

EMDrive

Af

Christian Gade Jensen, Kristian Holst, Oluf Juul Hammarlund, Sebastian Munk Andersen, Martin Berger Schøn, Vuk Milinkovic, Sean Niclas Retbøll Larsen

Aalborg Universitet – København 2016

Teknoantropologi

1. Semester

P0 Projekt

Aalborg Universitet København
A. C. Meyers Vænge 15
2450 København SV



AALBORG UNIVERSITET

Indhold

Introduktion.....	2
Hvorfor kigge på EMDrive?.....	2
Hvad er EMDrive?.....	2
Problemformulering	5
Metode	6
Empiri.....	6
Generelt om kilderne.....	6
Satelite Propulsion Research Ltd., U.K	6
Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China	6
NASA Lyndon D. Johnson Space Center, Houston Texas.....	6
Institute of Aerospace Engineering, Technische Universität, Dresden, Germany	7
Teori.....	8
Thomas S. Kuhn	8
Karl Popper	8
Michael Polanyi & H. M. Collins.....	8
Fremgangsmåde	10
Redegørelse og kritik	11
Kilde 1	11
Kilde 2	12
Kilde 3	12
Kilde 4	13
Sammenholdt diskussion.....	15
Konklusion	16
Perspektivering.....	18
Litteraturliste.....	20

Introduktion

Denne rapport er udarbejdet på baggrund af projektforløbet på 1. semester på studiet Teknoantropologi under Aalborg Universitet København. Denne reflekterer det arbejde der blev udført gennem projektforløbet fra d. 1 til d. 25 september 2016.

Projektet skulle gøre brug af videnskabsteori som der indtil videre er blevet undervist i. Den har til formål at vise elevernes kompetencer indenfor erhvervelse, forståelse og anvendelse af videnskabsteoretiske begreber.

Emnet for dette projektforløb var for denne gruppes vedkommende rumfart. Gennem gentagne gruppemøder blev drøftet, hvad vi mere specifikt ville se nærmere på, og hvordan disse kunne anvendes i vores projekt. Gruppen diskuterede det omtalte MarsOne projekt, som søger at sende mennesker på Mars, med det formål at etablere en koloni. Omtalen gik på, at dette projekt essentielt set ville sende mennesker i døden, da det var en envejs mission. Senere i forløbet blev der dog opdaget artikler på nettet, omhandlende EMDrive, en brændselsløs fremdriftsmotor som virkede til at passe bedre.

Hvorfor kigge på EMDrive?

Gruppen valgte at skrive om EMDrive på grund af flere årsager. Teknologien dukkede op i forskellige medier på Internettet på grund af en udtalelse fra NASA, omhandlende en detaljeret rapport som de vil udgive senere på året (December 2016). Debatten blev meget kontroversiel, da det i disse medier blev drøftet hvorvidt teknologien beviste, at en meget anerkendt naturlov (Newtons 3. lov) var blevet modbevist. Efterhånden som gruppen kiggede nærmere på publikationer omkring EMDrive, blev det tydeligt at der ikke var tale om et opgør med en naturlov, men at det interessante var de forskellige målinger der blev opnået, samt at der ikke umiddelbart var overensstemmelse i disse eksperimenter. Dette koblet med at opfinderen Roger J. Shawyer, som er ingeniør, forklarer at motoren benytter sig af klassisk fysik, men alligevel formår at perplekse fysikere.

Hvad er EMDrive?

I slutningen af 1980'erne arbejdede Roger J. Shawyer under det britiske militær på et projekt omkring raketfremdrift. Her blev han stillet til opgave at skabe en ny fremdriftsmetode til raketter, hvilket var her idéen om EMDrive oprindende. Han havde fået besked fra sine øverstbefalende at *"Tænke det utænkelige."*¹ EMDrive blev dog ikke videre undersøgt i denne omgang. Det var først senere, da han valgte at arbejde indenfor rumfartsindustrien, at Shawyer genoptog idéen om EMDrive, denne gang under virksomheden Satellite Propulsion Research Ltd.

Teknologien anvender ifølge Shawyer klassisk fysik til at skabe fremdrift i et isoleret hulrum grundet måden hvorpå mikrobølger reagere i et tilspidset emne. Nedenfor ses en simpel figur taget fra Shawyer egen rapport hvor motoren ses simplificeret. Her ses de to overordnede komponenter nemlig hulrummet og 'magnetronen' (Mikrobølge generatoren).

¹ Interview med Roger J. Shawyer [URL (14/09/2016): www.emdrive.com]

