbejder med de samme ideer og ad de samme spor. Patentsystemet kommer derved til at sætte stort fokus på, hvilken forsker eller virksomhed, der er den første med f.eks. en metode eller form for medicin. Men er det det mest interessante? Det betyder bl.a., at nogle forskere stimuleres til at holde deres kort tæt til kroppen. De kan typisk ikke dele deres viden frit, fordi de så risikerer at blive overhalet af andre forskere, som kunne løbe med et patent. Derfor er der også en del retssager, hvor ejerskabet til et patent udfordres. Patentsystemet kan f.eks. være en kæp i hjulet for udvikling af billige versioner af en eksisterende medicin. For når en virksomhed eller person har taget patent på et produkt eller en metode, så må andre ikke producere det samme produkt – heller ikke selv om de f.eks. kan lave produktet på en billigere og mere effektiv måde, som kunne komme mange mennesker til gode. Så man kan diskutere, om patentsystemet får virksomheder til at bidrage positivt eller negativt til en teknologisk udvikling.

5: Etik – hvad er den gode forskning og teknologi?

Der gemmer sig mange etiske problemstillinger i forskning og teknologi. Etikken er særligt synlig inden for sundhedsvidenskab, hvor man på den ene side bl.a. udvikler medicin, behandlinger og udstyr, som kommer mange til gode, og hvor man på den anden side f.eks. tester på dyr og mennesker, før de forskellige produkter kommer på markedet. Hvordan kan vi afgøre forskningens og teknologiens moralske værdi?

Grundlæggende etik

Inden for etikken er der 2 helt grundlæggende problemstillinger som står i modsætning til hinanden. Det er nytte-etik og pligt-etik.

Nytte-etik

I nytte- eller konsekvens-etikken er en handling moralske værdi afhængig af dens konsekvenser. Det gode er en handling, som giver nytte og lyst. Det gode giver den størst mulige lykke til det størst mulige antal.

Ud fra nytte-etikken kan man argumentere for f.eks. brugen af forsøgsdyr. Eksperimenter med dyr kan være ubehagelige for dyrene, men hvis forsøgene til gengæld hjælper med at udvikle medicin, der hjælper en lang række mennesker, kan det forsvares inden for nytte-etikken. Ifølge nytte-etikken opvejer fordelene ubehaget, og man har opnået størst mulig lykke for det største antal. Man kan altså handle med nytteværdi på tværs af individer. Og der er ikke sat grænser for, hvad flertallet kan gøre ved det enkelte individ.

Pligt-etik

Ifølge pligt-etikken findes der grundlæggende etiske pligter og regler. Den gode handling er én, hvor man følger disse regler uanset konsekvenserne. Hvis en regel er, at man ikke må udsætte dyr for ubehag med vilje, kan man stort set ikke lave dyreforsøg. Så man må ikke ofre nogle få dyr for at hjælpe mange mennesker - og dyr - for at finde en kur mod f.eks. en epidemisk sygdom. Et centralt spørgsmål for pligt-etikken er selvfølgelig at afgøre, hvad reglerne er. Hvem skal bestemme det?

Hvad gør den etiske forsker?

Indenfor videnskaben er der en række krav, som den enkelte forsker bør leve op til.

En af de vigtigste regler er, at en forsker er ærlig og ikke forfalsker videnskabelige data. Man må heller ikke undgå at nævne resultater, der går imod det, man gerne vil bevise. Som forsker bør man altid føre en grundig logbog for at dokumentere sine forskningsresultater.

Et andet vigtigt princip er, at en forsker skal overholde de etiske standarder for eksperimenter på mennesker eller dyr. Det kan betyde, at man skal have tilladelse fra forskellige råd og komiteer.



Et tredje grundlæggende princip er, at man ikke må tage æren for - eller bruge - andres forskning uden at fortælle, hvor man har informationerne fra.

Forskning og samfund

Forskning kan have både gode og dårlige effekter for samfundet. Derfor er det vigtigt at diskutere forskning i et demokratisk samfund. Et centralt spørgsmål er, hvilke emner der skal forskes i, og hvilke, der får mindre opmærksomhed. Man ser f.eks., at der bruges store ressourcer på de sygdomme, der rammer mennesker i de rigere dele af verden, mens fattigmandssygdomme typisk ikke får lige så mange ressourcer. Man kan også diskutere, om det er vigtigt, at forskere er frie til at følge deres opdagelser – eller tvunget til at gå i en bestemt retning. Her er det vigtigt, at forskere fortæller åbent om økonomiske interesser, der er forbundet med forskningen. Så kan andre nemlig vurdere, om det har været med til at farve nogle resultater.

