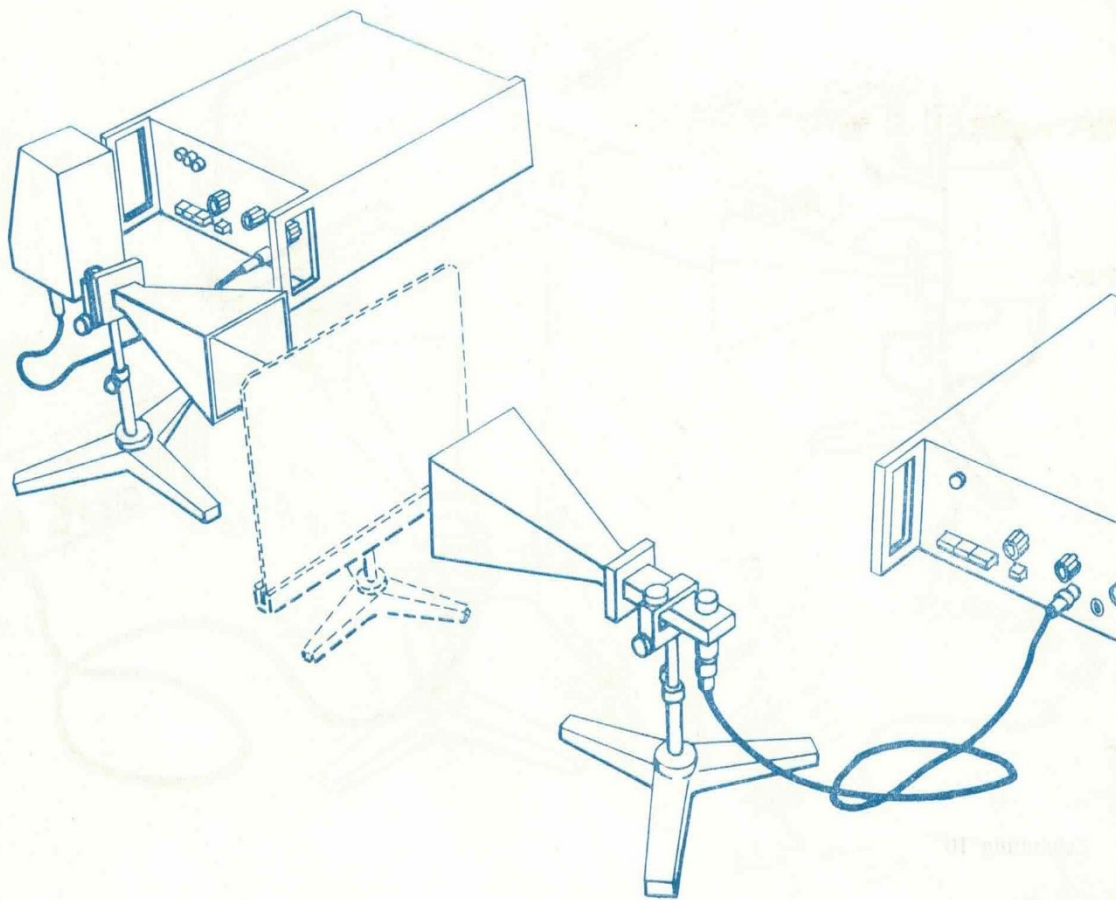


INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	8
2. Arbeitssicherheitsvorschriften für Bedienung und Wartung	9
3. Die Inbetriebsetzung und Bedienung des Geräts	9
3.1. Netzgerät und Mikrowellensender	9
3.2. Mikrowellen-Richtempfänger und NF-Verstärker	10
4. Bausteine des Geräts	10
5. Aufgabe des Mikrowellen-Vorführungssatzes	13
6. Wirkungsprinzip des Klystrons, Wellenleiter	13
7. Beschreibung der Versuche	17
7.1. Sendung und Empfang elektromagnetischer Wellen	19
7.2. Leiter und Isolatoren auf dem Wege elektromagnetischer Wellen	19
7.3. Reflexion elektromagnetischer Wellen	20
7.4. Das Gesetz der Reflexion elektromagnetischer Wellen	21
7.5. Sammelvermögen des konkaven Spiegels	22
7.6. Brechung der elektromagnetischer Wellen	23
7.7. Sammel- und Streulinse im elektromagnetischen Strahlengang	24
7.8. Der Durchgang elektromagnetischer Wellen durch das Prismengefäß	25
7.9. Interferenz elektromagnetischer Wellen (Frensel Versuch)	26
7.10. Stehende Wellen	27
7.11. Polarisierung elektromagnetischer Wellen	28
7.12. Diffraktion elektromagnetischer Wellen	29
7.13. Modulation elektromagnetischer Wellen	32
7.14. Das Prinzip der Funkortung	33
7.15. Das Prinzip des Richtfunkes	34



