

## Den første rørteknik

I årene efter første verdenskrig begyndte radioteknikken for alvor at tage fart og i begyndelsen af tyverne var der regelmæssige udsendelser fra Königs Wusterhausen i Tyskland, og her i landet var der udsendelser fra Jorcks Passage i København fra 1924.

Der var ikke rigtig kommet gang i radioapparat produktionen, men man kunne købe radio komponenter og byggesæt og selv bygge modtagere efter samleanvisning. De fleste af RFVs medlemmer har sikkert sådan et apparat stående

Den simpleste radiomodtager var krystalmodtageren, der kun bestod af få komponenter og var let at få til at virke. Krystalmodtageren arbejder kun med den energi, som den modtager fra antennen og har derfor ikke nogen stor rækkevidde. Den er også meget uselektiv og derfor ikke god til at adskille stationerne, men til datidens brug med få stationer i drift, var den ganske udmærket til at lytte på hovedtelefon, når der ikke var for stor afstand til stationen. (Se dog de resultater jeg har opnået med mit krystalapparat, i sidste Resonans).

Rørteknikken var allerede opfundet og efter første verdenskrig, i starten af tyverne, kom der for alvor gang i fremstilling af de første trioder. Disse tidlige rør havde en forstærkningsfaktor på omkring 8 og en stejthed på omkring 0,2 mAV. Her er internetadressen til en interessant side om de første radorør.

<http://www.ieeeghn.org/wiki/images/3/37/Goerth.pdf>

Jeg er selv så heldigt at have et velfungerende rør af de første der blev produceret af Philips, en triode type D 2 der blev sendt på markedet i 1923, og med den har jeg foretaget mange målinger og bygget en ét rørs modtager med tilbagekobling for at se, hvad man kan opnå med den. Se rørets data og billede herunder.

### Philips ontvanglamp D 2

Gloeispanning . . . . .	$\nu_f$	= 3,5 volt
Gloeistroom . . . . .	$i_f$	= ca. 0,5 amp.
Anodespanning . . . . .	$\nu_a$	= 40–100 volt
Verzadigingsstroom . . . . .	$i_s$	= 3 milliamp.
Ruststroom (max.) . . . . .	$i_{a_0}$	= 2 milliamp.
Versterkingsfactor. . . . .	$g$	= 10
Steilheid (max.) . . . . .	$S_{max}$	= 0,25 mA/V
Inwendige weerst. (min.)	$R_{i_{min}}$	= 40000 ohm
Grootste diameter . . . . .	$d$	= 30 mm
Lengte . . . . .	$l$	= 70 mm



Disse første rør havde en wolfram eller oxid overtrukket glødetråd og skulle opvarmes til høj temperatur for at afgive tilstrækkelig elektroner, hvorfor de brugte meget glødestrøm og lyste næsten som en lommelampepære. En fordel ved disse rør er, at de ikke som de senere rør, bliver slidt og taber emission. Hvis glødetråden er hel har røret som regel også sin fulde emission.

Senere i tyverne forbedrede man glødetråden ved at overtrække den med thoriumoxid, og senere barium, hvorved de udsendte mange flere elektroner ved lavere temperatur, man kunne så reducere

glødestrømmen til meget mindre end tidligere. Disse rør var dog meget følsom for restgasser i kolben og for at fjerne det tilførte man lidt magnesium i røret som så, efter udpumpning og tillukning, opvarmedes til fordampning med induktionsopvarmning fra ydersiden af kolben, og derved binding af restgasserne til overfladen af indersiden. Det ses tydelig på disse rørtypen ved den blanke overflade på indersiden af kolben. Disse nyere rørtypen havde nu meget bedre data end de tidligere rør. Herunder ses data og billede af en Philips type A 415.