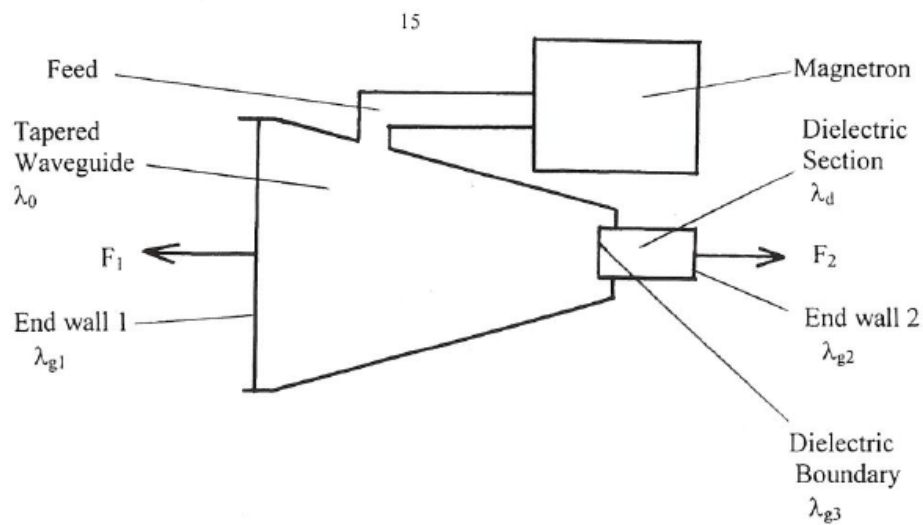
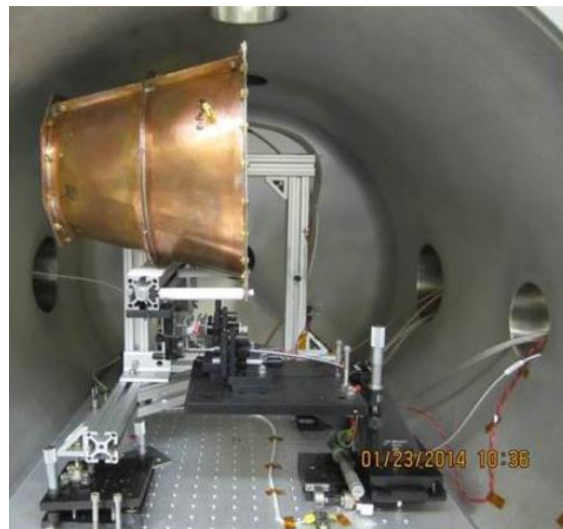


Fig 1 Conceptual design of the experimental thruster.

U.K Rapport

Sidstnævnte producere mikrobølger som fodres til hulrummet hvor disse skaber resonans grundet længden af dette hulrum. På grund af hulrummets form forekommer der forskellig strålingstryk i enderne som forårsager fremdrift.



U.S.A Rapport, Side 6 - Figur 7

Shawyers EMDrive koncept gør brug af en tilspidset bølgeleder, med en cylindrisk di elektrisk² sektion for enden. Dette skaber en ulig hastighed af bølgerne i hver ende af mekanismen. Mekanismen er drevet af en 50 Hz Magnetron som vha. et feed transportere mikrobølge igennem en tilspidset bølgeleder ind i

² <https://global.britannica.com/science/dielectric>

mekanismens hulrum. Raten af momentumskift på hver endevæg er forskellig, dermed også kraften, F_1 og F_2 (Se figur 1).

Bølgelederen er designet således at den er resonans³ på den opererende frekvens og derfor er differencen i kraften ganget med Q (cavity/hulrum) af mekanismen, hvilket giver en brugbar resultatbar kraft på thrusteren⁴.

³ **Resonans** opstår, når et system udsættes for en påvirkning med en frekvens, som svarer til systemets egenfrekvens (til tider også kaldet resonansfrekvens eller naturlige frekvens). Derved sættes systemet i svingninger, som kun dæmpes svagt, og der kan ophobes en stor energi i systemet, der kan medføre ekstreme udsving.

⁴ *Kinesisk Rapport*, s. 7-14

Problemformulering

Der har gennem en længere periode i den nomineret tid været besvær med at komme en problemformulering nærmere. Følgende er den endegyldige problemstilling.

”Hvad kan der være forbundet med replikation af eksperimenter? Mere specifikt, hvad kan være årsagen bag de forskellige målinger opnået i eksperimenter med EMDrive? Kan dette forklares ud fra en videnskabsteoretisk analyse?”

Metode

Her forklares begrundelsen for valg af vores empiri samt teori og efterfølgende fremgangsmåden. Der er her fokus på at få et sammenhæng mellem disse for at tydeliggøre 'den røde tråd' i projektet.

Empiri

Siden valg af emne og en nærmere problemformulering, er der blevet søgt efter relevant empiri med det formål at underbygge vores problemstilling. Gennem dette har vi søgt gennem Aalborg Universitetsbibliotek men har haft svært ved at finde rapporter indenfor netop dette emne. Vi søgte da bredere ved at anvende Googles søgemaskine. Det har igennem denne søgning været vigtigt at spore kilderne tilbage for at sikre validitet. Dette resulterede i at der blev fundet adskillige pålidelige kilder som resulterede i følgende empiri.

Generelt om kilderne

Vi mener at disse kilder er tilpas forskellige i form af deres tilgang til EMDrive hvilket afspejles i deres geografi (England, Kina, U.S.A og Tyskland) og tilpas ens fordi det netop er samme emne de alle undersøger. Dette giver et nuanceret billede af samme emne som vi mener kan være relevant i forhold til at se forskelle men også overensstemmelser. Herudover bliver der krydsrefereret imellem de udvalgte kilder.

Satelite Propulsion Research Ltd., U.K

Technical report on the experimental microwave thruster – Roger J. Shawyer, September 2002.

