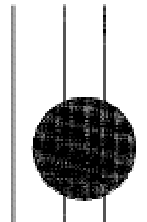


MAGNETISK LEVITASJON

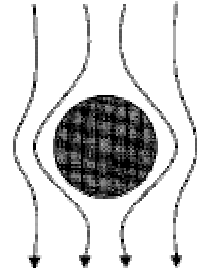
MAGLEV TEKNOLOGIEN & MAGLEV SVEVETOG



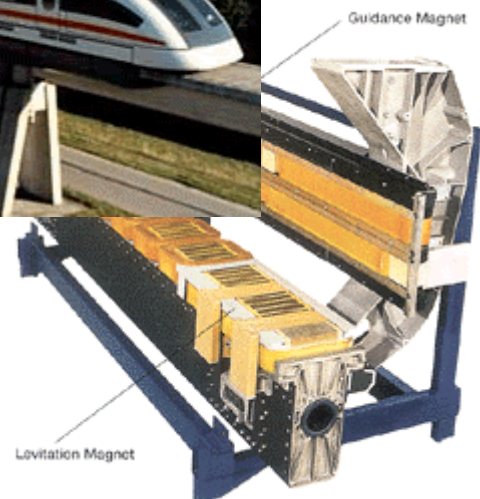
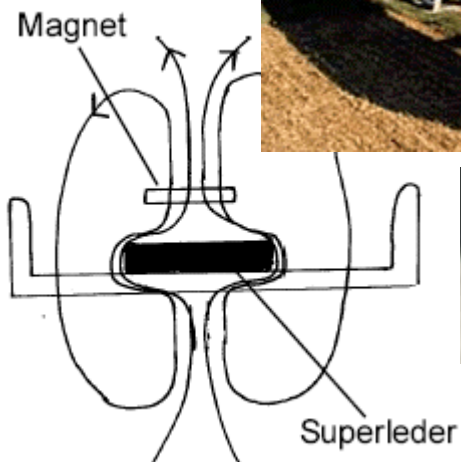
Vanlig metall



Superleder



er magnetisk, men en vanlig leder gjør



1: SAMMENDRAG

Magnetisk levitasjon handler om å få ting til å sveve ved bruk av magnetiske krefter. Maglev er kort for Magnetisk levitasjon. Meissner oppdaget at superledere blir perfekte diamagneter, vi kaller det Meissner effekt.

Tog som svever over sin skinnegang har nesten ingen friksjon bortsett fra luftmotsand. Disse benytter seg Maglev teknologien. Vi kaller de Maglev tog. Det finnes to typer maglev tog. Et konsept utviklet i Japan og et utviklet i Tyskland. Sistnevnte er i bruk mellom flyplass og bysentrum i Kina's Shanghai. Maglev kan bli svært billig og er miljøvennlig. Det som koster i dag er elektrisitet evnt nedkjøling og oppstart. Den Japanske metoden bruker nedkjøling av coilene (superlederene) for å minske strømforbruket. Til dette bruker man flytende helium som er flytende ned til det absolutte frysepunkt (0K el -273°C). Flytende helium er i dag dyrt og vanskelig å produsere, men dersom man utvikler gode høy temperatur superleder går elektrisitetskostnaden betraktlig ned. Superledere som fungerer ved temperaturer rundt 0 °C kan derfor virkelig gjøre den japanske Maglev teknologien til fremtidens teknologi.

Superledning er navnet på ledere som har null motsand. Dette har svært mange nytte områder og man kan lett lage gode og sterke permanente magneter ved bruk av denne egenskapen. Det finnes to typer superledere også. Type 1 og Type 2. Type 1 er den som ble først oppdaget og trenger svært lave temperaturer for å bli superledende. Den påvirkes også lett av magnetiske felt. Type 2 tåler høyere temperaturer og sterkere magnetfelt. Den høyestetemperaturen oppdaget i 1999 var på ca 160 K. Superledning er en av de hotteste forsknings temaene om dagen.

2: INNLEDNING

Formålet med denne oppgaven er å bli kjent med Maglev teknologien slik vi kjenner den i dagens bruk til transport, nærmere sagt Maglev tog. Vi skal ta for oss de to typene Maglev tog og se på forskjellen mellom de. Videre skal vi se nærmere på Superledere og hvordan dette kan brukes i Maglev teknologien. Vi gjennomførte også et forsøk med Meissner effekten i prosjekt perioden. Dette skal vi se på.