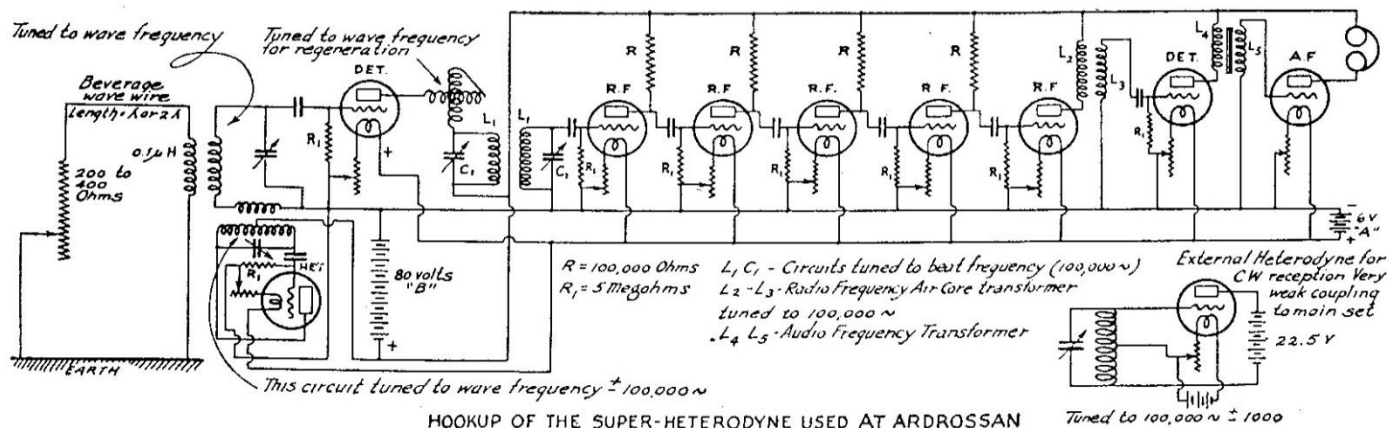
### PHILIPS „MINIWATT” A 415

Gloeispanning	$v_f = 4,0 \text{ V}$
Gloeistroom	$i_f = 0,08 \text{ A}$
Anodespanning	$v_a = 20-150 \text{ V}$
Verzadigingsstroom	$i_s = 30 \text{ mA}$
Versterkingsfactor	$g = 15$
Steilheid	$S = 2,0 \text{ mA/V}$
Inwendige weerstand	$R_i = 7500 \Omega$
Negative roosterspanning	$v_g = 4,5 \text{ V}$
Normale anodestroom	$i_a = 3,0 \text{ mA}$
Anode-roostercapaciteit	$C_{ng} = 2,5 \text{ cm}$
Grootste diameter	$d = 42 \text{ mm}$
Grootste lengte	$l = 82 \text{ mm}$



Jeg har foretaget mange målinger på disse rørtypen. Med D 2 kan man i modstandskobling opnå en LF forstærkning på ca. 8 gange med en anodemodstand på 500 k Ohm, medens man med en nyere A 425 (som er udviklet til modstandskobling) kan opnå omkring 20 gange. Hvis man i stedet for en modstand bruger en LF drossel beregnet til formålet, kan man med D 2 opnå ca. 11 gange, og med en 1/5 LF transformator kan opnås en forstærkning på 20 gange. Med det nyere A 415 kan i transformator kobling opnås mere end 40 ganges forstærkning.

