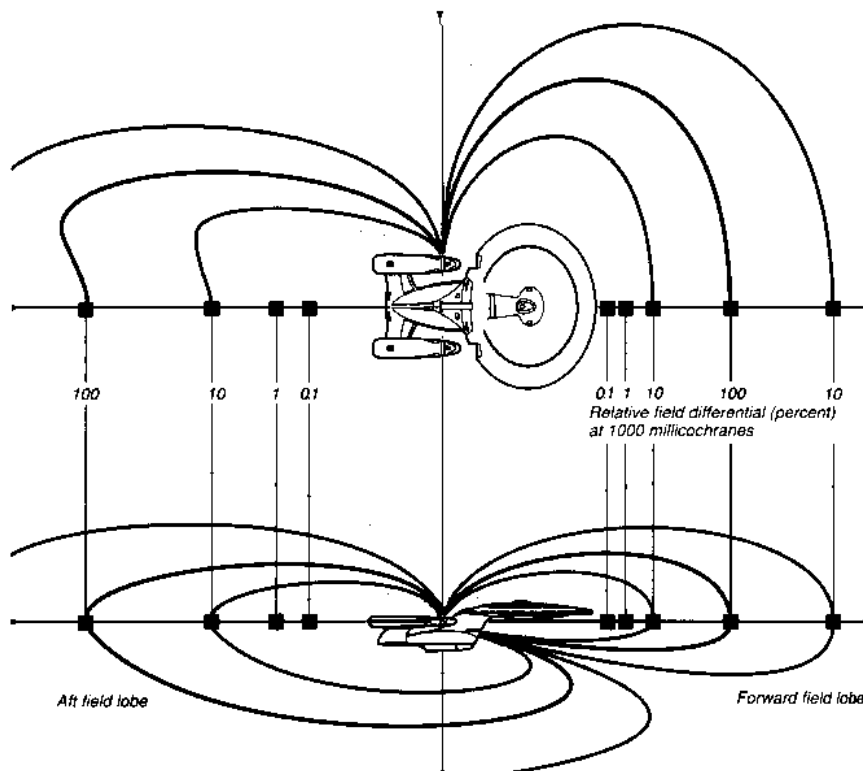


## Warpfelt-teori for begyndere

af Bertil Dorch

Er det mon muligt at bevæge sig hurtigere end lyset gennem rummet? Svaret er nej! Derimod er det i princippet muligt at manipulere rummet selv (eng. "to warp"), således at rummet bevæger sig hurtigere end lyset! Dette er kernen i warpfelt-teori.

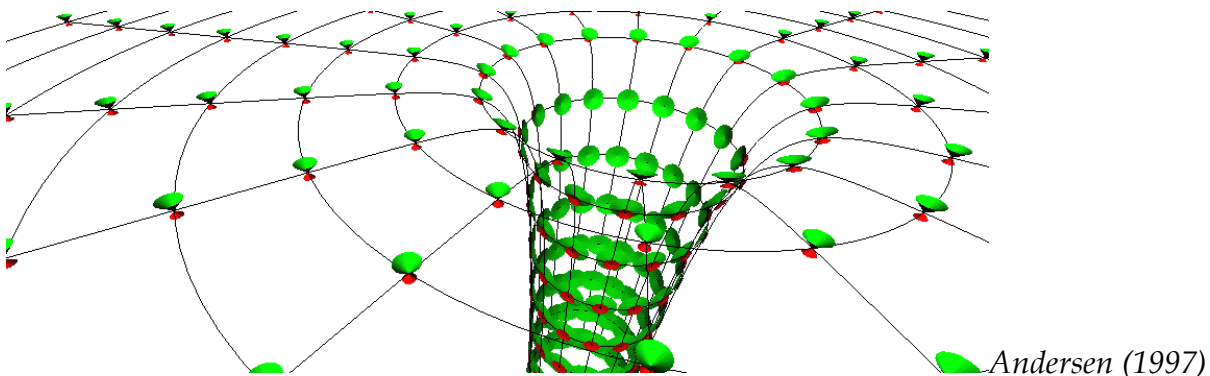
Det er ulideligt at "boldly to go where no one has gone before", hvis man skal gøre det med sneglefart. Heldigvis har Roddenberry & Co. opfundet "warp-drive", der gør det muligt at rejse mellem solsystemerne, uden at det tager flere generationer, f.eks. at tage på ferie på Risa (det ville give helt ny mening, til begrebet "familie-ferie"). Kort fortalt virker Dr. Cochranes warpdrive i Star-Trek ved en reaktion mellem stof og anti-stof, nærmere bestemt mellem tungt brint og dets anti-partikel, der stabiliseres vha. et stof kaldet dilithium. Dilithium skal forhindre, at anti-stoffet annihilerer rumskibets atomer, og der opstår brud på warp-kernen (eng. "warp-core breach"). Denne warp-motor producerer energi, der bruges til at skabe et warp-felt omkring rumskibet: Warpfeltet er en ændring af rummets form, der bruges til at drive de rejsende fremad, f.eks. ved at rummet forkortes foran skibet og strækkes ud bagved det. På den måde kommer man nærmere sit mål og længere bort fra sin afrejsestation.