3: INNHOLD

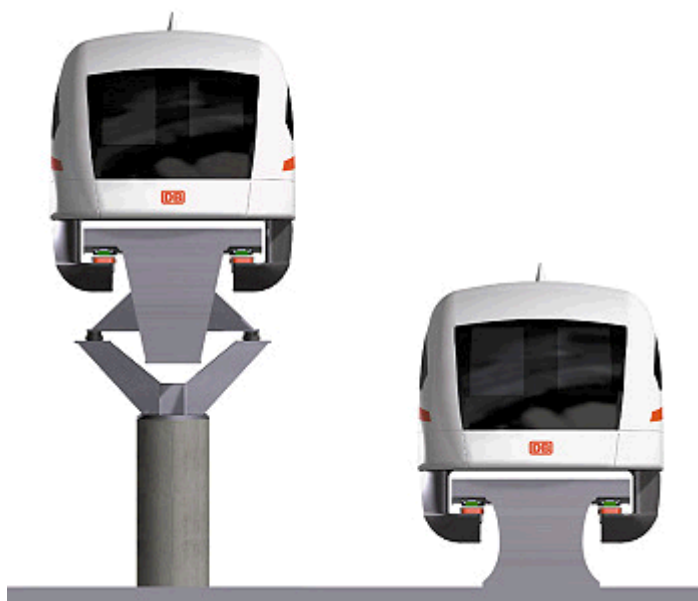
Kapittel 1: Sammendrag	side nr. 1
Kapittel 2: Innledning	side nr. 2
Kapittel 3: Innhold	side nr. 3
Kapittel 4: Maglevtog aka Svevetog	side nr. 4
I Tysk modell	side nr. 4
II Japansk modell	side nr. 7
III Fordeler ulemper Tysk vs. Japansk	side nr. 9
IV Enkel Beregning for Magnetisk løfting av TOG	side nr.10
V Avsluttning	side nr.13
Kapittel 5: Superledere og Supermagneter	side nr.14
I Type 1 Superledere	side nr.14
II Type 2 Superledere	side nr.15
III Bruksområder	side nr.16
IV Avsluttning	side nr.16
Kapittel 6: Forsøk: Meissner effekt	side nr.17
Kapittel 7: Kilder	side nr.19
Kapittel 8: Konklusjon	side nr.20

4: MAGLEV TOG

De to typene maglev tog bygger på samme fysikk men er forskjellige på et par måter. Den største forskjellen er kanskje at det japanske bruker superledere og derfor nedkjøling ved bruk av flytende helium.

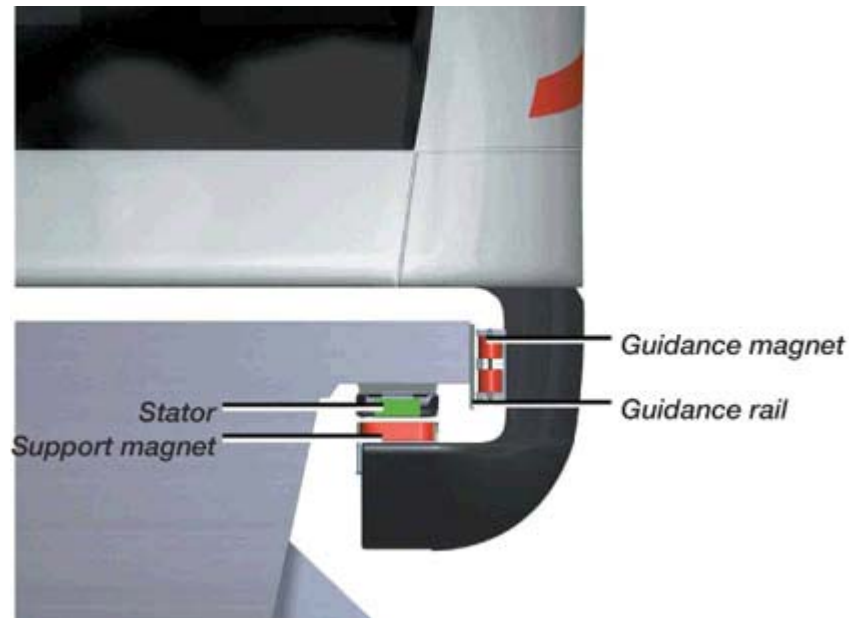
I: TYSK MODEL

Den tyske modellen for maglev tog har en skinnegang på mange måter slik vi kjenner den idag. Togets understell ligger rundt skinnegangen og blir løftet opp ca 1 cm av tiltrekkende magneter. Dette lager et ustabilt likevektspunkt som det kreves en god regulator til å styre, dette er likevel lettere da styringen og fremdriften blir lettere å styre. Det tyske selskapet Transrapid bruker elktromagnetisk dempningsystem (electromagnetic suspension) EMS. (NB! EMS blir gjerne kalt Transrapid)



Løfte og styremekanismen:

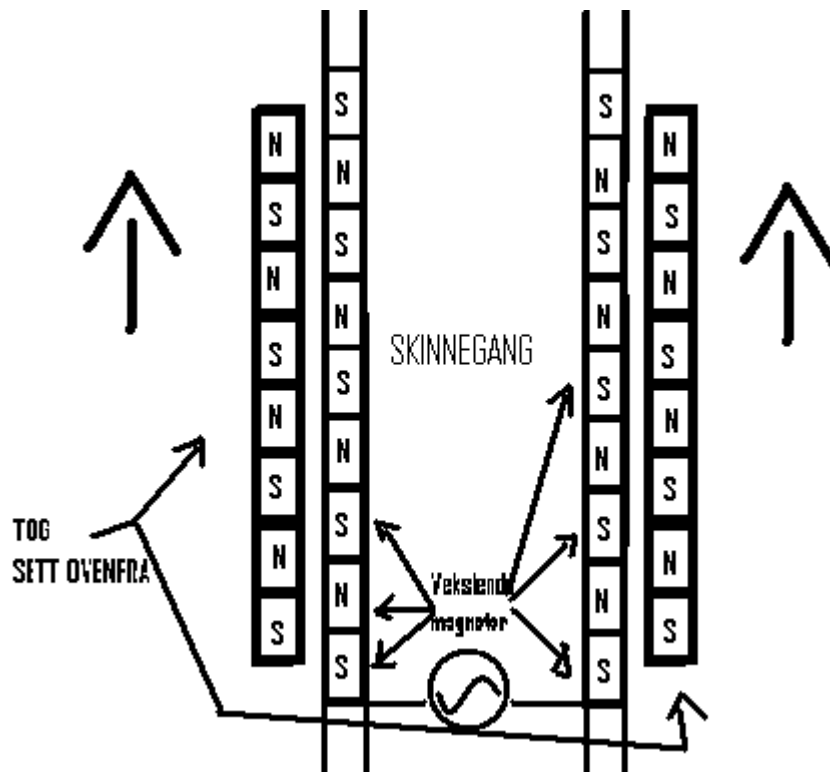
Støttmagneter er plassert på hver side av toget for å dytte det opp til undersiden av skinnegangen (se figur under). Styre magneter langs toget holder toget i riktig posisjon til enhver tid. Regulatorer sørger for at det til enhver tid er en konstant avstand (1cm) mellom skinnegang og togets magneter. For å sveve bruker togene svært lite strøm (mindre enn airconditioning systemet ombord) og strømmen til dette hentes fra batterier ombord. Dersom strømmen i skinnegangen skulle bli borte har togene nok strøm ombord til å sveve i ca en time ombord. Batterien blir ladet når toget beveger seg. Dette sies likevel å være en av den tyske modellens svakheter da den baserer seg på nødbatterier ombord. Den japanske utgaven, som vi skal se på senere, henter all sin strøm fra sin "skinnegang".