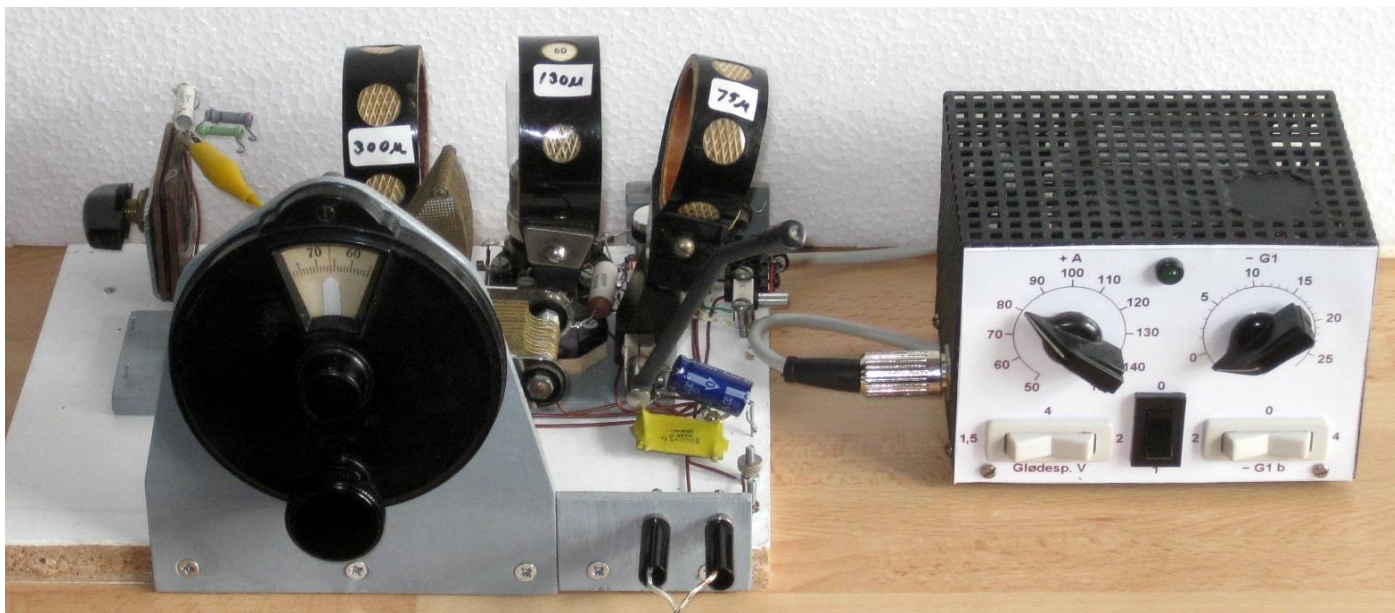
Herunder ses diagram af en super der i 1923 blev brugt til transatlantiske telegrafiforbindelser, bygget af disse tidlige rørtypen. Læg mærke til mellemfrekvensen på 100 kHz bestående af fem rør i modstandskobling med anodemodstand på 100 kOhm. Jeg har med min D 2 opnået fem ganges forstærkning på denne frekvens med 100 k Ohm i anoden, det ville så give en samlet forstærkning på 625 for fire rør plus det sidste rør der nok vil kunne give 10 gange med en uafstemt spole i anoden, ialt godt 6000 gange for fem rør.



Senere i tyverne kom der nye rørtypen med skærmgitter, der kunne give meget større forstærkning. Man kunne så opnå samme forstærkning, eller mere, og meget bedre selektivitet med kun to rør med afstemte HF mellemfrekvens transformatorer.

## Ét rørs modtager med tilbagekobling

Med mit D 2 rør har jeg lavet en prøveopstilling med tilbagekobling, vist på billedet herunder med tilhørende strømforsyning, for at finde ud af, hvad der kan opnås med den. Jeg har hovedsagelig brugt gamle komponenter der kunne fås i tyverne, for at afprøve dem.