Sternbach & Okuda (1991)

Ifølge Einsteins Specielle Relativitetsteori, er der en absolut øvre grænse for hastigheder, nemlig lysets fart i vakuum kaldet  $c$ , som i Star-Trek er kendt som "Warp-1" ( $c$  er cirka

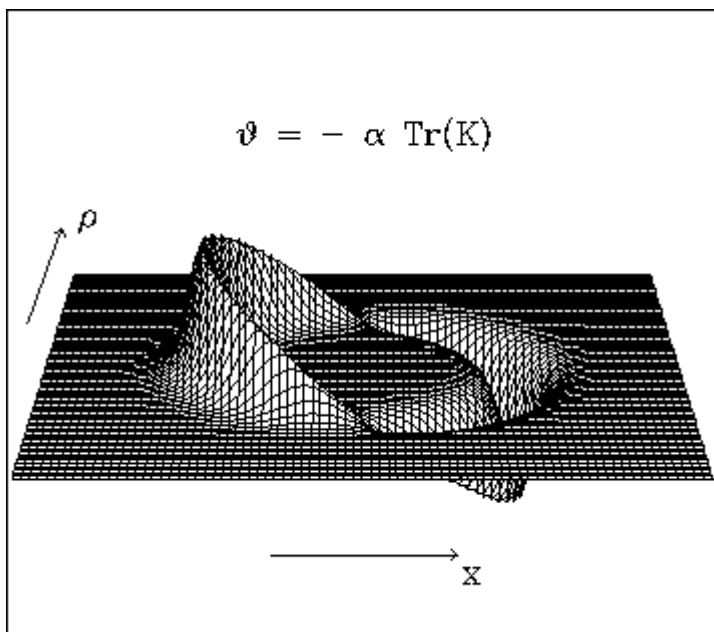
300.000 km/s). Ingen information (materie eller energi) kan bevæge sig hurtigere end dette. Ydermere er det eneste, der kan opnå denne maksimumsfart masseløse partikler, som f.eks. fotoner (dvs. elektromagnetisk stråling). Forsøger man at accelerere ting, der vejer noget til hastigheder tæt på  $c$ , løber man ind i alle mulige spændende effekter: Set fra Jorden vil hurtige rumskibe blive tungere og kortere, og ure ombord vil tikke langsommere end på Jorden. Disse effekter kan efterprøves og viser sig at være ganske virkelige. I Einsteins forsættelse til relativitetsteorien, den Almene, eller Generelle Relativitetsteori, viser det sig at ikke blot legemers masse  $M$  og energi  $E$  er et fedt (pga. at  $E = m c^2$ ), men at legemers masse også krummer rummet – eller rettere at rummets krumning er ækvivalent med masse. Lokalt, på lille skala, eller langt væk fra tunge legemer er rummet fladt, dvs. uden krumning, og lys bevæger sig i rette linier. Nærmer man sig et tungt legeme som f.eks. Solen, krummes rummet og lys fra en bagvedliggende stjerne vil blive afbøjet af den "bule", som Solen laver i rummet. Denne effekt er også helt reel og afprøvet.



I den Generelle Relativitetsteori er lys-hastigheden  $c$  kun en lokal hastighedsgrænse. Fidusen med warpfelter er, at da det er rummet lokalt rundt om rumskibet der ændres, behøver man ikke flyve med over-lyshastighed! Man kan stå stille, eller flyve med lav hastighed, mens en bølge af warpfelt (krumt rum) omkring skibet, bærer det med – afsted gennem galaksen. Hastigheden afhænger kun af hvor meget energi, man har til at krumme rummet med! Det er måske overraskende for nogle, at virkeligheden lader til at være lige så "tosset" som fiktionen: Gene Roddenberry havde faktisk fat i den rigtige ende – det har nemlig vist sig, at Einsteins velprøvede relativitetsteorier tillader eksistensen af warpfelter – de såkaldte warpfelt-løsninger.