Denne virksomhed som er baseret i England forsker i fremdriftsteknologier til satellitter, som deres navn hentyder. Opfinderen af EMDrive, Roger J. Shawyer er ejer af denne virksomhed og udvikler videre på denne teknologi og herigennem fandt vi denne frigivet rapport. Rapporten beskriver teorien bag konceptet, Shawyers design koncepter samt resultater af hans forsøg. Rapporten blev udgivet i år 2012, og reflekterer hvad virksomheden har arbejdet på dengang i samarbejde med opfinderen. Dette gør denne kilde meget væsentlig, da den er med til at give et specielt syn på teknologien og de eksperimenter virksomheden har udført. Herefter refereret til som *U.K rapport*.

Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China

Prediction and experimental measurement of the electromagnetic thrust generated by a microwave thruster system - Yang Juan, Wang Yu-Quan, Ma Yan-Jie, Li Peng-Fei, Yang Le, Wang Yang & He Guo-Qiang, 2013.

Rapporten er hovedsageligt skrevet af en af de medvirkende forskere på projektet, Yang Juan, som også arbejder for universitetet. Holdet har haft et unikt syn på EMDrive, da disse omhandler de mere tekniske aspekter af motoren indenfor matematik og fysik, og har et anderledes design end de andre grupper. Denne kilde er blevet valgt på dette grundlag, da den netop undersøger EMDrive på en meget anderledes måde. Herefter refereret til som *Kina Rapport*.

NASA Lyndon D. Johnson Space Center, Houston Texas

Anomalous Thrust Production from an RF test Device Measured on a Low-Thrust Torsion Pendulum - David A. Brady, Harold G. White, Paul March, James T. Lawrence & Frank J. Davies – Juli 2014

Her beskrives en test af levedygtigheden for brug af klassisk magnetoplasmadynamikker for at opnå fremdrift ved hjælp af så kaldt 'kvantevakuum virtuelt plasma'. Eagleworks Laboratory er specialister

indenfor den type målinger som er nødvendig for at måle fremdrift. Netop at dette laboratorie kan måle fremdrift helt ned i milinewton med et enkelt ciffer. Kilden er derudover relevant da denne er enormt troværdig grundet deres mange års erfaring indenfor rumfart. Herefter refereret til som *U.S.A Rapport*.

Institute of Aerospace Engineering, Technische Universität, Dresden, Germany

Direct Thrust Measurements of an EM Drive and Evaluation of Possible Side-Effects - M. Tajmar & G. Fiedler, 2015

Denne kilde er valgt grundet eksperimentets forsøg på at udelukke termiske og elektromagnetiske indflydelser specifikt, da dette i debatten var omdiskuteret som værende kilderne til de positive målinger. Derudover også rapportens resultater, at deres forsøg gav en måling hvor der var forventet en nul-måling og der refereres til samtlige valgte kilder. Herefter refereret til som *Tysk Rapport*.

Teori

I det følgende afsnit behandles ud fra den valgte empiri, valget af teori og begrundelse herfor. Teorien reflekterer at der i dette projekt skulle foretages en videnskabsteoretisk tilgang til vores emne med fokus på anvendelse af disse teorier.

Thomas S. Kuhn

Vi vil gøre brug af Kuhns faglige matrice⁵, med undtagelse af de *Metafysiske eller ontologiske forestillinger*, da disse baggrundsforudsætninger ikke kommer til udtryk i nogle af rapporterne fordi de har til formål, at undersøge og teste en fysisk håndterbar ny teknologi.

Symbolske generalisationer, der er logisk-formelle udtryk, der bruges om naturlove eller andre generelle relationer fx Newtons 3. Lov. Kendskab til disse symbolske generalisationer får forskere og videnskabsmænd, ifølge Kuhn, gennem uddannelse og eksemplarer.

"All physicists, for example, begin by learning the same exemplars: problems such as the inclined plane, the conical pendulum, and Keplerian orbits; instruments such as the vernier, the calorimeter, and the Wheatstone bridge. As their training develops, however, the symbolic generalizations they share are increasingly illustrated by different exemplars." – Kuhn, Thomas S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Enlarged (2nd ed.). University of Chicago Press p. 187.

Værdier, der er Kuhns kriterier for "god" videnskabelig opførsel og som indeholder specifikke videnskabelige normer og værdier.

Karl Popper

Induktionsproblemet er det problem der opstår når induktionsmetoden anvendes til at opnå en konklusion. Induktionsmetoden er en betegnelse for en logisk tankemåde der har til mål at kunne finde frem til en konklusion om et objekt eller hændelse ved at finde et mønster der dannes efter gentagende observationer. I videnskaben er det altså en metode der anvender observationelle studier.

Induktionsproblemet er så et problem der opstår i det filosofiske aspekt. I et induktivt eksperiment kan vi ud fra mange observationer konstatere noget som værende sandt, men det kan hurtigt ændre sig hvis ny viden tilføjer andre faktorer til disse. Problemet bliver derved at vi aldrig kan være sikre på at de resultater der findes er sande.