Kontrol med videnskabsetikken

I dag er der udformet regelsæt og kodekser for forskning. Nogle af disse skal sikre grundlæggende menneskerettigheder i forbindelse med forsøg, der handler om at udføre det, man kalder sundhedsfaglige forsøg. Nogle af disse regelsæt er Helsinki-deklarationen, WHO's retningslinjer samt Europarådets Bioetikkonvention. Her i Danmark har vi også videnskabsetiske komiteer, hvor man skal give tilladelse til medicinske forsøg, før man begynder på forsøget.

Teknologi-
historie



Diskussionsopgave
ud fra fiktiv case:
Hvad ville du gøre?



Du er i gang med at udvikle en helt ny metode til at producere en effektiv vaccine mod en ny sygdom, som ser ud til at kunne blive en trussel mod mennesker i både tredje verdens lande og industrialiserede lande. Du har netop været på et studieophold i New York for at besøge et laboratorium, hvor de arbejder med at udvikle en lang række forskellige vacciner. Her mødte du en ung forsker, som var med på et tilsvarende projekt – dog ikke præcist den samme sygdom. Han lod dig kigge i nogle papirer fra hans chef, fordi han havde en ny metode til at aflure strukturen af forskellige virus. Netop denne struktur er væsentlig for at finde en medicin, der kan ”mime” virus uden at være farlig. Da du så nogle af hans notater, fik du pludselig en idé, som måske kunne sætte dig i stand til hurtigere at finde en metode til at syntetisere de aktive stoffer til din vaccine.

Hjemme i Danmark fremlægger du din idé for din forskningsleder uden at sige, hvor den kommer fra. Din

chef bliver meget begejstret og foreslår, at du hurtigst muligt skal gå videre af dette spor – måske kan du ligefrem nå at søge patent på metoden og vaccinen. Hvis du får et sådant patent, vil der også være en pæn chance for at få en stor økonomisk gevinst. Du har også chancen for at være med til at udvikle en ny type medicin til gavn for rigtig mange mennesker – især i udviklingslandene. Din chef foreslår, at I arbejder videre på ideen sammen.

Der er bare lige opstået det problem, at jeres institut skal spare penge, og måske hænger jeres forskningsprojekt i en tynd tråd. Sammen med din chef skal du nu træffe en række beslutninger.

Hvad vil du gøre og anbefale i det videre arbejde?

Kig på de 3 kort, og svar på spørgsmålene.

Kort 1



Din chef foreslår, at I arbejder sammen om at udvikle en ny vaccine. Hvad siger du?

1: Accepterer du hans tilbud?

Eller

2: Siger du nej, fordi du hellere vil arbejde videre alene for at få æren og den økonomiske gevinst alene?

Kort 2

Teknologi-
historie



Et privat medicinalfirma har kontaktet dit institut, fordi de vil høre, om der er nogle projekter på vej, som man kunne samarbejde om. Der er tale om et stort medicinalfirma, som vil kunne skyde mange penge i dit projekt. Der er omvendt ingen tvivl om, at firmaet vil gå efter at søge patent på en eventuel ny medicin, så man udelukker andre firmaer fra at producere den samme medicin.

Hvad vil du gå efter:

- 1: At holde kortene tæt til kroppen og tage kontakt til firmaet når du ved, hvor lovende din medicin er?
- 2: At arbejde på at netværke og dele din indsigt, så alle virksomheder og forskere har mulighed for hurtigt at nå frem til en effektiv vaccine?

Kort 3

Teknologi-
historie

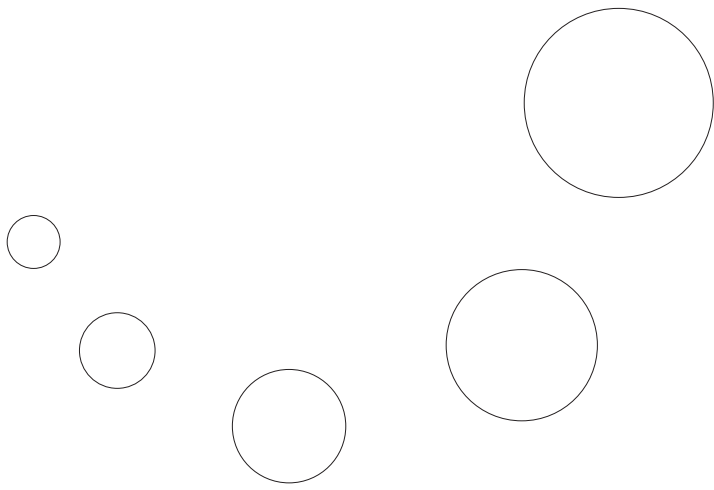


Din chef har netop været på konference og mødt de samme forskere, som du mødte på dit studieophold. Han har talt med både den unge forsker, som du mødte, og han har også talt med den unge forskers chef. Din egen chef virker lidt hemmelighedsfuld omkring, hvad de har talt om. Der er især 2 ting, der bekymrer dig:

- Har din chef fået mere at vide om deres forskning, end han vil involvere dig i?
- Er der en mulighed for, at den unge amerikanske forsker har fortalt, at han har vist dig nogle resultater?

Hvad gør du:

- 1: Fortæller din chef, at du har fået adgang til nogle informationer, som har inspireret dig kraftigt, og som du ikke endnu har fortalt din chef om?
- 2: Bliver du ved med at holde tæt overfor din chef?



Teknologi-
historie



Rollespil om udviklingen af p-pillen



I det følgende er der et forslag til et rollespil om udviklingen af p-pillen, hvor I får mulighed for at leve jer ind i 3 af de ægte historiske roller.

Der indgår følgende roller i spillet:

Person 1: Sekretær – som holder styr på gruppens materiale og fremdriften i arbejdet

Person 2: Katharine McCormick

Person 3: Gregory Pincus

Person 4: Margaret Sanger

Hvis der kun er 3 personer i en gruppe, deles man om sekretær-rollen.

I vælger hver en rolle og læser teksten til jeres rolle. Sekretæren læser rollen til Margaret Sanger.

Når I har læst jeres roller, skal I vende et spillekort – ét ad gangen. I må ikke læse kortene, før I skal bruge dem. Læg f.eks. kortene i en bunke i den rigtige rækkefølge og med "Kort 1" øverst. Så undgår I at kigge på de næste kort, før I kommer til dem.

I det videre forløb skal sekretæren holde styr på, at der ikke bruges mere end 3-4 minutter på at diskutere hvert enkelt spørgsmål. Sekretæren må gerne blande sig i diskussionen.



Rolle 1: Katharine McCormick

Du er født i Chicago i 1875, hvor din far er en prominent advokat.

Din far opfordrer dig til at tage en uddannelse, selv om det ikke er særlig normalt for kvinder af din tid – og af din klasse. Du starter på en uddannelse, og i 1904 får du en bachelorgrad i biologi fra Massachusetts Institute of Technology.

Egentlig havde du drømt om – og planlagt – at starte på medicinstudiet. Men det dropper du, og efter din bachelor gør du, hvad der forventes af en kvinde af din klasse. Du gifter dig 15. september 1904 med Stanley Robert McCormick, som er arving til sin fars store firma, der udvikler og sælger landbrugsmaskiner, The International Harvester Company. Men den ægteskabelige lykke varer kort. Efter et par år får din mand konstateret en alvorlig psykisk lidelse. Han bliver indlagt i 1906 på sygehuset McLean Hospital, og senere – i 1908 – overflyttes han til et sanatorium. Allerede i 1909 bliver han erklæret umyndig, og du og hans familie overtager i fællesskab rollen som værger for ham.

Men hvad skal du nu tage dig til?

Du har mange penge – og du er kvik. Men tiden er gået, og du kan ikke bare starte på en uddannelse igen. Så hvad nu?

Du går ind i kvindebevægelsen og bliver aktiv suffragette. Du bliver ligefrem vicepræsident i National American Woman Suffrage Association og grundlægger af foreningens blad ”Woman’s Journal”.

Igennem dette arbejde møder du andre kvindesagsforkæmpere. Bl.a. Margaret Sanger. Hun er interesseret i at udvikle effektiv prævention til kvinder, så de kan have sex uden at få børn.

Du bliver også interesseret i udvikling af effektiv prævention. Du smugler bl.a. pessarer fra Europa til USA for at hjælpe Margaret Sanger i hendes arbejde med at udbrede mere effektiv prævention til kvinder i USA.

I 1937 dør din mor Josephine, og du arver mere end 10 mio. dollars – et meget stort beløb for den tid. Og i 1947 dør din mand Stanley, og han efterlader 35 mio. dollars (hvor en del dog gik til at betale arveafgift). Alt i alt er du nu en meget rig kvinde.

I 1953 møder du Gregory Goodwin Pincus. Han har siden 1951 arbejdet på at prøve at udvikle en type prævention, hvor man bruger hormoner. Men han mangler midler til at forske videre.