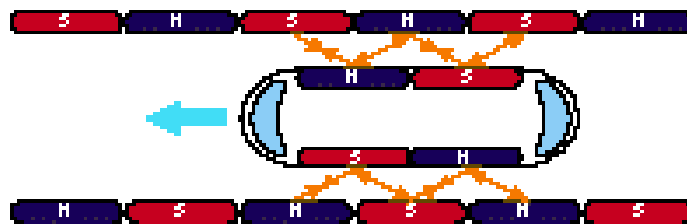
Nå tenker man kanskje at det er rart at man ikke bruker frastøtende magneter på oversiden av skinnegangen og på togets underside. Dette vil jo skape en mye større likevekt der den magnetiske frastøtende kraften blir større når toget "faller" mot skinnegangen og mindre dersom toget forsvinner lengre fra skinnegangen. Sant nok. Grunnen til at det ikke er slik har med bla penger og mangel på teknologi å gjøre. For å skape en stor nok frastøtende kraft trenger man to sterke magneter, enten permanente eller superledere. Dette er dyrt og ikke minst tungt. Ved bruk av den tyske måten slipper man unna med en slik sterk magnet festet på toget. I tillegg vil det være svært dyrt med en regulator til den langsgående fremdrifts "motoren" dersom man brukte frastøtende krefter.

Fremdrifts- og bremse-mekanisme:

Fremdriften til de to systemene (tysk vs. japansk) er svært like. Prinsippet er like genialt som det er enkelt å forstå. Hvis vi tenker oss at toget har permanente sterke magneter festet langs sidene på toget og skinnegangen er utsyrt med magneter som kan bytte polarisasjon. (se figur neste side).

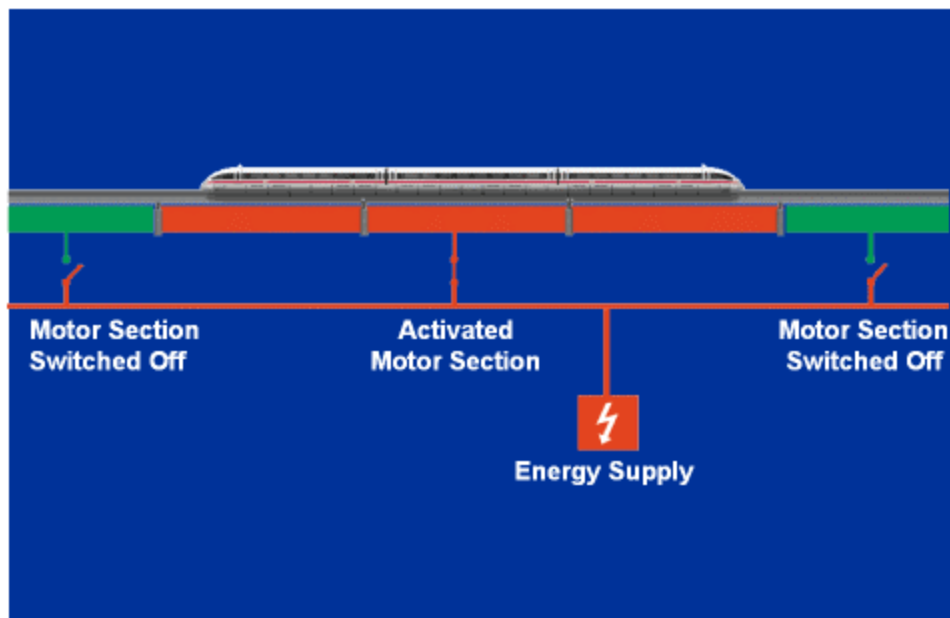


Dette skaper tiltrekkende og frastøtende krefter som driver toget fremover (oppover ut av arket). Magnetene på skinnegangen bytter polarisasjon (ved bruk av vekslestrøm) når toget har kommet slik at magnetene på toget er midt på de vekslende magnetene i skinnegangen. Dette skaper en kraft fremover. (Se figur under)



Ved å forandre frekvensen på vekslingen dvs strømmen kan man øke eller minske farten til toget. Jo større frekvens, jo større hastighet osv. En annen flott ting med fremdriften til tyske maglev toget er at det er kun det feltet av skinnegangen hvor toget befinner seg at strømmen trenger å være koblet til. Dette sparer man strøm på og er mer miljøvennlig. (se figur neste side.)