Ifølge David Hume er en af grundene til problemet det psykologiske aspekt, der har rod i at mennesker er vanedyr, hvis vi har konstateret noget som værende en bestemt måde flere gange i fortiden er vi tilbøjelige til at mene at det altid er sådan⁶

Michael Polanyi & H. M. Collins

Tacit knowledge eller 'tavs viden' er den viden der er svær/umulig at overføre via nedskrivning, verbal overførsel eller billeddannelse. Dvs. det er den viden der står kontra den eksplicitte viden. Eksplicit viden er

⁵ *The Structure of Scientific Revolutions*, Kuhn, Thomas S. (1970) Enlarged (2nd ed.) University of Chicago Press.

⁶ *Videnskabsteori for de biologiske fag*, s. 93

det man kan kalde for sten hårde facts. København er hovedstaden i Danmark, Sverige er en del af Europa osv. er altså eksPLICIT viden vi kan videreføre, og som kan forstås af modtageren.

Polanyi mente at, al viden har personlige og tavse elementer, hvilket gør det umuligt at gøre den eksPLICIT. Så det bunder ud i at vi ved mere end vi kan fortælle - *"we know more than we can tell"*⁷.

To modeller omkring overførsel af videnskabelig viden

H.M. Collins snakker om to modeller i hans publikation⁸ "The Seven Sexes: Study in Sociology of a Phenomenon, or Replication of Experiments in Physics"

The algorithmical model

Den første model antager, at viden kan reduceres ned, ligesom et program til en computer. Således er der begrænsede entydige anvisninger, der kan formuleres, videreføres og hvis disse er korrekt fulgte, vil det være muligt for en fysiker at kopiere en anden fysikers eksperiment. Denne proces kalder Collins for algoritmisk.

Så ifølge denne algoritmiske model, forventer man, at videnskabsmænd der gerne vil replicere et forsøg, søger efter denne form for algoritmiske informationer, følger disse og dermed også får samme resultater. Hvis dette ikke er tilfældet, ligger skylden i, at den algoritmiske reducere af informationerne ikke er korrekt gennemført. Dermed følger det, at man skal se på hvilke årsager der kunne have forårsaget at denne reducere ikke blev gennemført korrekt.

The enculturational model

Den anden model går ud fra at betydningen af 'eksakt kopi af originalen' i sig selv er problematisk. Forslaget at to kopier er de 'samme', forudsætter en kulturel begrænsning som Collins mener har en indflydelse for hvert eksperiment.

Der findes uendelige algoritmer og ingen 'formel' måde at vælge den rigtige på (hvis der er en rigtig). At tænke i disse vilkår bliver 'problemet' det, at kunne forklare de vellykkede eksperimenter fremfor de mislykkede.

"The inculturational model fits many of the findings of previous studies better than the algorithmical model. For instance, in the laser study, it was found that a scientist who was to learn to build a successful copy of a laser nearly always built one. Written sources including internal laboratory reports, were never (in this study) sufficient, nor was contact with a 'middle man' who had seen and talked about the laser but had not built a copy himself. Furthermore, even prolonged interaction with a successful scientist was not a sufficient condition for the transfer of knowledge." – H. M. Collins

For at samle op: den eneste måde en videnskabsmand kan vide om han har viden nok til at replicere et eksperiment, er at lave en tilnærmelsesværdig kopi der tæller som 'virkende'. I de fleste videnskabelige felter er dette umiddelbart synligt.

⁷ M. Polanyi (1966)

⁸ H. M. Collins (1975)

Fremgangsmåde

Opfylder rapporterne Kuhns teorier om hvad udgør saglig videnskab i form af hans matrice? Dårligt udførte rapporter/eksperimenter kan lede til vidt forskellige resultater når disse repliceres.

Symbolske generalisationer indikeres en masse bagvedliggende viden som der ikke direkte kan ses. Dette kan vise sig at være et "tab af viden" rapporterne imellem.

Redegørelse og kritik

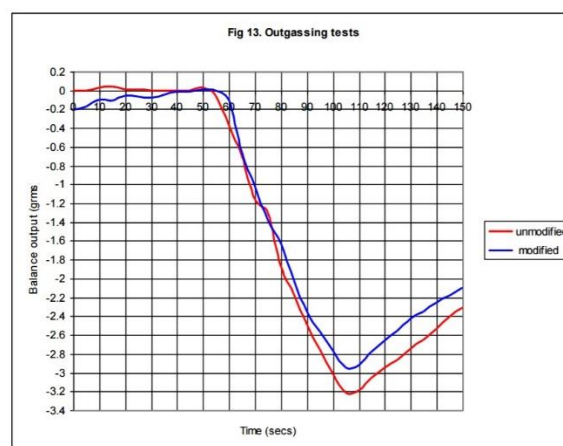
Følgende afsnit omhandler behandling af udvalgte kilder ift. deres indhold og deres validitet. Der vil her blive redegjort følgende

- Eksperimentets opsætning
- Fejlkilder
- Eventuelle forudsigelser om resultat
- Eksperimentets resultater
- Mulige holdning til teknologien

Kilderne gennemgås én af gangen for bedre at indramme hver kilde men samtidig også give et samlet overblik over de valgte kilder. Derudover kigges der også på rapporternes valg af kilder for at se om disse giver tilstrækkeligt grundlag for anvendelse heraf. Dette gøres iht. afgrænsning omkring tekniske detaljer anvendt i disse kilder. Det forventes at alle rapporternes kildevalg er retfærdiggjort og relevante da disse rapporter alle stammer fra anerkendte institutioner.