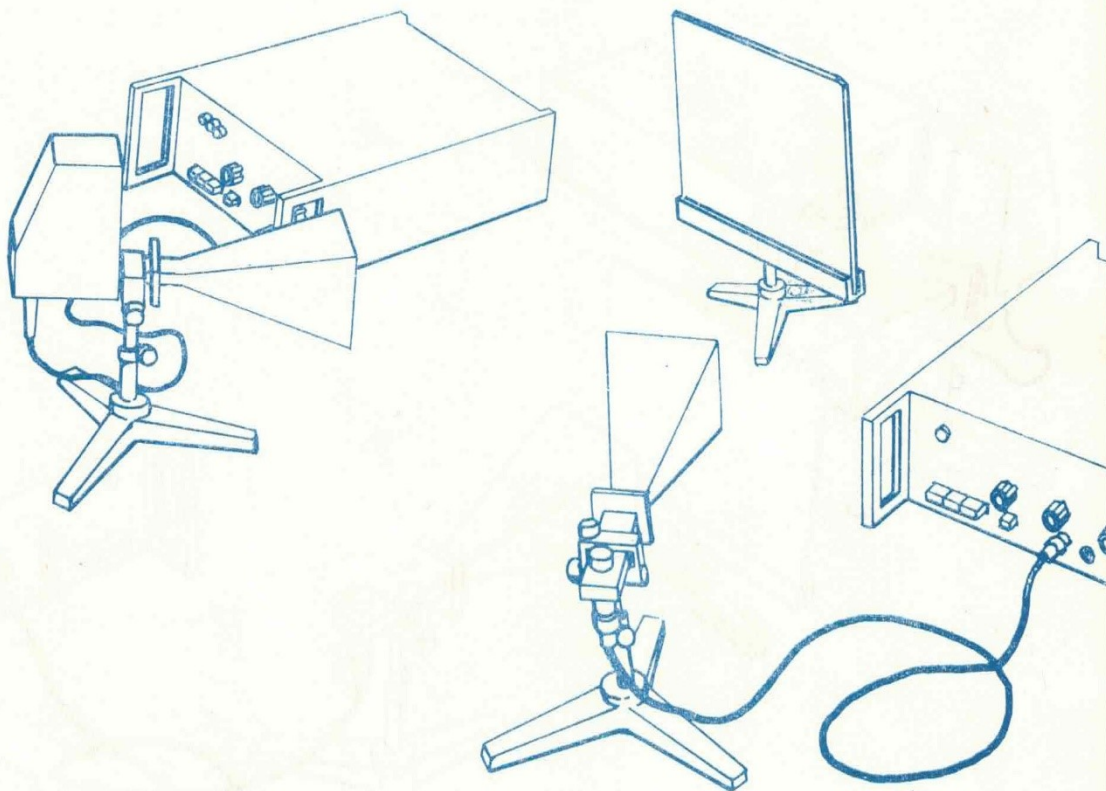
Zeichnung 9

7.1. Sendung und Empfang elektromagnetischer Wellen

Nach der Zusammenstellung der Apparate nach Zeichnung 9 und dem Anschluss entsprechender Spannungen kann man den Empfang der vom Sender gegebenen Signale feststellen (Mikrowellensender und Richtempfänger werden in grader Linie gegenüber gestellt). Es genügt jedoch eine seitliche oder vertikale Verschiebung eines der Trichter und der Empfänger wird auf die Sendersignale nicht ansprechen. Während der Vorführung kann man an Stelle des Richtempfängers die Detektorsonde benutzen.

7.2. Leiter und Isolatoren auf dem Wege elektromagnetischer Wellen

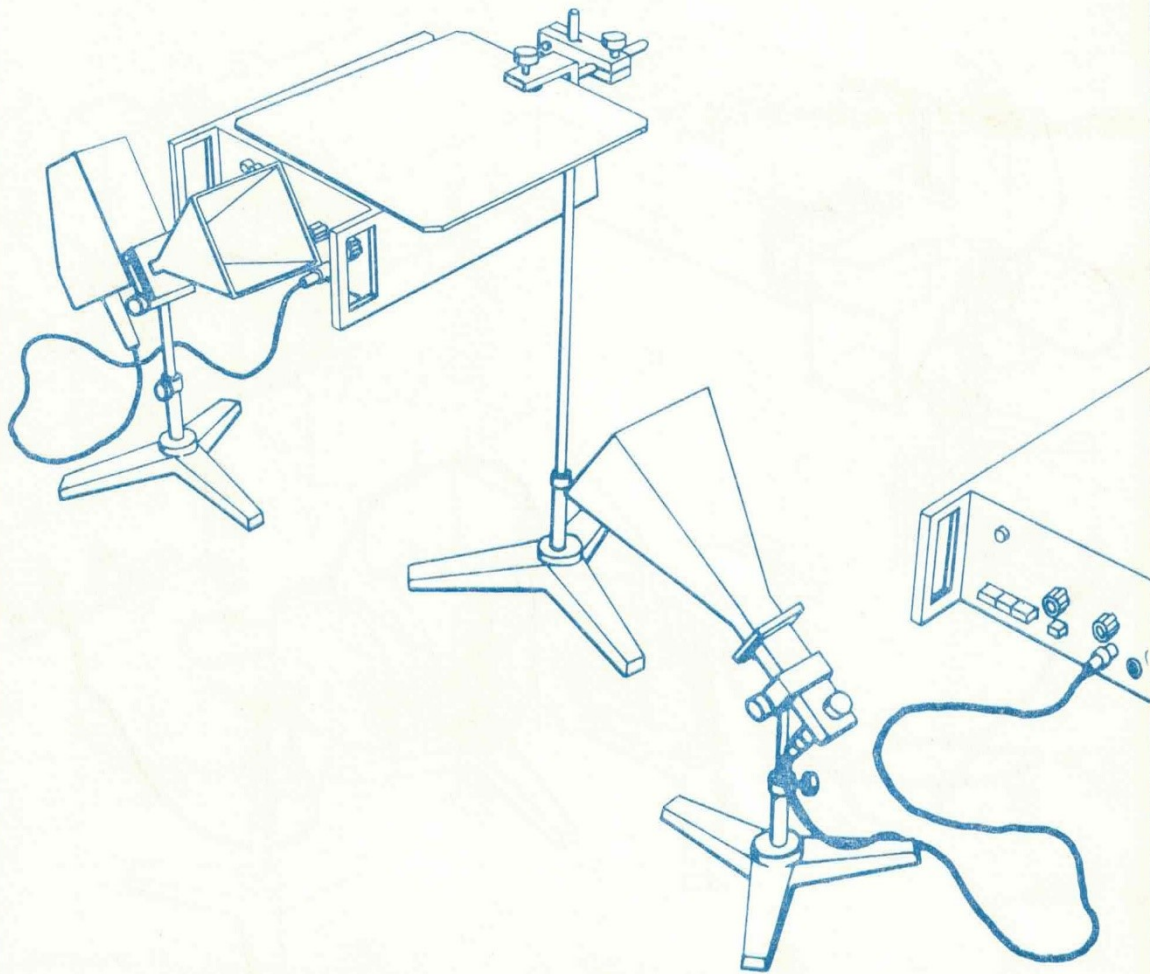
Die Aufstellung der Geräte wie in Vorführung 7.1. zwischen Sender und Empfänger sind nacheinander die Metallplatten und nachher die Plexiglasplatte und die Platte aus Phenolharzgetränktem Papier aufzustellen. Es ist leicht festzustellen, daß die Mikrowellen leitende Medien nicht durchdringen, dagegen Dielektrikums fast umgeschwächt passieren. Durch das Hinhalten der Hand im Laufe des Strahles, stellen wir eine bedeutende Schwächung desselben fest.