Longstator Propulsion Switching



Den synkroniserte linære motoren fungerer akkurat som en vanlig elektromotor der armaturet er rullet ut langs skinnegangen. Støttmagnetene fungerer som det roterende i elektromotoren. Når toget bremses fungerer dette som en generator som bringer strøm tilbake i systemet.

II: JAPANSK MODELL

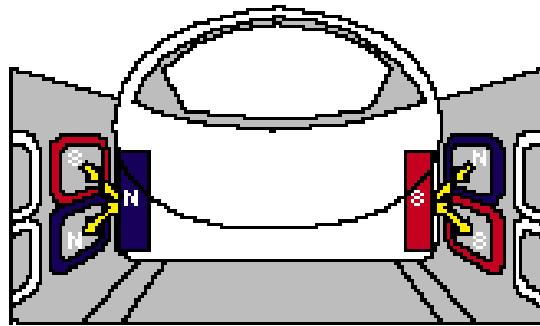
Den japanske modellen bruker et noe annet system selvom mye er det samme. Skinnegangen vi kjenner fra dagens jernbanetog og på en måte den tyske modellen, er byttet ut med en U-formet bane, lik en sklie. I denne sklien rutsjer toget fremover 10 cm over bunnen. (se figur)



Magnetene ombord på det japanske toget er såkalte supermagneter dvs. perfekte diamagneter. Dette blir de ved å kjøles ned til svært lave temperaturer ved bruk av flytende helium. (se kapittel 5: Superleder og Supermagneter.) Dette skaper svært sterke felt rundt toget og gjør at man må skjerme mennesker som er på vei av eller på toget. Dette gjør man ved bruk av sluser som man passerer gjennom beskyttet for det sterke magnetiske feltet. (Se figur)

Løftemekanisme:

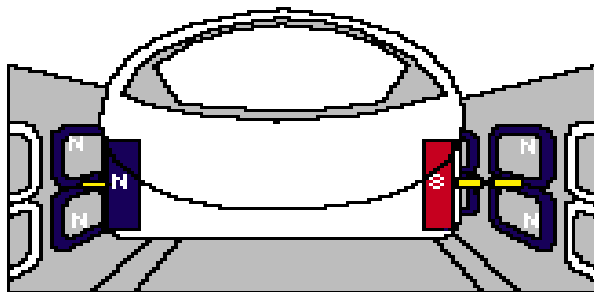
I den japanske modellen blir toget løftet opp av frastøtende og tiltrekkende magneter i togets rutsjebane. (se figur)



Som vist på figuren over trekkes og dyttes toget opp av magneter i siden av rutsjebanen. Det blir stabilt ettersom det trekkes og dyttes fra hver side av banen. Magnetiseringen skjer ved induksjon og blir ikke kraftig nok før toget har nådd en hastighet på ca 100km/h. 8-talls lignende coiler er satt inn i sideveggene på banen. Magnetiseringen skjer ved at magnetene på toget passerer i høy fart noen centimeter under midten av disse coilene slik at det induseres spenninger i de innbygde coilene i banen slik at det videre dannes magnetiske krefter som forklart over løfter toget. Frem til toget har nådd denne farten på ca 100km/h ruller den på hjul som løftes opp slik at toget svever fritt. Dette har også et sikkerhetsaspekt ved at dersom strømmen brytes ruller toget videre fremover.

Styremekanismen:

Det japanske systemet bruker frastøtende magneter til å styre seg bortover banen. Disse magnetene fungerer på samme måte som løfte magnetene men skaper ingen løft eller driv ettersom de står vinkel rett på toget når det er løftet. (se figur neste side)



På figuren vil toget svinge mot venstre dersom toget er på vei ut av arket.

Fremdrifts- og bremse-mekanismen:

Fremdriften til den japanske modellen er det samme systemet som fremdriften til den tyske modellen. (se over) Det handler om en såkalt lineær elektromotor. Dette er kanskje det mest interessante systemene for fremdrift av superhutige tog. Til forskjell fra elktromotoren der kraften jo overføres fra motorens roterende aksel til hjulene som videre driver kjøretøyet fremover, virker lineær elektromotoren langs en rett linje. Dette systemet brukte vår egen Kristian Birkeland for å konstruere sin elektriske kanon. Denne viste seg å være en flopp, men var med på få han (og Eyde) til å oppdage utvinnelsen av nitrogen.

III FORDELER ULEMPER TYSK VS. JAPANSK

Maglev togenes fordeler er mange. Et maglev tog er en svært behagelig måte å reise på. Dette fordi det først og fremst går fort. Du kan bringes direkte til bykjerne og maglev tog er svært stabilt uten risting eller lyd fra skinneganger. Maglev togene konkurrerer med fly på mellomdistanser. Med maglev tog trenger man ikke å sitte fastspent i et sete, men kan vrimle rundt i toget kupè. Ettersom det ikke koster like mye i drift å drive et maglev tog som et fly kan man også bruke mer penger på plass og komfort.