Kilde 1

I sine forsøg tog Shaywer højde for påvirkninger som b.l.a. varme udledt fra magnetronen, og dermed også varm luft inde i mekanismen som ville udvide sig og slippe ud ('Outgassing'), mekanismens ventilator, samt påvirkninger fra jordens magnetfelt. Han konkluderede ud fra sine forsøg at de eneste af disse faktorer som have nogen indflydelse var det så kaldte 'Outgassing'. Ved at modificere mekanismen med et stykke tape som skulle modvirke denne process, stillede han to forsøg op, én med modificering og én uden for at se påvirkningen (se figur 13).



Shawyers test bekræfter hans teori, og han konkluderer derfor at mekanismen kan være brugbar som en måde at skabe fremdrift i vakuum uden brændstof.

Kilde 2

EMDrive prototyperne som er beskrevet i *Kina Rapporten* skiller sig en smule ud fra Shawyers koncept, selvom at de følger de samme grundprincipper. Til forsøgene blev der bygget to mekanismer. Lige som Shawyers koncept har mekanismerne en magnetron, waveguiders og et cavity. Dog skiller de sig ud da hhv. den ene er åben ud til atmosfæren, for at lede varme ud, mens den anden er lukket med et såkaldt 'matched load'⁹ (se nedenstående figur 2). Dette betyder at hhv. den første mekanisme udleder nogle af de elektromagnetiske bølger ud i atmosfæren, som hermed går tabt, mens den anden reflekterer dem, samt udleder varme gennem en radiator.

Noget andet som adskiller sig fra Shawyers originale forsøg er, at der ikke er noget i rapporten der tyder på at forsøgene er blev lavet i et vakuum. Herudover er der ved forsøget også brugt et 'force-feedback thrust stand' (se nedenstående figur 2), som mekanismen bliver monteret på. Dette er med til at balancere den, for at mindske fejlkilder.

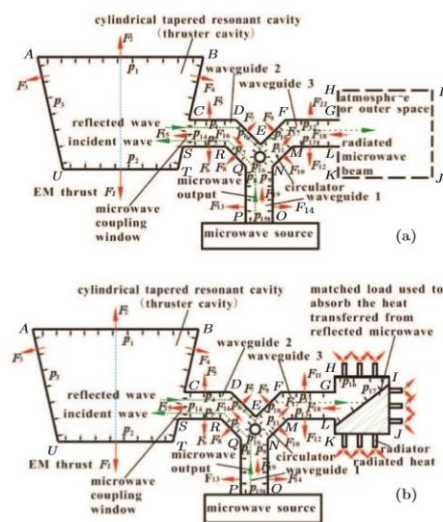


Fig. 1. (color online) Microwave thruster systems with (a) reflected microwave radiating to atmosphere or outer space and (b) reflected microwave energy being transferred to heat which is radiated to atmosphere or outer space through a matched load.

Figur 1 - Kilde 2 s. 2 (Figur 1)

Lige som ved Shawyers forsøg, var det muligt at bevise fremdrift vha. elektrisk energi fra mikrobølger. Når magnetens output var på mellem 80 og 2500W, var den elektromagnetiske fremdrift på 80 mN til 720 mN. Den mest effektive fremdrift blev målt til at være 270 mN med et watt input på 300W¹⁰. Ud fra dette konkludere de at Shawyers teori og koncept holder, og at mekanismen producerer elektromagnetisk fremdrift.

Kilde 3

Rapporten beskriver en test af levedygtigheden for brug af 'magnetoplasmadynamics'¹¹ for at opnå fremdrift ved hjælp af så kaldt 'kvantevakuum virtuelt plasma'. Til forsøgene blev der brugt et 'Radio

⁹ <http://thesciencedictionary.org/matched-load/>

¹⁰ *Kinesisk Rapport* s. 8, 'Conclusion'

¹¹ <http://www.nasa.gov/centers/glenn/about/fs22grc.html>

Frequency (RF) resonant cavity¹².

Til forskel for de kinesiske forsøg, men lige som i Shawyers, blev forsøgene i denne rapport udført i vakuum. For at simulere det tryk der er ude i rummet har de anbragt maskinen i et test kammer. I test kammeret er der pumper som sørger for at reducere presset fra miljøet omkring den (se nedenstående figur x)

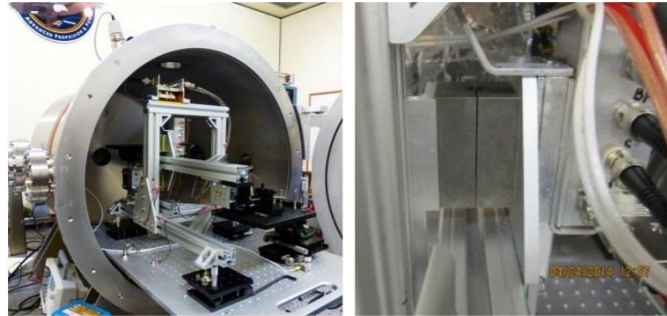


Figure 1. Torsion Pendulum, Vacuum Chamber, and Linear Flexure Bearing

U.S.A Rapport s. 3

I rapporten beskriver de hvordan de ved forsøgene tog højde for geografiske forstyrrelser, som kunne påvirke resultater. Dette var b.l.a. alt fra medarbejder der gik forbi, elevatorer og seismisk aktivitet skabt af bølger fra den Mexicanske golf.