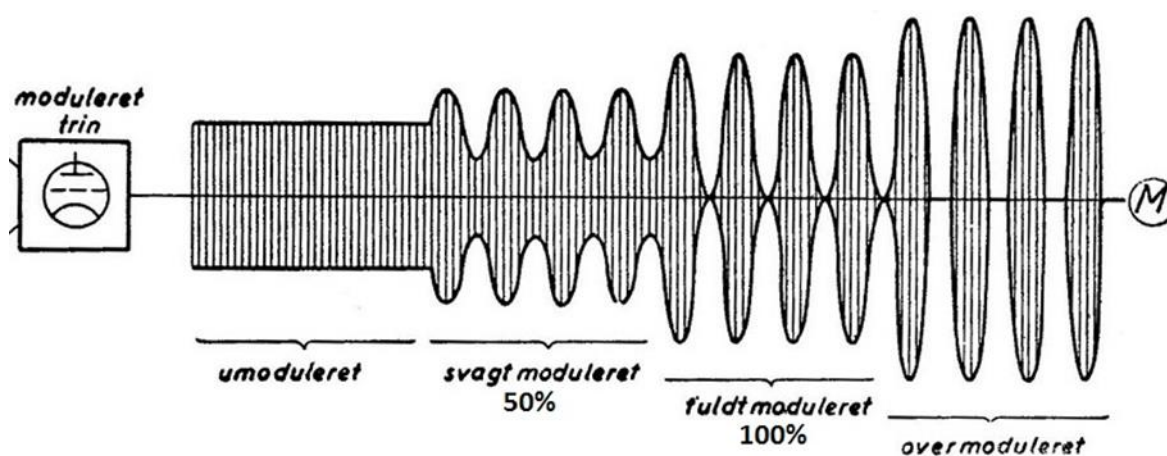
Måling af detektormodtagerens og de almindelige LB og MB modtageres følsomhed -der alle er med højimpedanset antenneindgang- kan være svært at udføre, for man kan ikke bare tilføre antenneindgangen signal fra en generator med lavimpedanset udgang (ofte omkring 50 Ohm) som er beregnet til nyere kommunikationsmodtagere der er konstrueret til 50 Ohms antenneimpedans. Tidligere har autoriteter for radiobranchen derfor udarbejdet retningslinier for, hvordan målingen skal foretages. Man tilfører antennesignalet gennem en kunstantenne, hvis elektriske egenskaber svarer til en normalantenne. Sådant en har jeg bygget, vist på billedet herunder, som jeg bruger til mine målinger. Man kan så tilføre modtageren signal på indgangen gennem kunstantennen som svarer til, at signalet var tilført via antennen. Jeg har sat følsomheden til det signal som er nødvendigt for at få de 20 mV eff LF, som jeg mener er tilstrækkelig til klar og tydelig modtagelse på hovedtelefon. Oprindeligt, ved større modtagere, regner man med den følsomhed der er nødvendigt for 50 mW udgangseffekt, som formodentlig skal til en højttaler for at alle i en storstue kan følge med i Pressens radioavis og Gammel Dansemusik.



Ved forsøg har jeg fundet ud af en vigtig ting ved en gitterensretter. Hvis gitteraflederen forbindes til minus glødetråd giver det en dæmpning i LF signalet på otte til ni gange i forhold til hvis den er forbundet til plus eller centrum af glødetræden. Dette gælder for alle de ældre rør jeg har afprøvet, men jeg er ikke klar over

om det også gælder nyere batterirør af K og D typen. Da røret derved får en svag plus på gitteret dæmper det gitterspolen ligesom hvis det var en diode, den højeste Q jeg har opnået, uden brug af tilbagekobling, er på 1 MHz omkring 50. Ved hjælp af tilbagekoblingen kan man stort set ophæve dæmpningen af gitterspolen og derved opnå en meget højere spolegodhed. Jeg har målt godheden Q op til omkring 1000 ved meget omhyggelig justering af tilbagekoblingen, en så høj godhed er dog ikke hensigtsmæssig da det beskærer de høje toner i det signal man modtager. Man har i de tidlige radiokonferencer vedtaget, at den højeste tonefrekvens der udsendes på AM er 4,5 kHz. For at udsende det fejlfrit kræver det, at senderen har 4,5 kHz til rådighed på begge sider af sendefrekvensen, således at hver station fylder 9 kHz i frekvensbåndet. For at modtage det korrekt skal modtageren også have en båndbredde på 9 kHz. Hvis vores modtager har en Q på 500 på 1 MHz svarer det jo kun til 2 kHz (1 kHz på hvert side af sendefrekvensen), det vil så sige at alle LF frekvenser over 1 kHz detekteres svagere end de bliver udsendt og det vil derfor lyde som om diskanter er beskåret. Meget værre er det på LB, her vil frekvenser over 0,5 kHz blive dæmpet. Man kan dog flytte modtagerfrekvensen ud i det ene sidebånd og kan så modtage det frekvensområde af sidebåndet man dækker. Man kan også slække lidt på tilbagekoblingen, hvilket vil give en stor forbedring i båndbredden, men også reducere detektorens forstærkning. De fleste stationer på LB, og om aftenen på MB, vil dog være rigelig kraftig med reduceret tilbagekobling.