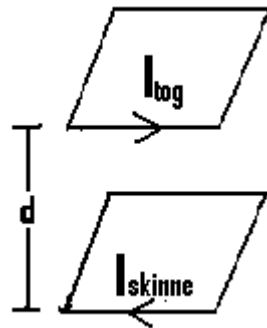
Høyhastighets Maglev tog består av forskjellige kombinasjoner for magnetisk levitasjon. I Tyskland har man prøvd ut flest av disse da forskningen på Maglev tog har forgått i lang tid. På mange måter kan det derfor virke som det tyske systemet. Slik er det iallefall i dag, men dersom man utvikler høytemperatur superledere har plutselig Japan et fortrinn.

Forskjellene mellom tysk og japansk metode er nokså store selv om prinsippene er like. Det tyske Transrapid bruker tiltrekende magneter fra under siden av skinnegangen til å løfte toget mens japanerne har en u-formet bane hvor magneter i siden løfter toget opp. En annen forskjell er at japaneren løfter toget 10 cm over banen mens tyske kun løfter toget 1 cm over skinnegangen. I de japanske togene induseres strømmen som løfter toget og blir dermed holdt konstant av superledere, for å indusere denne strømmen må det rulle de første meterene på hjul (for nærmere forklaring se punkt II). Det japanske systemet bruker også som sagt superleder teori og er i dag derfor dyrere enn det tyske

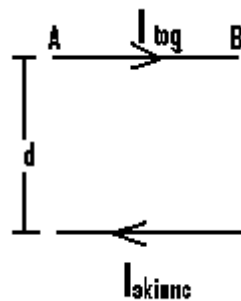
systemet. En annen svakhet ved den japanske modellen er det sterke magnetfeltet som blir rundt toget som gjør at personer må skjermes i sluser ved av og på stigning.

IV: ENKEL BEREGNING FOR MAGNETISK LØFTING AV TOG

Denne beregningen er gjort for å finne hvor mye strøm man trenger for å løfte et tog som veier 20 tonn og er 20 meter (cirka størrelser).



Vi tenker oss to coiler (her firkantet for enkelthetskyld. NB! Det blir likt for runde coiler). En montert i toget og en montert i skinnegangen. I hver av disse sier vi at det går en strøm I . Hvis vi kun ser for oss en av siden i hver av coilene har vi følgende.



Disse skaper nå magnetfelt og krefter som virker oppover og derfor holder toget oppe. NB! Kraften nedover virker mot bakken. Vi vet videre at denne strømmen må være stor for å motvirke tyngdekraften til toget. La oss regne litt på dette.

Den magnetiskekraften er gitt ved følgende:

$$F = I_{tog} \vec{L} \times \vec{B}$$

Der L er lengden og retningen av stykket AB . B feltet er rettet inn i papiplanet. B kan skrives som:

$$B = \frac{\mu_0 I_{skinne}}{2\pi d}$$

og B har altså retning inn i papiplanet slik at:

$$\vec{F} = I_{tog} \vec{L} \times \vec{B}$$

blir rettet oppover slik vi ønsker det.. Videre har vi da ved innsetting:

$$F = BIL = \frac{\mu_0 I_{skinne} I_{tog} L}{2\pi d}$$

Vi kan så regne videre for å finne strømmen når den magnetiske kraften oppover må være lik tyngdekraften nedover.:

$$F = \frac{\mu_0 I_{tog} I_{skinne} L}{2\pi d} = mg$$

$$I_{tog} I_{skinne} = \frac{2\pi d mg}{\mu_0 L}$$

Vi antar herifra at for å bruke minst strøm må strømmen i skinne og tog være lik. Har da:

$$I^2 = \frac{2\pi d m g}{\mu_0 L}$$

$$I = \sqrt{\frac{2\pi d m g}{\mu_0 L}}$$

Vi står nå igjen med kun konstanter som vi kjenner og kan derfor regne ut strømmen som trengs for å løfte et tog.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s}$$

$$m = 20 \text{ tonn} = 20 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$d = 0,01 \text{ m}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

d er hvor høyt toget skal sveve altså 1 cm etter tysk modell. Får da:

$$I = \sqrt{\frac{2\pi \cdot 0,01 \text{ m} \cdot 20 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20 \text{ m}}} = \sqrt{\frac{0,01 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{2 \cdot 10^{-7}}}$$

$$I = 22,1 \text{ kA}$$

Vi trenger altså 22,1kA for å holde et 20 kilo tungt og 20 meter langt tog svevende. Vi legger merke til at dersom toget var lengere og ikke nødvendigvis tyngere ville strømmen vært mindre. Etter japansk modell ville strømmen vær betraktlig større, men vi husker da at disse brukte superledere.

Merknader:

- Forenklingene vi har gjort ser bort i fra andre en vertikale krefter. Som vi har sett på tidligere trengs det også krefter til å styre og drive toget.
- Coilene i vår forenkling er ikke reel på den måten at vi setter strøm i både tog og skinne. Strømmen i skinnene induseres av toget som drives fremover.
- Vi bruker en rekke tilnærminger. Vi tenker bla. at coilen er uendelig stor.
- Likevel er beregningene gode nok til å være med her.