I 1994, i en kort artikel i det videnskabelige tidsskrift "Classical and Quantum Gravity", introducerede fysikeren Miguel Alcubierre, der dengang arbejdede med sorte huller på Wales Universitet i England teorien for det, der nu kaldes et "Alcubierre-warpdrive". Under titlen "The warp drive: hyper-fast travel within general relativity" beskriver han, hvordan man matematisk kan konstruere en løsning til Einsteins ligninger, der kan skubbe et rumskib fremad, i princippet med ubegrænset hastighed. Ved at strække rummet bagved skibet og trykke det sammen foran, kan rumskibet flyve gennem rummet, uden at det behøver accelereres op til relativistiske hastigheder (dvs. hastigheder nær  $c$ ). Dermed undgår man diverse relativistiske effekter. F.eks. vil man på rumskibets bro måle

samme rejsetid på sine ure som hjemme i hovedkvarteret på Jorden. Men... (for selvfølgelig er der et "men") Alcubierres warpfelt-løsning kræver, at energi-tætheden (dvs. antallet af Joule eller kalorier pr. volumen) skal være *negativ* visse steder i rummet omkring rumskibet! Da masse og energi er det samme, svarer dette til en vægt, der er *mindre* end nul! Præcis samme problem opstår i forbindelse med konstruktionen af ormehuller, og man siger ofte, at sådanne løsninger kræver at der eksisterer "eksotisk stof". Håbet er dog ikke helt ude, for kvanteteorien (som vor egen danske Niels Bohr stod fadder til) tillader faktisk, at der kan findes områder i rummet med sådanne egenskaber. Ikke desto mindre giver dette nogle problemer i forhold til at skulle bygge et Alcubierre-warppdrive: Det største potentielle problem er dog nok, at Alcubierres løsning antager, at rumskibet i centrum for warpfeltet ikke vejer noget!

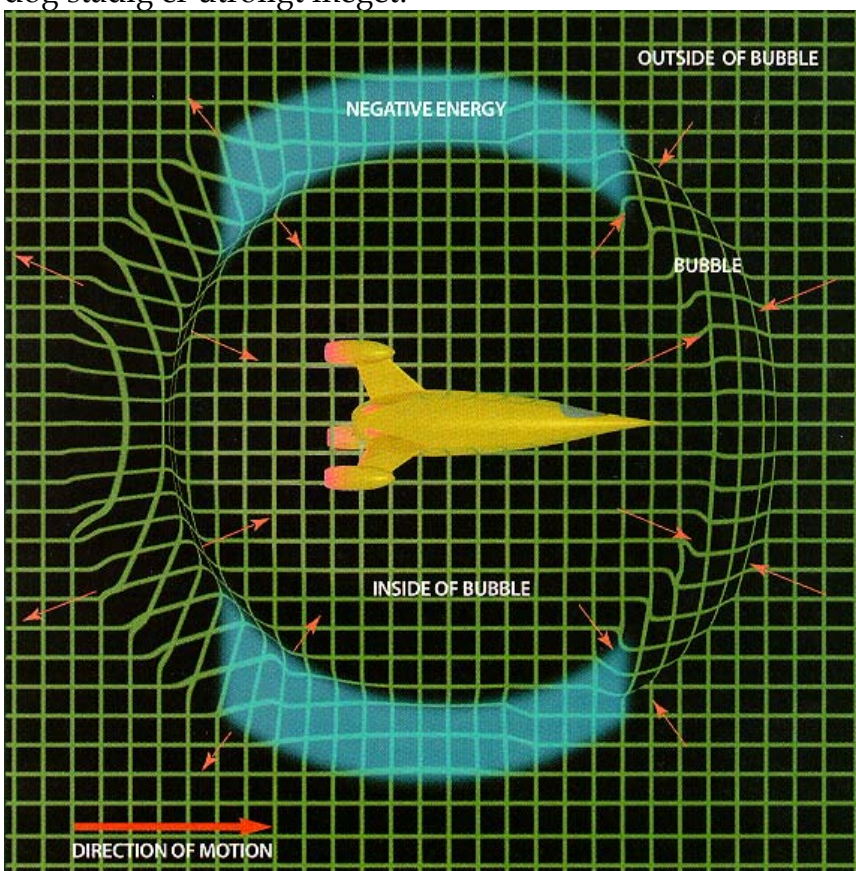


Alcubierre (1994)

Nogle år efter Alcubierres banebrydende artikel, blev der i 2002 i samme tidsskrift udgivet en noget længere artikel af en anden fysiker, José Natário fra afdelingen for matematik, på det tekniske universitet i Portugal. Dette nye studie tager udgangspunkt i artiklen fra 1994 men viser, at Alcubierre-warppdrivet blot er et special-tilfælde ud af en hel klasse af warpfelt-løsninger. Natário viser, at warpfelter ikke i almindelighed behøver at strække rummet ud bagved og trykke det sammen foran rumskibet. I stedet består de fleste warpfelter af en "warp-boble", der glider gennem rummet, uden nødvendigvis at trykke det sammen foran sig. Natário viste også, at et warpfelt som Alcubierres desværre *altid* vil kræve en negativ energitæthed.