Zeichnung 10

7.3. Reflexion elektromagnetischer Wellen

Um die Reflexion elektromagnetischer Wellen vorzuführen werden die Geräte nach Zeichnung 10 aufgestellt. Am Stativ mit langer Leiste werden nacheinander leitende Platten angebracht und nachdem Isolierplatten. Selbstverständlich werden die elektromagnetischen Wellen hauptsächlich durch Leiter reflektiert, wennauch eine teilweise Reflexion an der Grenzschicht Luft-Isolatoren festzustellen ist (Plexi-glas- und Phenolharzplatten).



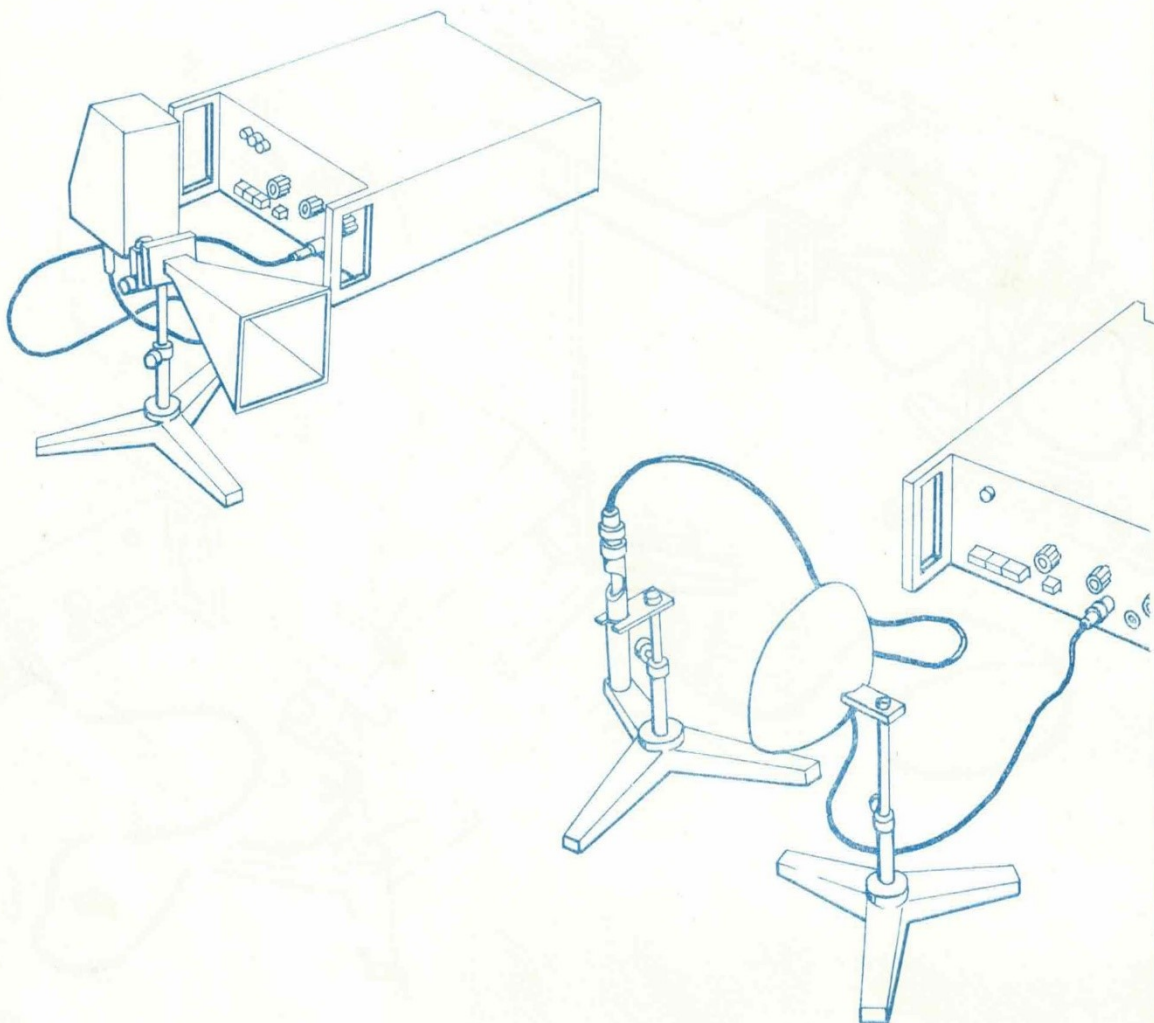
Zeichnung 11

7.4. Das Gesetz der Reflexion elektromagnetischer Wellen

Die Geräte werden nach Zeichnung 11 zusammengestellt. Sender und Empfänger werden auf einer Ebene unter einem Winkel von 30° zur Horizontale aufgestellt. Die Metallplatte auf beliebigem Stativ verrücken wir bis wir einen guten Empfang des Sendersignals erreichen.

Weiter ändern wir den Neigungswinkel des Senders oder Empfängers und stellen fest daß kein Empfang vorliegt. Der Signalempfang ist nur möglich wenn die Neigungswinkel gleich sind. Durch Drehung des Empfängers (unter Beibehaltung des Neigungswinkel) so damit die Ebene in welcher sich der Sender befindet, sowie die Senkrechte zur reflektierenden Fläche geändert wird, stellen wir fest, daß auch jetzt das Signal nicht empfangen wird.

Der Versuch beweist daß die Welle unter demselben Winkel reflektiert wird wie der Einfallswinkel und daß der Reflexionswinkel in der selben Ebene wie der Einfallswinkel sowie senkrecht zur Reflexionsfläche liegt.