V: AVSLUTTNING

Maglev tog kan på mange måter være fremtiden innen mellomdistansetrafikk. Med en hastighet på 500 km/h vil toget på tid kunne reise avstander vi før var avhengige av flytrafikk på. Avstander på opptil ca 800 km vil ta kortere tid med tog en de i dag gjør med fly. Dette er selvfølgelig etter at man beregner litt lengere tid frem og tilbake fra flyplass og tid du bruker på innsjekking. Tysk og Japansk modell er på mange måter like og spesielt i prinsipene. Noe er likevel forskjellig og i dag er den tyske den som er best utviklet og klar for dagens marked. Dersom man finner opp gode høytemperatur superleder har den Japanske modellen et forsprang ettersom den da vil ha lavere strømforbruk.

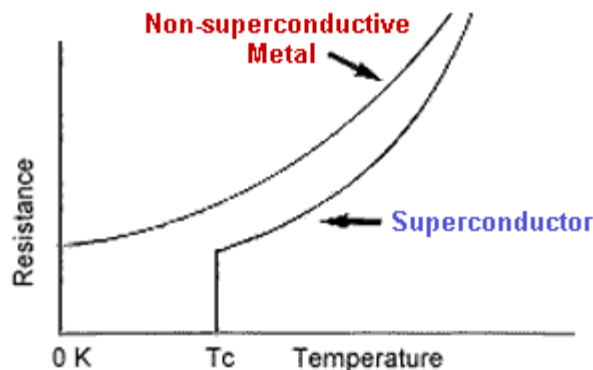
5: SUPERLEDERE OG SUPERMAGNETER

Den japanske modellen bruker superledere til å skape elektromagnetene som er med til å styre, drive og løfte toget. Superleder vil si metaller eller andre (keramiske) stoffer som blir uten motsand når de kjøles ned til en hvis temperatur. Denne temperaturen kalles kritisk tempraur. Supermagneter er et kallenavn for samme fenomen men ved at man setter et ytemagnetfelt på superledere som ved sin kritiske tempratur blir en perfekt diamagnet. Dette forklares mer i kapittel 6: Forsøk: Meissner effekt.

Superleder fører strøm også når strømkilden er fjernet (fordi det ikke er noen resistans) og er derfor godt egnet til å lage stabile eltromagneter. Det finnes to typer superledere, henholdsvis type 1 og type 2. En av forskjellene på disse er at det for type 2 er høyere kritisk tempraturen enn hos type 1. En annen forskjell er at type 1 som regel er vanlige metaller som fører strøm ved romtemepratur mens type 2 som regel er keramiske stoffer som ved romtemperatur nærmest er isolatorer.

I: TYPE 1 SUPERLEDERE

Type 1 superleder var de som først ble oppdaget. Heike Kamelinh-Onnes oppdaget at kvikksølv mistet all sin motstand når det ble kjølt ned til 4,15 K ved hjelp av flytende helium. Det som var rart med oppdagelsen var at det brått mistet all sin motstand. kanskje er litt rart med superledende stoffer er at de svært brått mister sin motstand (se figur.)



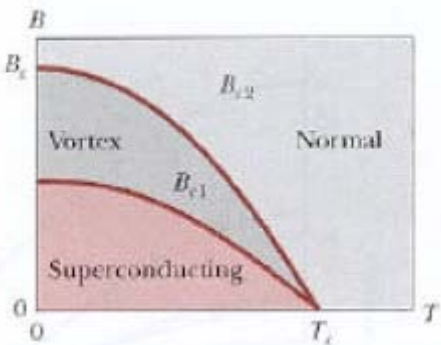
Den kritiske tempraturen varierer fra stoff til stoff, men alle type 1 superledere kjennetegnes ved at de har lavere kritisk tempratur enn 8 K Dersom disse stoffene (metalene) blir utsatt for et ikke for stort magnetfelt oppfører deg seg altså som perfekte diamagneter. Men dersom dette magnetfeltet igjen er for stort går stoffet tilbake til normal tilstand, ergo ikke superledende. Den kritiske temperaturen synker dersom magnetfeltet øker. Det finnes altså en kritisk verdi for magnetfeltet som blir påtrykket superlederen. Denne er avhengig av både temerauren rundt og stoffets kritiske temperatur. På grunn av det kritiske feltet får vi også en kritisk verdi for hvor mye strøm som kan passere gjennom superlederen. Dette fordi det skapes magnetisk felt når det går en strøm i en leder dette følger av Amperse lov for en strømførende leder med radius d .

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi d}$$

II: TYPE 2 SUPERLEDERE

I 1953 målte B.T Matthias den kritiske temperaturen til niobium-tinn til 18 K. Dette var starten på oppdagelsen av Type 2 superleder. Type 2 superledere er som regel legeringer av metalloksider og keramer dvs isolatorer ved romtemperatur. Dette gjør også til at de er hardere enn det type 1 superledere er. Type 2 superleder tåler også sterke magnetfelt til en viss grad og derfor også store strømstyrker. Mens type 1 superledere har en godt utviklet teori er det ikke ennå noen god forståelse for hvordan type 2 superledere fungerer.

Type 2 superledere har to kritiske verdier for magnetfeltet det tåler. En kritisk verdi (lav) for når superlederen oppfører seg som en type 1 superleder og en ved når den slutter å oppføre seg som superleder (se figur.) Når en type 2 superleder er i mellom disse to kritiske verdiene opphører det ikke å være superledende men er i en tilsand i mellom disse (her vortex).