Faktisk er der mange andre end Alcubierre og Natário, der har arbejdet med forskellige former for fænomener, indenfor relativitetsteorien, der involverer over-lyshastigheder. Det lader til, at alle disse former for transport indebærer, at en del af rummet vil have en energi, der er mindre end nul. Larry H. Ford, der nu er professor i fysik ved Tufts Universitetet i Massachusetts, har sammen med sine medarbejdere opdaget, at kvanteteorien giver en grænse for hvor meget negativ energi, der er brug for, når man vil

skabe et warpfelt. Denne grænse sættes af en såkaldt "kvante-begrænsning", der siger, at den negative energi skal være koncentreret i et ekstrem tyndt baderingsformet område rundt om rumskibet (en ring omkring skibets bevægelsesretning). Desværre betyder dette, at mængden af energi, der kræves for at skabe et stabilt Warp-1 felt omkring et rumskib på f.eks. 100 meter, er  $10^{20}$  gange større end energien, der svarer til massen af vores galakse, Mælkevejen! At skulle skaffe denne energi, der svarer til 10 gange masse-energien i det synlige Univers, stiller ufatteligt store krav til warpmotoren. Den eneste måde at forbedre situationen på for Alcubierres warpdrive, er hvis man kan bryde kvante-begrænsningen og øge tykkelsen af warpfeltet; så kan man komme "ned" på energier, der svarer til f.eks. 25% af Solens masse-energi. Imidlertid har belgieren Chris Van Den Broeck fundet på at ændre en lille smule på formen af warpfeltet, så den nødvendige negative energi reduceres mange størrelsesordner, til hvad der svarer til få gange Solens masse, hvilket dog stadig er utroligt meget.



Ford & Roman (2000)

Forskningen i warpfelter fortsætter, trods de store problemer med den krævede negative energi. Den seneste udvikling går i retningen af at udvikle teorien for *svage* warpfelter: Sommeren 2004 skrev ormehul-fysikerne Francisco Lobo og Matt Visser, fra hhv. Portugal og New Zealand, en artikel om svage warpfelter med rumskibe, der ikke længere er masseløse. At warpfeltet er svagt, betyder at warpboblen bevæger sig med en hastighed, der er væsentligt lavere end lysets hastighed, dvs. under Warp-1. Dermed bliver Einsteins ligninger simplere at løse, og nogle af bivirkningerne er netop, at man ikke behøver at bruge ultra-llette rumskibe, samt at kvante-begrænsningen forsvinder. Lobo og Visser har undersøgt Alcubierres og Natários løsninger og finder, at selv når warpfelterne er svage,

skal der stadig bruges negativ energi, uanset hvor svagt warpfeltet er. Det nye er, at det faktisk godt kan lade sig gøre at kræve, at energien i warpfeltet, er mindre end hvad der svarer til massen af rumskibet. Som enhver ved, kan brændstoffet i en raket jo ikke veje mere end raketten *plus* brændstoffet, tilsammen. Desværre betyder dette krav også, at hastigheden af warpboblen bliver meget lav, sådan at hele pointen med at bygge et warpdrive går fløjten, dvs. at interstellare rejser med et warpdrive vil tage mindst lige så lang tid, som med et konventionelt rumfartøj.

Vi kan nu kun håbe, at fysikerne og ingeniørerne på ESA, NASA og hos de andre rumfartsorganisationer finder andre muligheder, for det lader ikke til at Dr. Cochrane når at bygge det første warpdrive inden april 2063. Men fortvivl ikke: Der er mange gode idéer derude. F.eks. har fysikere fra Washington Universitet for nyligt foreslået, at man bygger et såkaldt "mag-beam drive", der virker vha. en magnetiseret plasmastråle, der bruges til at drive et rumskib med et magnetisk sejl. Denne form for fremdrift menes at kunne reducere rejsen Mars tur-retur fra 2,5 år til 90 dage. NASA har allerede bevilget \$75.000 til projektet, og hvis det stadig ser lovende ud om et halvt år, kan tilskuddet ventes at blive øget til \$400.000. Så måske behøver vi ikke et warpdrive alligevel!