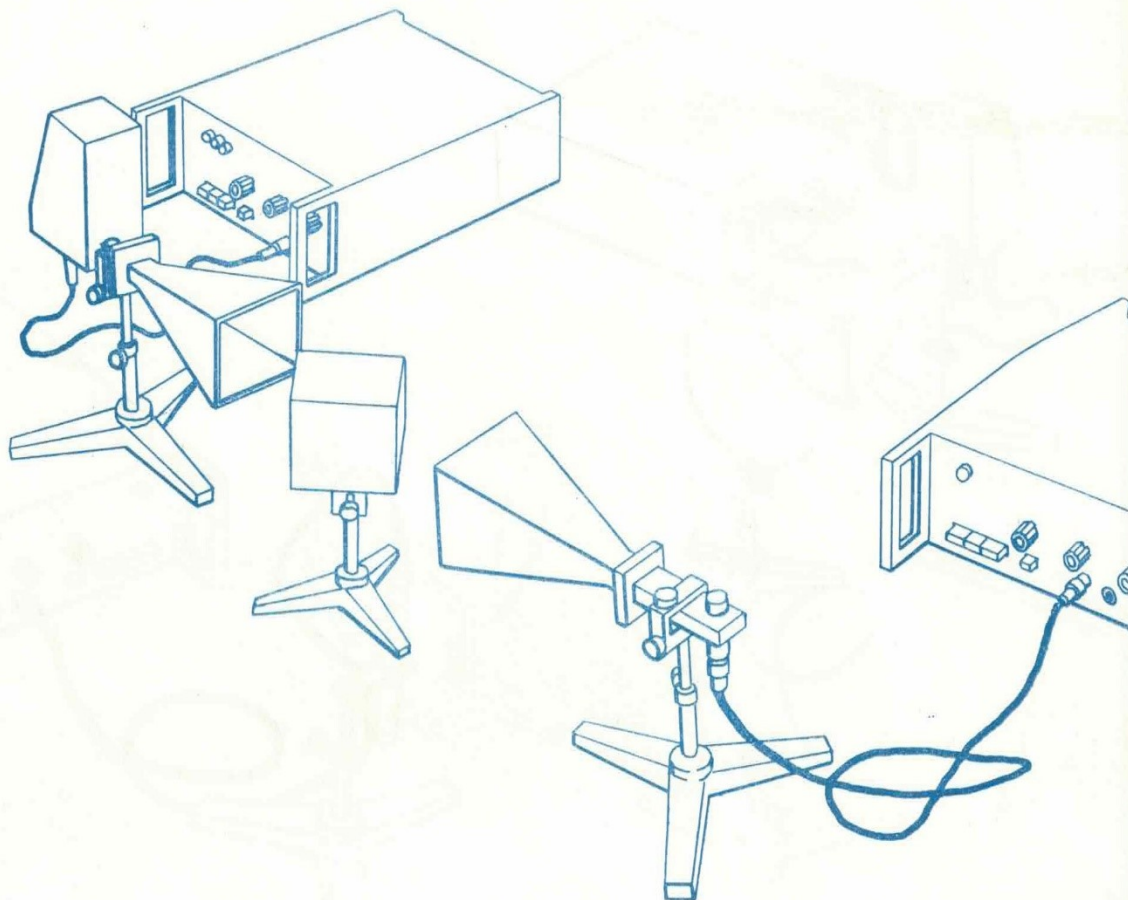


Zeichnung 12

7.5. Sammelvermögen des konkaven Spiegels ¹⁾.

Die Detektorsonde wird in einer Entfernung von ca 80 - 100 cm vom Sender aufgestellt, nach der Betätigung des Senders ist ein schwaches Signal vom Verstärker wahrnehmbar. Wenn wir aber, ohne Änderung der Lage des Senders und der Sonde, den Spiegel hinter der Sonde aufstellen bemerken wir eine wesentliche Verstärkung des aufgenommenen Signals. Durch das beiderseitige Verschieben des Spiegels finden wir solche Lage desselben in welcher die Verstärkung am grössten ist. Die Entfernung zwischen der Detektorsonde und dem Spiegel bestimmt dessen Brennweite.

¹⁾ Da in diesem vorführungssatz solch ein Spiegel nicht enthalten ist.