Selvom type 2 superlederen ikke er superledene slik vi kjenner det fra type 1 superledere beholder type 2 superlederen de fleste ev egenskapene vi har fra type 1. Det som gjør at den ikke er "normalt" superledende i denne tilstanden er at den slipper gjennom noe av magnetfeltet i spesielle virvler. Magnetfeltet er altså ikke lik null i superlederen. Likevel har vi superledning i resten av materialet. Størrelsen på disse virvelene som har magnetisk fluks er svært små, men blir ikke større dersom man øker magnetfeltet. Tettheten derimot blir større og når tettheten er så stor at virvelene overlapper hverandre opphører stoffet å være superledende. På grunn av at disse virvelene blir påvirket av strømmene gjennom superledere bruker de energi på å flytte seg, dette energiforbruket gjør at metallet får resistanse.

På grunn av disse virvelen beskrevet i avsnittet over får vi bruk for en egenskap som blir kalt pinning. Pinning løser problemet hvor superlederen får resistanse. Pinning er rett og slett å forurenses stoffet slik at virvelene dannes i disse forurensede områdene å låser til de. Når det nå går strøm får ikke virvelen flyttet seg som igjen koster energi og dermed resistanse. Dette skaper et stoff hvor noen deler (de forurensede) ikke er superledende og resten er superledende.

Høy temperatur superledere er en del av type 2 superledere og er type 2 superledere med høye kritiske temperaturer, derav navnet. Til å kjøle ned høy temperatur superledere holder det i mange tilfeller å bruke flytende nitrogen som er svært mye enklere og billigere å produsere enn flytende helium. Høy temperatur superleder har de samme egenskapene som de andre type 2 superlederene, men er fullstendige isolatorer ved romtemperaturer. Den høy temperatur superlederen med høyest målte kritiske temperatur i 1999 hadde en kritisk temperatur på cirka 160 K, men å finne stoffer som er superledende ved romtemperatur er langt i fra umulig. I de siste tiårene har flere priser deriblandt Nobel's fysikk pris gått til personer som har forsket på nettopp dette feltet

III: BRUKSOMRÅDER

Superledende materialer kan brukes og brukes til mange ting. Vi må tilbake til den viktigste egenskapen til superledning nemlig at vi ikke har resistans. Dette betyr at vi kan lede strøm uten energi tap. I dag bruker vi høy spenning i ledninger for å begrense energi tapet i strømførende ledninger over store strekninger mellom kraftanlegg og hustand. Før vi kan bruke denne elektrisiteten fra høyspenten går den gjennom trafoer som senker spenningen og øker strømmen. I disse trafoene er det et energi tap på ca 30%. Vi kan lett tenke oss at dersom vi kunne sendt 230 volt direkte fra kraftanlegg til husstand uten energitap ville vi kunne spart ufattelig mye energi og derfor penger samt miljø. For å få til dette må vi kunne bruke superledere ved temperaturer rundt 0°C. Ved bruk av superledere på samme måte kunne man også f.eks oppnådd superraske datamaskiner.

Den viktigste bruken av superledere idag er superledende magneter aka supermagneter Vi har i denne oppgaven sett mye på Maglev hvor den japanske modellen bruker nettopp supermagneter. Det største bruksområder til supermagneter i dag er nok MR. Magnetisk resonans blir brukt til å skape bilder av ting vi ikke kan se på med det blotte øyet. Ved bruk av MR skaper man et bilde ved å utsette vevet i kroppen for sterke magnetfelt som ve forskjellige frekvenser gjør at det sendes ut et signal. Ettersom det sendes ut forskjellige signaler for forskjellige atomer kan man samle inn signalene slik at de skaper et bilde som en datamaskin kan tegne opp. MR er i dag bruk i de aller fleste sykehus. For å skape sterke og uniforme nok magnetfelt bruker man supermagneter. Vært år bruker man cirka 60 millioner slike undersøkelser bare i Norge.

IV: AVSLUTTNING

Det finnes i dag svært mange forskere som forsker på dette feltet. De fleste ute etter å knekke kode som gjør det mulig å finne brukbare superledende materialer i romtemperatur. Superledning har mange spennende bruksområder og er helt klart et fremtidens materiale.

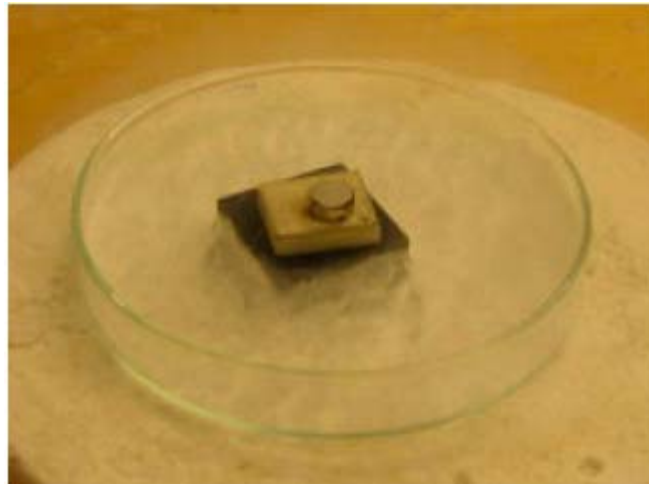
Høy temperatur superledere kan lede til mange viktige teknologiske fremskritt. Som tidligere nevnt har vi superraske datamaskiner, lette og svært effektive elektro motorer mm. . Problemene med de stoffene som til nå er funnet med høye kritiske temperaturer er at de har små eller ingen bruksområder. Spesielt tenker vi da her på mekaniske egenskaper da dette ville vært praktisk til bruk i Maglev teknologien og til bruk i f.eks. datamaskiner, kraftoverføring osv. Et annet problem er at de høy temperatur superledere vi har i dag har svært dårlig bærevne. De knekker rett og slett fort.