Ved forsøgene blev der målt et peak thrust på op mod 91 mN, ved 17 W. Til forskel for de to andre rapporter som målte fremdrift, konkluderede de dog ikke at forsøgenes resultat var produceret af et elektromagnetisk fænomen, men nærmere af 'kvantevakuum virtuelt plasma'¹³.

Kilde 4

Prototypen fra den Tyske Rapport er meget ens med den fra U.K Rapporten, da den blev udviklet i samarbejde med Roger Shawyer.

Den tyske prototype (se nedenstående figur) blev testet inde i et vakuum kammer, for at undersøge de mulige bivirkninger ved korrekt termisk og elektromagnetisk afskærmning.

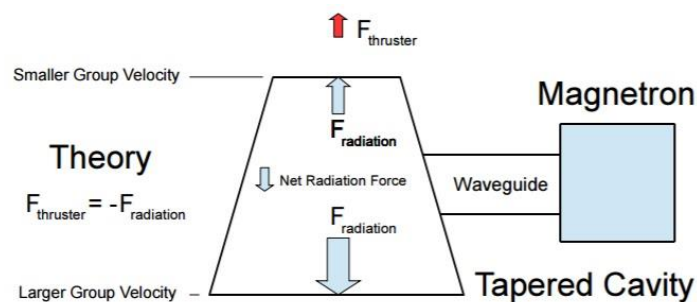


Figure 1. EMDrive Concept.

Tysk Rapport s. 2

¹² <https://home.cern/about/engineering/radiofrequency-cavities>

¹³ Kvantevakuum virtuelt plasma bliver nævnt to gange i introduktionen, men ikke yderligere i rapporten. Det var ikke muligt at finde nogle saglige kilder som beskrev dette fænomen på nettet.

Forsøgene blev udført for at efterprøve EMDrive resultaterne med forbedrede metoder og apparatur¹⁴. Deres målinger afviger fra de forventede resultater med +/- 20µN grundet deres mindre hulrum.

De vurderede selv at der var for mange fejlkilder der kunne spille ind, som ville påvirke resultatet. Bl.a. observerede de hvordan det elektromagnetiske fremstød langsomt faldt efter de slukkede for strømforsyningen, hvilke kunne tyde på at varmen produceret under forsøget har haft indflydelse på det meget fine måle apparatur. Udover det producerede mekanismen også fremstød i retninger som den slet ikke skulle. Derudover fandt de interaktion mellem strømkabler og kontakter i deres apparatur, og deres målinger. Derudover producerede deres EMDrive mekanisme fremstød i retninger som den ikke skulle, og forskellige ændringer på position og balance viste ikke at have den indflydelse på fremstødet, som det skulle.

¹⁴ Tysk rapport, introduktion (s. 1)

Sammenholdt diskussion

Når vi skal diskutere de 4. rapporter, gør vi det ud fra de overordnede resultater som der kan tolkes på, med vores afgrænsning i sigte da der i rapporterne anvendes et svært forståeligt resultatsæt. Her sammenholder vi kort de resultater som vores kilder er kommet frem til, og forsøger derigennem at se tendenser. Følgende er en kort opsummering af disse.

Rapport	Opstilling	Fejlkilder
Kilde 1 (U.K.)	- Ikke-vakuum - Målemetode: Beam balance & load cell - Hulrummets form: Tilspidset	'Outgassing'
Kilde 2 (Kina)	- Ikke-vakuum - Målemetode: Force-feedback thrust stand - Hulrummets form: Tilspidset - Mikrobølger forgrenet	
Kilde 3 (U.S.A)	- Vakuum - Målemetode: Torsion Pendulum - Hulrummets form: Cannae, tilspidset	Seismisk aktivitet
Kilde 4 (Tyskland)	- Vakuum - Målemetode: Beam balance - Hulrummets form: Tilspidset	Induceret spænding i flydende kontakter.

Konklusion

Det kan være svært for videnskabsmænd at forholde sig objektivt når der er tale om så banebrydende en teknologi som denne. Ønsket om at få denne teknologi til at virke kan måske overskygge nogle tiltag som videnskabsmændene må foretage i deres eksperimenter eller kan sætte dem i en bestemt "*state of mind*" som så kan påvirke eksperimentet, målingerne eller resultatet. Derfor bliver de også nødt til at opretholde en professionel tilgang til videnskaben og de gode, etiske videnskabelige værdier.

De fire rapporter benytter sig af en masse symbolske generalisationer, bestående af fysiske og matematiske udtryk, til at undersøge og forklare den teknologi de forsker i. Eksempler kan være med til give forskere "de samme briller" hvormed de kigger på emner, løsninger og problemer. Dette kan være med til at give dem et meget ens syn og derved se problemer meget ens. Men grundet kulturelle forskelle kan eksemplarerne tolkes forskelligt hvilket kan påvirke overførelsen af viden.