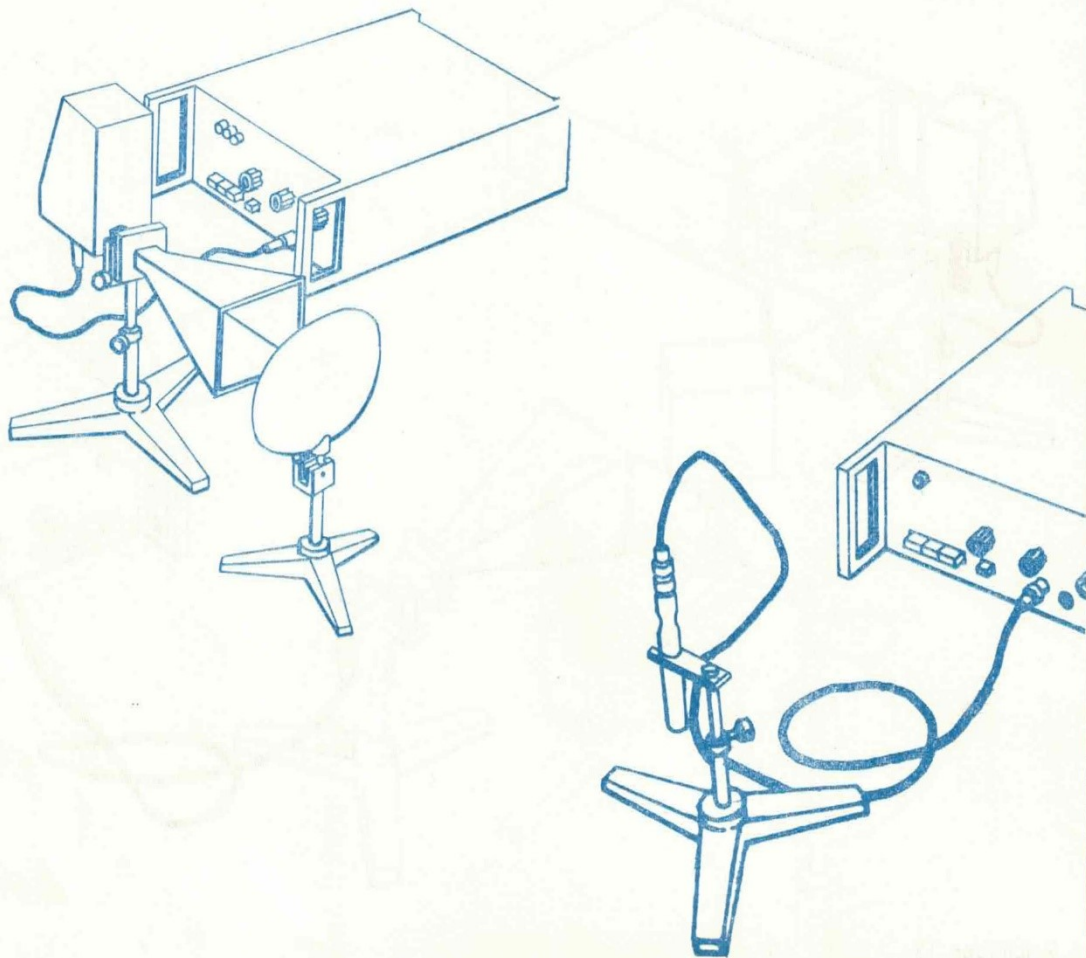


Zeichnung 13

7.6. Brechung der elektromagnetischen Wellen

Geräteanordnung wie auf Zeichnung 13. Man beachte das parallele Aufstellen der Mündungen beider Antennen. Es ist vorteilhaft alle Elemente so aufzustellen, daß der zwischen Sender und Empfänger eingeführte Würfel solche Brechung der elektromagnetischen Strahlung bewirkt, daß der Empfang ermöglicht wird. Das Entfernen des Brechungselements (Würfel) verursacht eine Unterbrechung oder eine sehr wesentliche Schwächung des Empfanges.

Nach der Aufzeichnung des Strahlenganges der Mikrowellen, sollten die Schüler zum Schlusse kommen, dass hier eine parallele Verschiebung der Strahlung erfolgt. Unter Inanspruchnahme der Detektorsonde oder des Empfängers kann man beweisen, dass ein Teil der elektromagnetischen Wellen beim Eingang in den Würfel reflektiert wird.

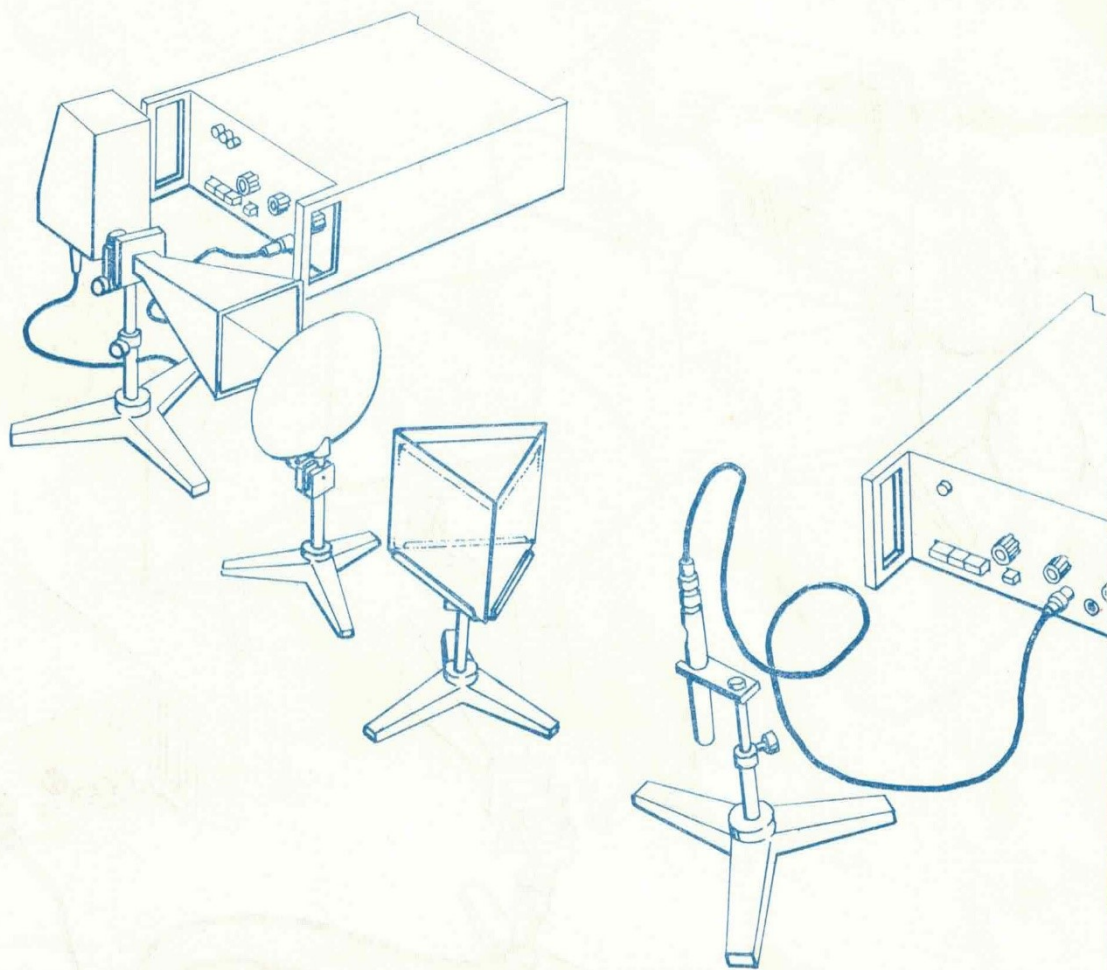


Zeichnung 14

7.7. Sammel-und Streulinse im elektromagnetischen Strahlengang

In einer Entfernung von 80 - 120 cm vor dem Sender wird die Detektorsonde aufgestellt. Nach dem anschliessen der Spannung und der Betätigung des Verstärkers, wählen wir eine Verstärkung daß das Signal schwach hörbar ist. Durch das Bewegen der Sonde stellen wir fest daß die Verstärkung sich nicht gewaltsam ändert (wenn wir sie nicht allzu nah an den Sender bringen). Die Sonde wird in Anfangsstellung gebracht und in den Strahlengang führen wir die plankonvexe Linse ein (Zeichnung) 14.