6: FORSØK: MEISSNER EFFEKT

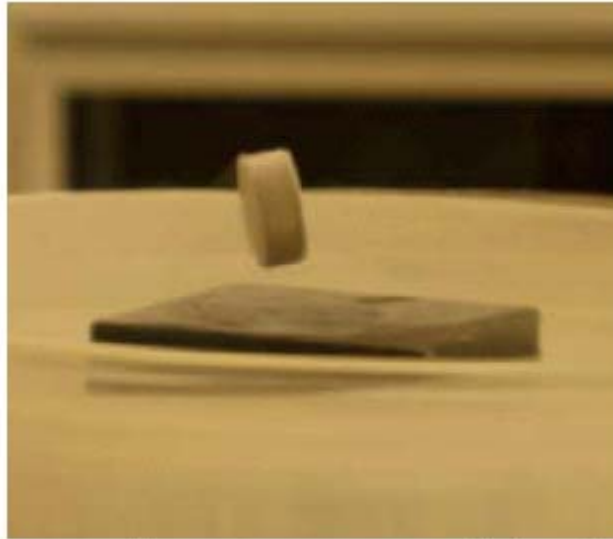
Det ble gjennomført et forsøk i forbindelse med prosjektet. I dette forsøket så vi på magnetisk superledning på mange måter likt med Meissner's oppdagelse. Meissner brukte i sin tid det vi idag kaller en type 1 super leder, vi brukte i vårt forsøk en type 2 superleder av YBaCuO . Denne superlederen hadde en kritisk temperatur på 92 K. Forsøket ble gjennomført av et stipendiat innen feltet, vi andre observerte.

Fremgangsmåte:

Vi la superlederen i et lite glasskar. Oppe på denne la vi et stykke med noe som ikke var superledende og oppå dette igjen la vi en permanent magnet (se figur). Vi kjølte så ned den superledende biten med flytende nitrogen. Når superlederen var nok kjølt ned fjernet vi den midterste biten med ikke-superledende materiale.



Den permanente magneten svedde nå over superlederen. Vi kunne nå prøve å snurre den svevende magneten denne snurret da nærmest friksjonsfritt. Vi prøvde dessuten å flytte på magneten, men oppdaget fort at den ville tilbake i sin likevektsposisjon. Dersom vi trykket eller dro hardt på den permanente magnet kunne vi flytte likevektspunktet.



Teori:

Når superledern blir kjølt ned til sin kritiske temperatur setter den opp et magnetfelt for å kansellere det ytre magnetfeltet. Det skal ikke være noe magnetfelt inne i superlederen. Noe magnetfelt er det likevel inne i superlederen, men disse feltene er kvantiserte slik at vi får de virvelene slik det er forklart i 5: Superledere og Supermagneter. Pinningen gjorde slik at den permanente magneten hadde en likvekts posisjon. Disse magnetfeltene fungerer som små tornadovirvler eller gummistrikker som holder den permanente magneten på plass. Det kreves energi for å flytte på disse gummistrikkene og magneten vil derfor være på sin bestemte plass. Det går likevel an å flytte disse ved å bruke makt på magneten. Da forandrer man kvantiseringen av superlederen.

7: KILDER

Følgende kilder i bok eller artikkel form har blitt brukt:

- Serway, Moses, Moyer; Modern Physics, 2nd edition, 1997
- Young & Freedman; University physics with modern physics, 10th edition, 2000
- Marriott; The all Colour Book of Supermachines, 1989
- Rohlf; Modern Physics from γ to Z^0 , 1st edition, 1994
- Hanevik; Maglevtog, Prosjekt i FY1303, 2003
- Meltzer, Henriksen; Superledere, Prosjekt i FY1303, 2003
- Wang, Ren, Zhu, Jiang, Wang, Shen, Song; High temperature superconducting Maglev equipment on vehicle, 2003
- Lee; Mechanism of the magnetic effect occurrence of YBaCuO superconductor , 2004

Følgende verdensvevsider har blitt brukt:

- [**www.maglev.com**](http://www.maglev.com)
- [**www.superconductors.org**](http://www.superconductors.org)
- [**www.phys.ntnu.no/brukdef/prosjekter/super/**](http://www.phys.ntnu.no/brukdef/prosjekter/super/)
- [**www.sciencedirect.com**](http://www.sciencedirect.com)
diverse artikler se over.
- [**www.howstuffworks.no**](http://www.howstuffworks.no)
- [**www.rtri.or.jp**](http://www.rtri.or.jp)

8: KONKLUSJON

Jeg har nå gjennomført et dypdykk i Maglev teknologien og fått et innblikk i hvordan superledere fungerer. Jeg har styrt unna den vanskeligste matematikken samt teorien og prøvd å holde meg på et nivå jeg føler jeg har mestret godt. På denne måten har jeg kunnet hengt med på bergninger og forstått hva som prinsipielt skjer i og rundt Maglev tog og superledere. Jeg har brukt mye tid på å forstå hvordan og hvorfor istedet for å skrive mye.

Dette har vært et spennende og interresant prosjekt og man kan bare glede seg til videre forskningsresultater innen nettopp dette feltet.

X _____ X

B j ø r n T e r j e S m e s t a d