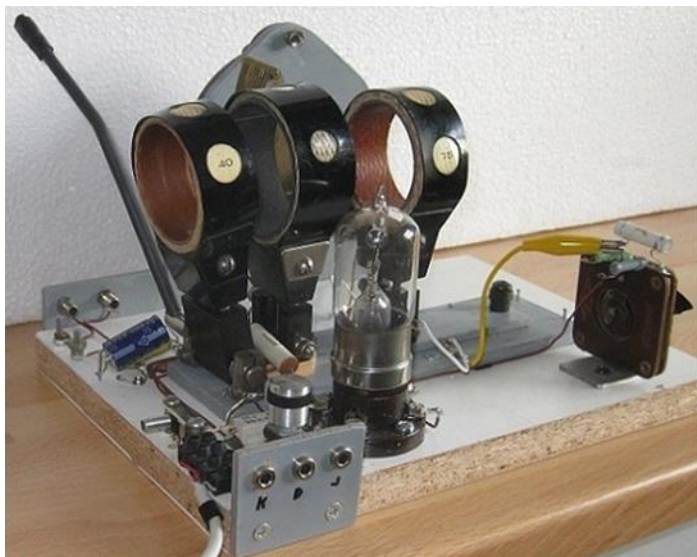
Jeg har foretaget følsomhedsmålingen af modtageren på 1 MHz med et signal moduleret 30% med 1 kHz LF der tilføres kunstantennen. 30% modulation er det niveau der er fastsat som gennemsnit for at undgå overmodulation når der udsendes musik, eller tale, med meget kraftig styrke. Overmodulation vil give kraftig sidebåndsstøj der vil splatte ud over nabofrekvenserne og give kraftige forstyrrelser. På skemaet herunder ses hvordan overmodulation opstår, når der er for lidt HF effekt til modulationsniveauet.



### *Amplitudemodulation, skematisk.*

Følsomheden har jeg i første omgang målt som, hvor meget signal der skal tilføres kunstantennen for at få 20 mV LF over hovedtelefonen, og det har jeg målt til 18,5 mV uden tilbagekobling. Hvis jeg nu trækker tilbagekoblingen an til nær svingningsgrænsen opnår jeg et LF niveau på 280 mV. Jeg slutter derfor, at tilbagekoblingen giver en forbedret følsomhed på 280 divideret med 20, altså fjorten gange. Hvis jeg derfor tilfører antennen et signal der er fjorten gange mindre end 18,5 mV, altså 1,32 mV, vil jeg få de 20 mV LF på hovedtelefonen som jeg ønsker. Det prøvede jeg og det mærkelige var, at nu havde jeg et LF signal på 90 mV, altså 4,5 gange mere end jeg regnede med. Næste forsøg var, at tilføre det signal til kunstantennen som var nødvendigt for at få 20 mV LF og det viste sig, at nu kunne jeg nøjes med 0,26 mV. Jeg må derfor slutte, at en gitterensretter er mest følsom ved svage signaler og hvis man tilfører kraftigere signal får man ikke tilsvarende mere LF ud til hovedtelefonen. De kraftige signaler vil opbygge en svag negativ spænding på gitteret, hvilket jo svarer til, at gitteraflederen var tilsluttet den negative side af glødetråden, der som

tidligere påvist, nedsætter forstærkningen kraftigt. Min detektormodtager har altså en følsomhed på 0,26 mV for 20 mV LF signal på hovedtelefonen. Den tilsvarende følsomhed for en A 415 er 0,14 mV, den er altså næsten dobbelt så god som min D 2. En følsomhed på 0,26 mV mener jeg er fuld tilstrækkelig til at modtage lige så mange LB og MB stationer som kan modtages på de fleste radioer fra fyrrerne og halvtredserne, men selvfølgelig kun på hovedtelefon. I stedet for gitterdetektor har jeg prøvet at koble A 415 som anodetektor, men det giver omkring 10 – 12 gange dårligere følsomhed, til gengæld kan den så behandle meget kraftige signalstyrker og er derfor mest velegnet som detektor efter kraftig højfrekvensforstærkning.