Du beslutter at hjælpe ham med hans forskning, og den 8. juni 1953 skriver du den første check på 40.000 dollars til projektet. Det er en mindre formue på den tid.



Rolle 2: Gregory Goodwin Pincus

Du bliver født i 1903. Du har 2 onkler, som arbejder med landbrugsforskning, og som inspirerer dig til at blive forsker.

Allerede tidligt i din karriere begynder du at studere hormonbiologi. Du bliver interesseret i, hvordan pattedyrs hormonsystem påvirker deres forplantningssystem. Allerede i 1934 er du i stand til at foretage en kunstig befrugtning på kaniner. Nogle bliver nervøse for, om det kan føre til kunstig befrugtning af mennesker.

Senere i din karriere begynder du at interessere dig for ufrivillig barnløshed (infertilitet).

I 1951 møder du sygeplejersken og kvindesagsforkæmperen Margaret Sanger til et middagsselskab. Du bliver fascineret af denne kvinde, som ved meget om, hvor farligt mange graviditeter og fødsler lige efter hinanden kan være for kvinder.

Margaret Sanger er medstifter af organisationen Planned Parenthood Federation of America (PPFA er en amerikansk familieplanlægnings-organisation). Her får du skaffet et mindre beløb, som gør det muligt for dig at begynde på at forske i prævention, baseret på hormoner. Du har nemlig allerede sammen med din kollega Min Chueh Chang fundet ud af, at hormonet progesteron kan hæmme ægløsning.

Men støtten fra foreningen PPFA er for lille til rigtigt at komme videre med din forskning. Her er det nødvendigt at finde en metode, hvor man kan indtage hormoner som piller. Dernæst er det nødvendigt med forsøg på mennesker for at se, hvordan medicinen virker.

Du vælger at spørge Margaret Sanger om hjælp i 1953. Margaret Sanger er godt bekendt med den rige kvinde Katherine McCormick. Det lykkes Sanger at skaffe 50 gange så mange penge fra Katherine McCormick, som du tidligere havde fået fra den amerikanske familieplanlægningsforening, PPFA. Nu kan du komme videre.



Rolle 3: Margaret Sanger

Du bliver født i 1879. Din mor når at få 11 børn. Hun gennemgår også 7 ufrivillige aborter. Da du er 19 år, dør din mor 50 år gammel af tuberkulose. Da din mor bliver begravet, anklager du din far for at være skyld i din mors død, fordi hendes mange graviditeter (18) har taget for hårdt på hende.

Tragedien med din mor får stor betydning for dine valg i livet. Du uddanner dig til sygeplejerske, og du bliver en af de få kvinder i samtiden, der kæmper for familieplanlægning og retten til at bruge prævention.

I 1914 begynder du at oplyse kvinder om, hvordan de kan sikre sig mod at blive gravide ved at bruge prævention.

I 1915 bliver du anklaget for at sende pessarer rundt til kvinder med posten.

I 1916 åbner du USA's første præventionsklinik i et af New York's fattige kvarterer. Men den bliver hurtigt lukket af myndighederne, fordi klinikken udbreder viden om prævention. Som straf får du 30 dage i et såkaldt arbejdshus.

I 1950 er du meget frustreret over, at det stadig er meget begrænset, hvad kvinder kan bruge af prævention for at undgå graviditet. Siden opfindelsen af pessaret i 1842 - og kondomet i fuld længde i 1869 - har der ikke rigtigt været fremskridt indenfor området prævention. Og selv om du har prøvet at promovere pessaret i årtier, så er der stadig mange kvinder, der synes, at det er for dyrt og for pinligt at bruge - selv om det er ret effektivt. Men du har ikke i sinde at give op, selv om du er over 70 år, og selv om dit helbred ikke er for godt. Lige siden 1912 har du drømt om en magisk pille, der kunne forhindre graviditet. En pille, der er lige så let at tage som en hovedpinepille.

Du er træt af at vente på videnskaben og medicinalindustrien. Så nu tager du sagen i egen hånd. Du bestemmer dig for at opsøge én, der kan hjælpe dig med projektet.

Og du lykkes i at finde en ekspert i menneskets forplantning. Det er forskeren Gregory Pincus. Du får ham overtalt, og nu er der så lige udfordringen at finde pengene til forskningen. Dem finder du hos en anden kvindesagsforkæmper, Katharine McCormick, som du kender. Hun vælger at støtte forskningen med et (for den tid) tårnhøjt beløb på 40.000 dollars.