Den mest relevante kilde at kigge på ift. at neddrage viden overførsler er fra vores 4. Kilde, rapporten fra de tyske ingeniører. Her kan vi tillægge 'the enculturational model' fra Harry Collins. Dette kan vi gøre i forhold til den brug de gør af EMDrives opfinder, Roger Shawyer, som også er forfatteren til vores 1. Kilde. De nævner ham i deres abstrakt til rapporten "... in close cooperation with EMDrive's inventor..." og senere også i del 2 af rapporten omkring deres design af deres EMDrive: "We iterated our design several times by consulting with R. Shawyer to be as representative as possible." de har altså rådført sig med opfinderen, for at skabe en så nøje kopi som muligt, dette fremmer deres empiriske argument for deres forsøg og rapport. Derudover nævner de i introduktionen til deres rapport også vores to yderlige kilder, kilde 2: Kina rapport, og kilde 3: rapporten fra U.S.A. Ud fra kilderne konkluderer de, at alle tidligere målinger på EMDrives, fra samtlige af de 3 kilder, kan have visse "side-effects". Her kigger de blandt andet på at testene har foregået i den normale luft, som de mener kan lede til nogle fejlmålinger. F.eks. i form af konvektionsstrømme af luft eller opdrift af thrusteren ved hjælp af varme udgivet fra EMDrivet. De byggede deres eget EMDrive og evaluerede disse "side-effects", de tog målinger både med opsætning magen til Shawyer's tests og også NASA's.

På den måde opfylder de kravene for at gå under enkulturations modellen; de ser på vellykkede eksperimenter, prøver at forklare, fejlfinde og viderearbejde disse. De gør brug af tidligere videnskabsmænd, der tidligere har kreeret den samme maskine, samt gør de brug af rapporter fra to andre kilder. Dermed får de heller ikke en eksakt kopi af tidligere eksperimenter, men videreudvikler den tidligere viden.

I forhold til overdragelse af viden kan også ses på Kuhn's Symbolske generalisationer. Bag ved disse symboler ligger meget forud forstået viden som også påvirker videns overførsel. Alle rapporterne gør nemlig brug af fysiske og matematiske udtryk til at undersøge og forklare den teknologi de forsker i.

Et godt eksempel er rapporten fra College of Astronautics. Foruden en lille introduktion og konklusion består den primært af symbolske generalisationer der gør det muligt for andre videnskabsmænd inden for det samme felt, at efterprøve deres forsøg.

Alligevel har forskerne ikke brugt det helt samme udstyr til at teste teknologien.

Shawyer lavede sin egen (jf. Kilde nr. 1 s. 15), Yang Juan og hans hold fra College of Astronautics lavede deres egen (jf. Kilde nr. 2 s. 1), NASA lavede deres egen, og lader til at have haft noget udstyr ingen af de andre forskere har haft, nemlig en Torsion Pendulum og en Low-thrust Propulsion tester, som er i stand til at måle fremdrift helt ned til encifrede micronewtons (jf. Kilde nr 3. s. 2), og M. Tajmar og G. Fiedler fra Institute of Aerospace Engineering lavede deres egen (jf. Kilde nr. 4 s. 2)

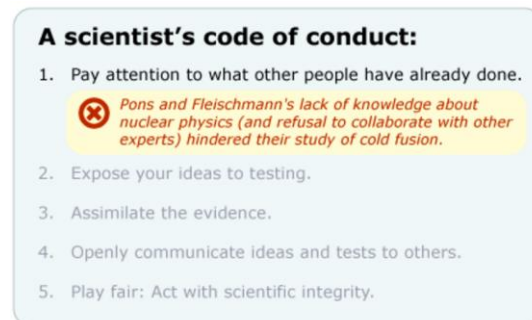
Alle de forskellige laboratorier har lavet deres egen EMDrive og alle har testet teknologien ud fra mere eller mindre forskelligt udstyr, kan også være en af de primære grunde til, at forskerne får forskellige resultater.

Perspektivering

De kontroverser der er opstået efter, at man har offentliggjort EM-drivet og dets potentiale til at bryde videnskabelige normer, minder i stor grad om de kontroverser der opstod i 1989, da kemikeren Martin Fleischmann og elektrokemikeren Stanley Pons offentliggjorde deres på det tidspunkt, udokumenteret påstand om, at de havde opnået kold fusion ved stuetemperatur. Selvom at man stadigvæk i dag ikke har formået at opnå kontrolleret Kold Fusion, som udleder konstant energi, er der stadigvæk paralleller at drive til EM-drivet og den problematik der potentielt set kan skabe revolt i den videnskabelige verden.

“ At kunne balancere mellem at være skeptisk og åbensindet i videnskabens verden er afgørende for det endegyldige resultat”

Kold Fusion var dengang et emne der fyldte meget i videnskabens verden, det var dog ikke selve kemien der var hovedpersonen, men den videnskabelige process, som mange mener fejlede fra dag et. Processen gør sig gældende i al videnskab, og det er også den der skaber de etiske rammer for hvordan videnskabelige



idéer kan udfolde sig på demokratisk vis.