Modtageren set bagfra



D 2 i funktion, bemærk lysstyrken fra glødetråden

Ved de fleste målinger jeg har foretaget, er HF signalet tilført direkte til detektorrørets gitterkreds gennem kunstantennen, der har en egenkapacitet på ca. 200 pF, tæt på den kapacitet der er på en almindelig god udendørs 15 m lang antenne. Ulempen ved denne koblingsmetode er, at de 200 pF ligger direkte over afstemningsspolen, hvorved drejekondensatoren på 450 pF får en temmelig lille afstemningsområde. På LB kan jeg opnå afstemning fra 160 til 256 kHz, altså 96 kHz med en 1,3 mH spole på 150 vindinger. Det er ikke helt nok da LB området går fra 150 til 280 kHz, men Kalundborg på 243 kHz kommer dog med på skalaen. Man kunne så prøve med en større spole, men disse honeycomspoler fås kun med et bestemt vindingstal og den næste størrelse over 150 er på 200 vindinger og dækker området fra 126 til 203 kHz, så det er for meget selvinduktion.

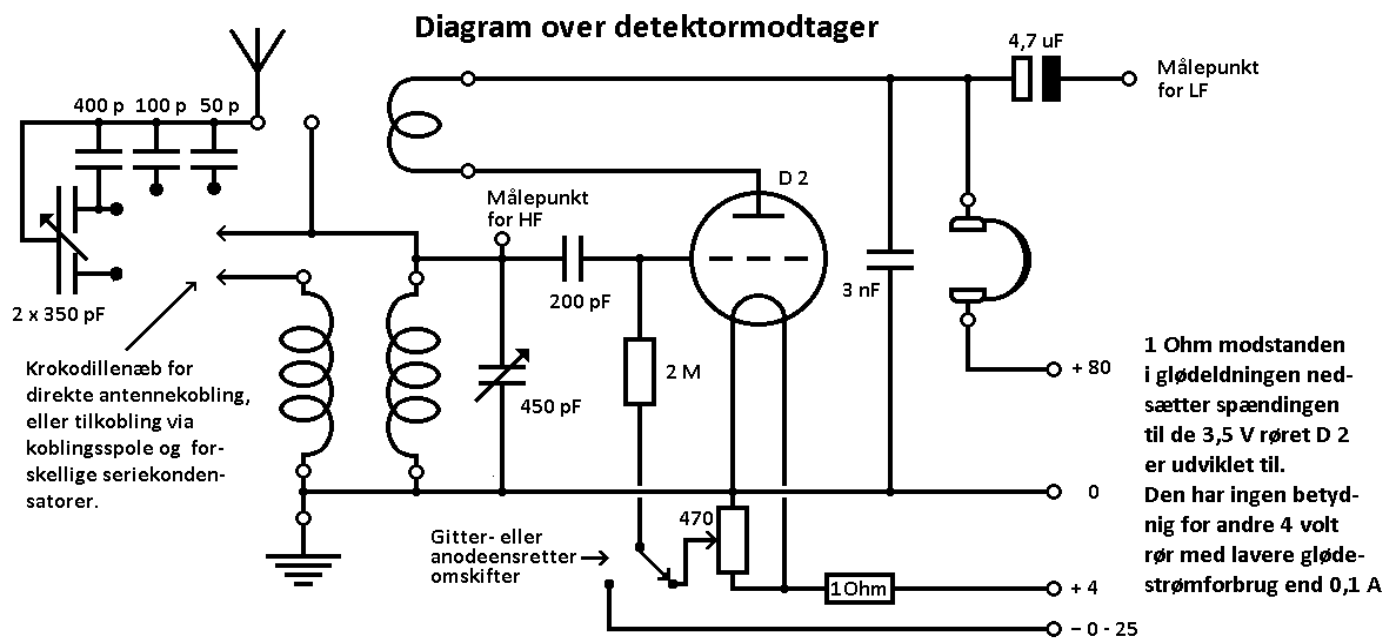
Hvis man selv vil bygge en detektormodtager må man forsøge at trække ledningsføringen så kort og direkte som muligt for at undgå for meget egenkapacitet, da det vil have stor betydning for afstemningsområdet i den højfrekvente ende. Det dejer sig om, at have så lav begyndelseskapacitet som muligt med uddrejet afstemningskondensator. Det må man tage hensyn til ved valg af komponenter og monteringen. Jeg må erkende, at egenkapaciteten i min modtager er oppe på 85 pF, hvilket nemt kan betyde flere hundrede kHz mindre dækning i den høje ende af MB. Det burde være muligt, at komme ned på omkring den halve kapacitet.