Kort 1

Teknologi-
historie



Til sekretæren:

Du beder alle i gruppen om at præsentere sig selv. Hvad har de af baggrund, og hvordan kan de bidrage til projektet?

Du læser denne tekst op for gruppen:

Prævention blev betragtet som upassende

I 1873 besluttede kongressen i USA at indføre en vedtægt, der senere blev kendt som "The Comstock Act". Den definerede prævention som uanstændigt og ulovligt. Den gjorde det også strafbart at udbrede

prævention via post eller på tværs af statslinjer. I staten Connecticut blev det også forbudt at bruge prævention som privatperson. Og gifte par kunne blive arresteret for at bruge prævention i deres egne soveværelser, og det kunne straffes med op til 1 år i fængsel.

I 1916 blev loven lempet, bl.a. takket være Margaret Sanger's oprør, og det blev nu tilladt for kvinder at bruge prævention af terapeutiske grunde. Og i 1936 blev det muligt for læger at distribuere prævention på tværs af statsgrænser. De måtte altså sende prævention til borgere i alle stater, og det banede vejen for at gøre familieplanlægning og brug af prævention lovligt.

Kort 2

Teknologi-
historie



I er enige om, at det kan være en god idé at udvikle en præventionspille til mennesker. I ved, at man kan stoppe ægløsning med progesteron. Men I har endnu ikke fundet en metode, hvor man kan give medicinen som pille.

Så hvad er næste trin? Hvad gør I nu?

Kort 3

Teknologi-
historie



I har bestemt jer for at kontakte et lægemiddelfirma – helt konkret firmaet Searle. Firmaet Searle har nemlig været med til at udvikle en metode til at indtage hormoner i tabletter.

Hvordan vil I overbevise dem om, at det er en god idé at udvikle en p-pille?

Kort 4

Teknologi-
historie



Lægemiddelfirmaet Searle svarer jer, at de ikke vil være med – fordi de ikke ønsker at blive forbundet med udvikling af prævention.

Prævention er noget af det sidste, et farmaceutisk firma på den tid havde lyst til at blive involveret i.

Der var lovgivet om brug af prævention i 30 stater i USA, og disse love og vedtægter satte skrappe regler for, hvordan man måtte sælge og reklamere for prævention. Så prævention var ikke lige det mest oplagte at tjene penge på – set ud fra en medicinalvirksomheds synsvinkel.

Firmaet var også bange for, at en sådan medicin ville blive boykottet af den katolske kirke, som repræsenterede 25% af den amerikanske befolkning.

Endelig mente virksomheden Searle ikke, at der ville være et særligt stort marked for brugen af prævention. Det var ret utænkeligt, at kvinder ville tage en pille hver eneste dag bare for at undgå at blive gravide.

Hvad nu? Kan I få hjælp af Searle på en anden måde? Vil I overhovedet selv risikere jeres eget gode ry og rygte ved at forske videre i prævention?

Kort 5

Teknologi-
historie



I vælger at spørge, om I kan få adgang til at bruge Searle's metode med at indtage hormoner i pilleform - i forsøg på mennesker - uden at sige noget om, hvor metoden kommer fra.

Og Searle giver Gregory Pincus ret til at bruge metoden og teste på mennesker.

Hvem vil I vælge at teste på? Raske kvinder, syge kvinder, rige kvinder, fattige kvinder, kvinder i USA, kvinder uden for USA?

Kort 6

Teknologi-
historie



Beslutningen bliver at samarbejde med lægen John Rock. Han vælger, sammen med Gregory Pincus, at udføre forsøg i Puerto Rico. Her bliver forsøgspersonerne fundet på 67 familieplanlægningsklinikker, hvor mange fattige kvinder i forvejen får hjælp. Forsøgene bliver startet i 1956.

Hvor længe skulle der gå, før verden fik den første p-pille?

Se kort 7, når I selv har diskuteret spørgsmålet.

Kort 7

Teknologi-
historie



I 1960 kom den første p-pille på markedet under navnet Enovid.

Frem til 1965 mente man i flere stater i USA, at det var upassende at bruge prævention. Men i 1965 blev det en borgerret at bruge prævention.

Forskerne blev hyldet for deres indsats og bidrag til videnskaben.

Margaret Sanger nåede at fuldføre sit livsprojekt, inden hun døde i 1966. Et livsprojekt, der handlede om at sikre, at kvinder kunne få retten til at styre, hvornår de ønskede at blive gravide.

Katharine McCormick døde 92 år gammel i 1967. Mens hun levede, fik hun ikke en del af æren for opfindelsen af p-pillen, selv om det var hende, der økonomisk gjorde det muligt at udvikle den.