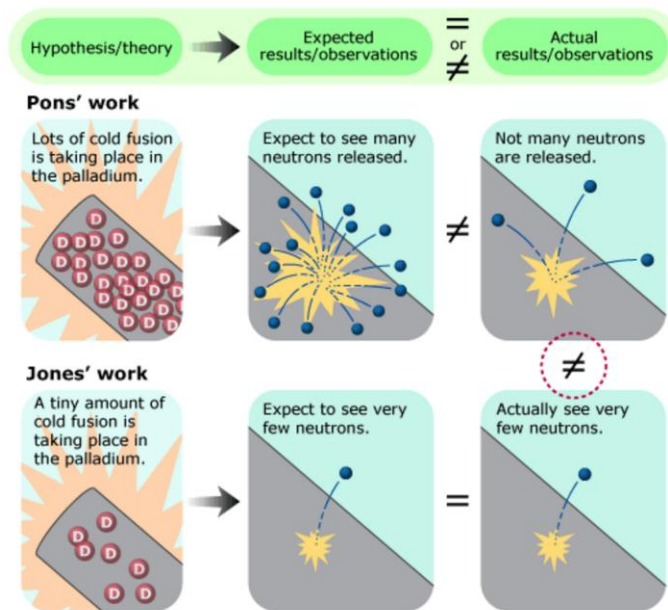
Som vist i figur.1* brød Martin Fleischmann og Stanley Pons samtlige punkter. Dette er ikke usædvanligt skal det dog påpeges¹⁵, og selvom man godt kan vælge at være kritisk overfor de involveredes morale, skal man dog kigge lidt nærmere på hvorfor dette skete. “Scientific Credit” eller på dansk “Videnskabelig Anerkendelse” er en usynlig drivkraft, der ofte gør at videnskabsmænd vælger at reagerer for tidligt. Det er her hovedparrallelen drives. Anerkendelsen samt muligheden for at få patent på ens opfindelse, gør at videnskabsmænd gennem hele verden der arbejder på at udvikle den samme teknologi, har et **“incentive”** som selvfølgelig har sine fordele, men ulemperne er ofte dem der dominerer.¹⁶

Em-Drive går gennem nogle af de samme faser. Selvom teknologien bliver omtalt meget i videnskabsverdenen, er mængden af forskning meget begrænset. Manglen på samarbejde mellem nationer, kan også have sine konsekvenser, som man så i Kold Fusion sagen¹⁷.

¹⁵ <http://www.nature.com/nmat/journal/v1/n3/full/nmat756.html>

¹⁶ <http://yclept.ucdavis.edu/course/280/Schoen.Yin.pdf>

¹⁷ http://undsci.berkeley.edu/article/0_0_0/cold_fusion_04



Litteraturliste

Yang Juan, Wang Yu-Quan, Ma Yan-Jie, Li Peng-Fei, Yang Le, Wang Yang & He Guo-Qiang - *"Prediction and experimental measurement of the electromagnetic thrust generated by a microwave thruster system"*, College of Astronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China , - Chin.Phys.B Vol.22,No.5(2013)

URL (14/09/2016): <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1674-1056/22/5/050301/meta>

Roger J. Shawyer – *"Technical Report on the Experimental Microwave Thruster"*, Satellite Propulsion Research Ltd 2002

URL (14/09/2016): <http://www.emdrive.com/FeasibilityStudytechnicalreportissue2.pdf>

M. Tajmar & G. Fiedler – *"Direct Thrust Measurement of an EM Drive and Evaluation of Possible Side-Effects"*, Institute of Aerospace Engineering, Technische Universität Dresden, 01062 Dresden, Germany

URL (14/09/2016): https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/ilr/rfs/ressourcen/dateien/forschung/folder-2007-08-21-5231434330/ag_raumfahrtantriebe/JPC---Direct-Thrust-Measurements-of-an-EM-Drive-and-Evaluation-of-Possible-Side-Effects.pdf?lang=en

David A. Brady, Harold G. White, Paul March, James T. Lawrence, Frank J. Davies – *"Anomalous Thrust Production from an RF Test Device Measured on a Low-Thrust Torsion Pendulum"*, NASA Lyndon B. Johnson Space Center, Houston Texas 77058

URL (14/09/2016): <http://www.libertariannews.org/wp-content/uploads/2014/07/AnomalousThrustProductionFromanRFTestDevice-BradyEtAl.pdf>

Baron, Christian. *Naturhistorisk videnskabsteori – Paradigmer og kontroverser i evolutionsteorien*. 1. Udgave 2004 s. 21.

Kuhn, Thomas S. – *"The Structure of Scientific Revolutions"* (2nd ed.) (1970) University of Chicago Press

URL (14/09/2016): www.emdrive.com

H. M. Collins – *"The Seven Sexes: A Study in the Sociology of a Phenomenon, or the Replication of Experiments in Physics"*, *Sociology* Vol. 9, No. 2 (May 1975), pp. 205-224

Definition: Dielectric

URL (22/09/16): <https://global.britannica.com/science/dielectric>

<http://thesciencedictionary.org/matched-load/> 20/09/16

<https://home.cern/about/engineering/radiofrequency-cavities> 23/09/16

Hanne Andersen, Claus Emmeche, Michael Norup, Peter Sandøe - *Videnskabsteori for de biologiske fag*, Biofolia 7 opslag, 2016

Michael Polanyi – *"The Tacit Dimension"*, Doubleday & Co, 1966.

The sun in a test tube: the story of cold fusion, Harry Collins, Cambridge university press, 1993

*Forfattere – *"titel"*, forlag, år, sidetal

**Overskrift, forfatter/journalist, URL (Dato): [url]