Durch das Verschieben der Linse auf dem Tische stellen wir fest, daß zwischen dem Sender und der Sonde solche Stelle besteht wo die Stärke des empfangenen Signals am größten ist. Durch Wechsel der plankonvexen Linse auf eine bikonkave stellen wir eine bedeutende Schwächung des Signals fest. Der Versuch beweist, daß die plankonvexe Linse die elektromagnetische Strahlung streut (analog wie durchsichtige Linsen das Licht sammeln oder streuen).

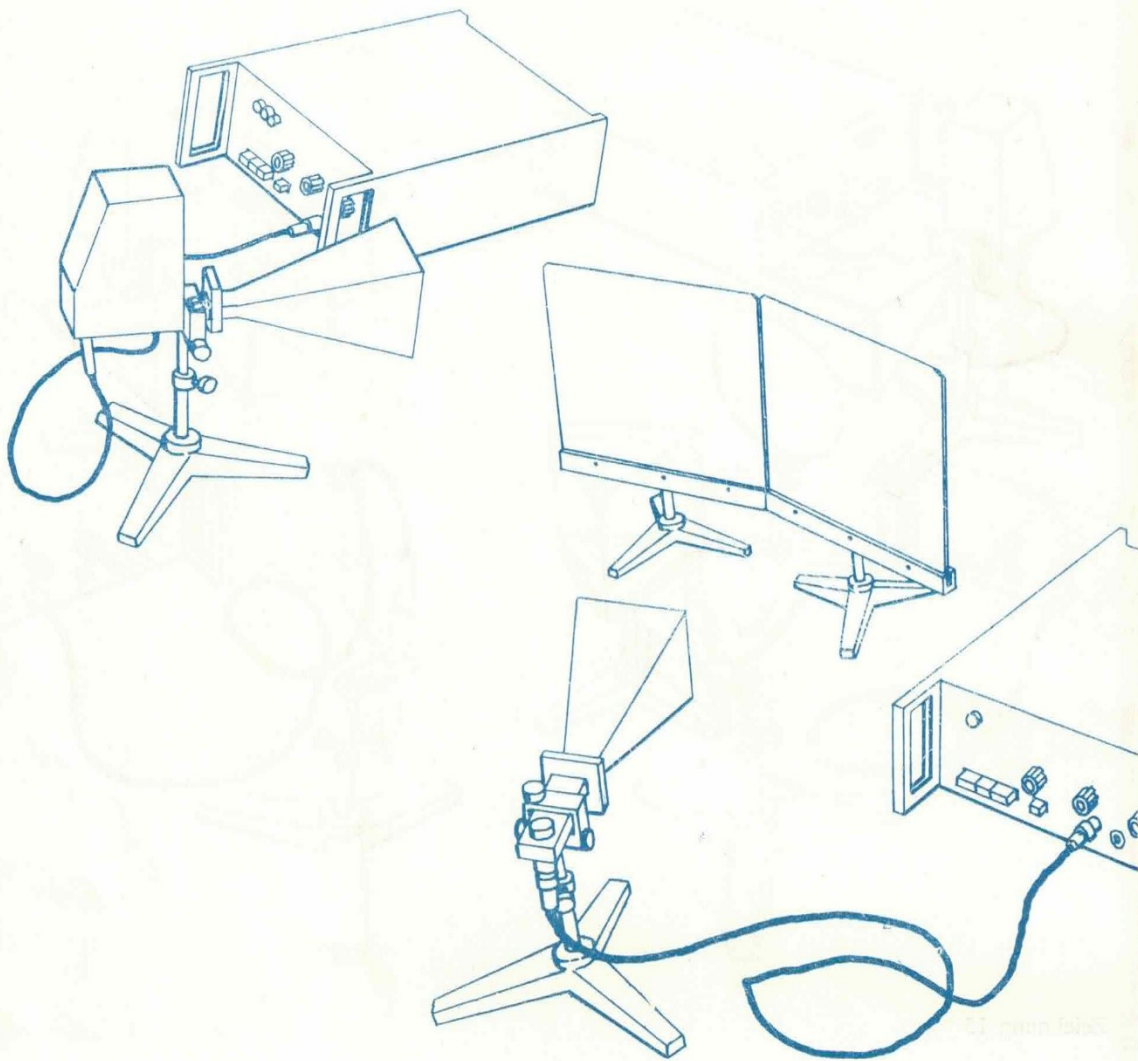


Zeichnung 15

7.8. Der Durchgang elektromagnetischer Wellen durch das Prismengefäß

Den Strahl der elektromagnetischen Wellen vom Sender bündeln wir mit Hilfe der Linse und richten ihn auf die Sonde. Ein starkes Signal wird hörbar. Durch das Einstellen zwischen Sender und Sonde des z.B. mit Wasser, Brennspritus oder Glyzerin gefülltem prismatischem Gefäß, stellen wir das Fehlen des Signals fest.

Durch das senkrechte, gegenüber dem Strahl, verschieben der Sonde nach beiden Seiten finden wir den gebrochenen Strahl der elektromagnetischen Wellen. Durch Wechsel der Flüssigkeit im Gefäß stellen wir eine Änderung des Brechungswinkels des Strahles fest.