Man kan også bruge en antennekoblingsspole, det har den fordel at man så ikke har antennekapaciteten over gitterspolen og derved får et meget større afstemningsområde. Problemet med en koblingsspole er, at der skal være så meget selvinduktion, at spolen ikke kommer i resonans med antennekapaciteten indenfor afstemningsområdet, da det på resonansfrekvensen kræver en meget løs kobling med afstand mellem spolerne på 6 – 8 cm., ellers er det ikke muligt at bruge tilbagekoblingen tilfredsstillende. Til gengæld vil det på resonansfrekvensen give et meget kraftig signal og meget bedre selektivitet med den

løse kobling. På frekvenser udenfor resonans skal der være tæt kobling til gitterspolen, 2 – 3 cm., ellers bliver der ikke overført nok signal. Resonansfrekvensen skal helst være under den lavfrekvente ende af afstemningsområdet, for med en spole med resonans over den højfrekvente ende vil der være for lidt selvinduktion i spolen til at der kan blive tilstækkelig kobling. Med koblingsspole er det ikke muligt at få samme følsomhed over hele afstemningsområdet, der vil være lidt mindre følsomhed i den højfrekvente ende. Brug af antennekoblingsspole giver ellers stort set samme følsomhed som direkte antennekobling, når det er udført korrekt.

På de gamle hjemmebyggede detektormodtagere havde man altid direkte kobling af antennen til gitterkredsen, man havde så sat en kondensatorer på 50 eller 100 pF i serie med antennen via separate antennebøsninger som man flytte antennestikket til når man lyttede på den øvre del af MB området, eller når man havde en lang antenne, for at reducere antennekapaciteten. Der kunne være op til 3 antennebøsninger. Man flyttede så antennestikket til en af de bøsninger der gav den bedste modtagelse på det område man lyttede på.

Disse gamle 4 volts rør er produceret til batteridrift og der er ikke foretaget nogen afskærmning af udefra kommende forstyrrelser, men hvis man befinder sig i en bygning med 230 V vekselspænding, som alle bygninger nu om dage er forsynet med, virker hele installationen som sendeantenne for de 50 Hz der er på nettet. Det er ikke de 50 Hz der er problemet, men oversvingningerne på flere hundrede Hz der bliver opfanget af detektorrørets gitter og bliver forstærket sammen med det detekterede LF og derfor kan høres som sner i telefonen. Når det kun er en ét rørs modtager hører man det næsten ikke, men hvis der er LF forstærkning efter detektoren vil det være meget generende. En stelforbundet skærm under detektorrørets sokkel fjerner det værste, men ellers er man nødt til at anbringe detektorrøret i en stelforbundet metallak. Problemet blev hurtigt løst af rørfabrikerne ved at påføre rørene stelforbundet metallak. Alle kender vist disse gråblå, gule og røde rør, som de forskellige rørfabriker producerede.



Min samling af honeycombspoler til eksperimenter