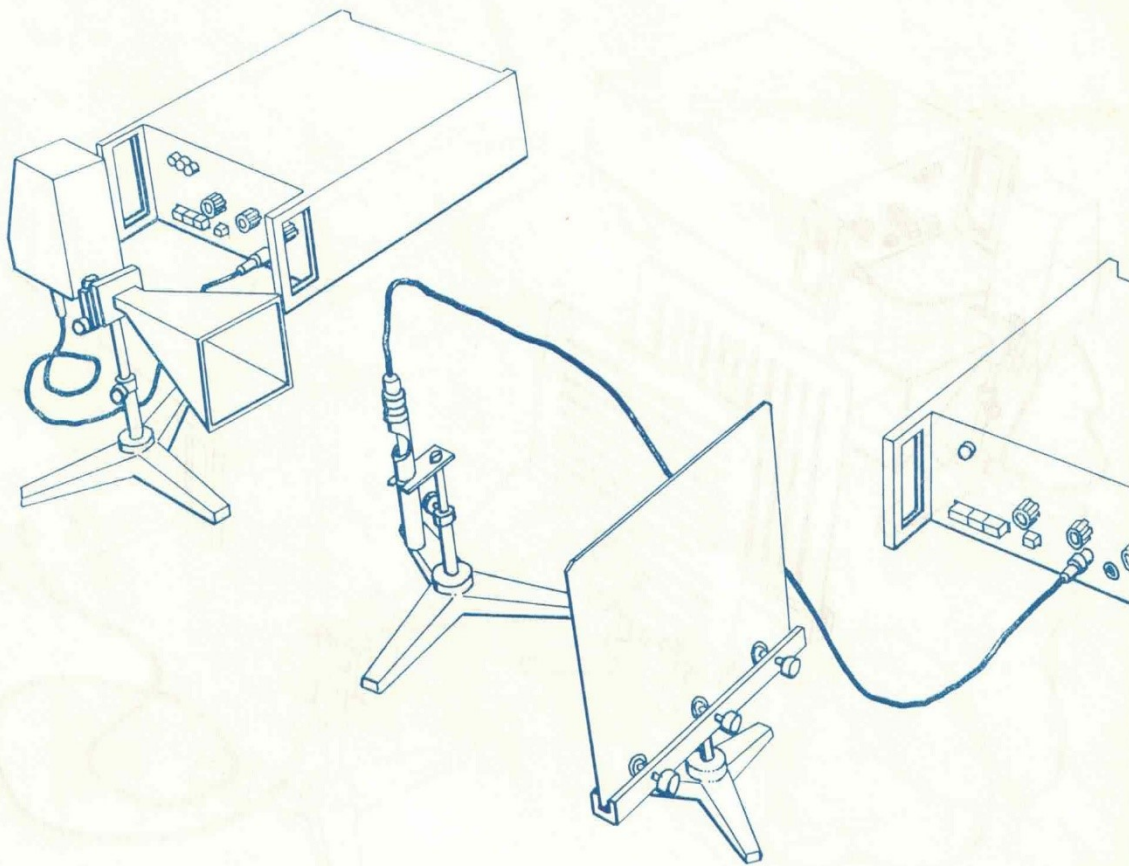


Zeichnung 16

7.9. Interferenz elektromagnetischer Wellen (Fresnel Versuch)

Zwei leitende Platten werden so aufgestellt, daß die eine die Verlängerung der anderen darstellt. In einer Entfernung von 60 - 70 cm von den Platten wird der Sender in solcher Weise aufgestellt, daß die Achse seiner Antenne durch den Stoß der Platten geht, und der Winkel zwischen dem Sender und der Senkrechten zur näheren Platte 20° beträgt. Nach dem Einschalten des Senders und des Verstärkers erhört man ein deutliches Signal. Nun werden die Aluminiumplatten so hingestellt, daß der Winkel zwischen ihnen fast 180° beträgt.

Bei dem umgehen der Platte in einem Bogen mit dem Richtempfänger (beim einhalten konstanter Entfernung von der Platte) stellen wir fest, daß es Stellen mit besserem und schlechterem Empfang gibt welche wechselweise auftreten, was von einer Überlagerung der elektromagnetischen Wellen und Interferenzerscheinungen zeugt.



Zeichnung 17

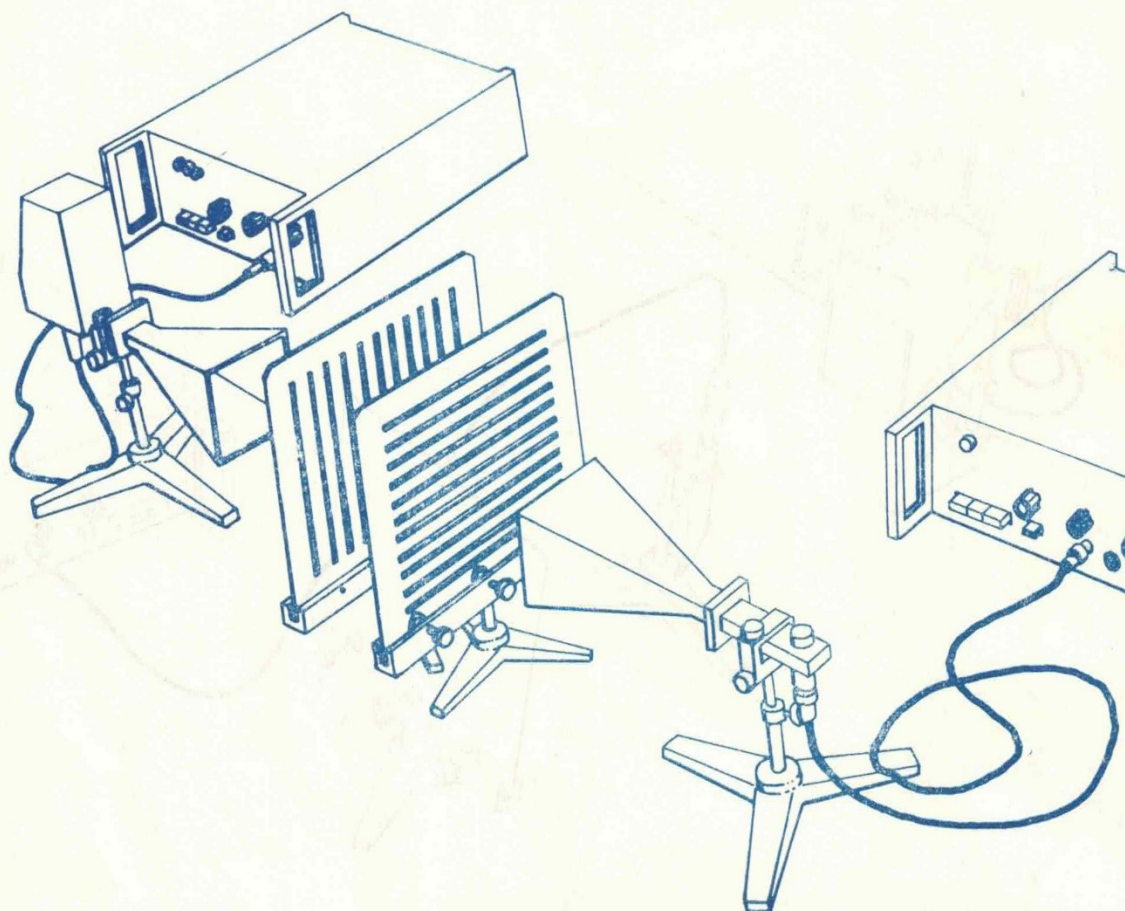
7.10. Stehende Wellen

Vor dem Sender in einer Entfernung von 1 m wird die Aluminiumplatte aufgestellt und vor ihr die Detektorsonde.

Durch das Verschieben der Metallplatte entlang der Aufstellungsrichtung des Senders und der Sonde, stellen wir das Auftreten von Verstärkungen und Abschwächungen des Signals (Knoten und Bäuche) auf kleinen Abschnitten (ca 1,5 cm) fest. Wenn wir die Aluminiumplatte in Ruhe belassen und den Sender in derselben Richtung verschieben treten dieselben Erscheinungen auf.

Obigen Versuch kann man auch so ausführen daß man bei unbewegter Aluminiumplatte und Sender, die Detektorsonde auf der Suche nach Knoten und Bäuchen verschiebt.

Auf diese Weise entstehen in Folge von Interferenz, stehende Wellen. Mit der Hilfe eines Mikroamperemeters oder Oszilloskopes, werden wir die Wellenlänge bestimmen können ($\lambda \sim 3 \text{ cm}$).

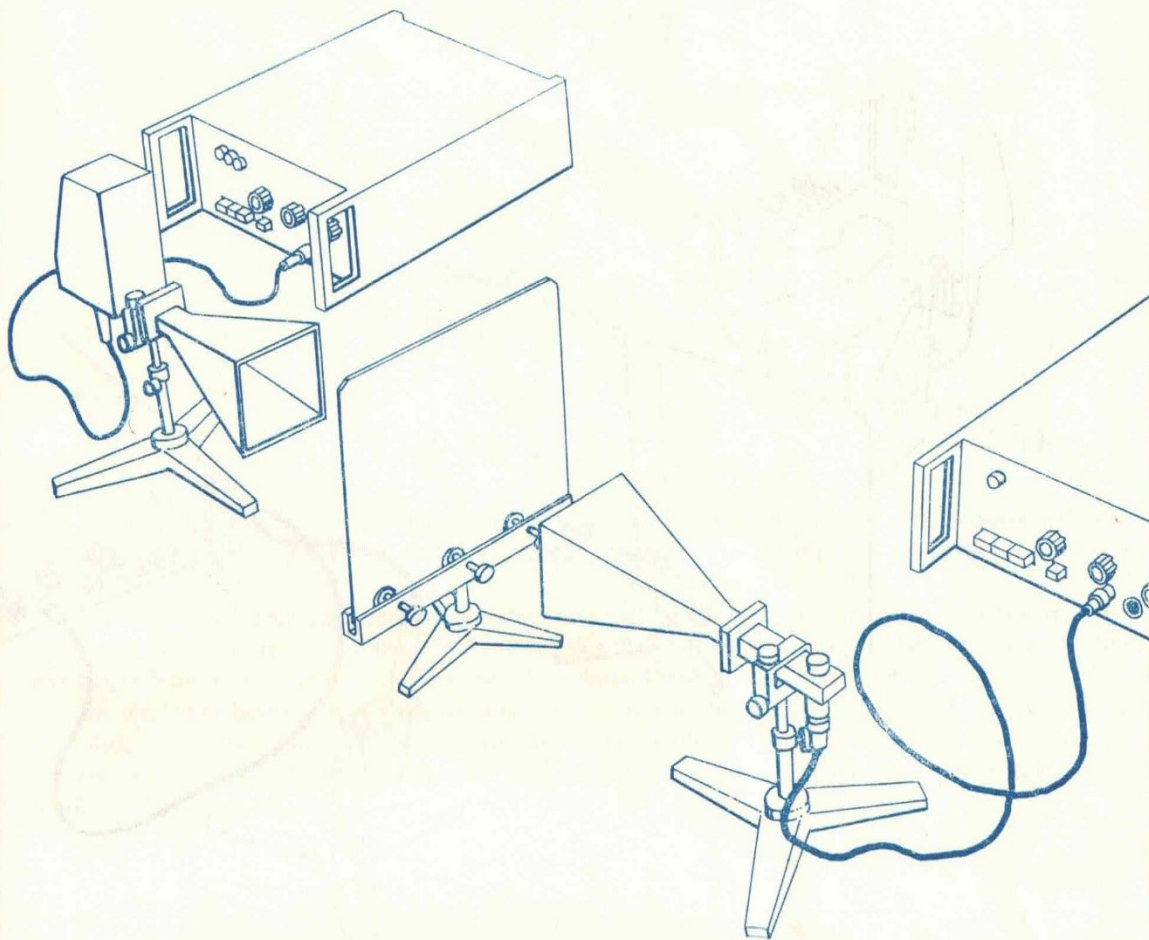


Zeichnung 18

7.11. Polarisation elektromagnetischer Wellen

Zwischen dem Sender und Richtempfänger werden die Platten für Polarisationsversuche eingebracht. Bei gegenseitig senkrechter Lage der Spalte in den Platten kommt die Welle nicht durch und es erfolgt kein Empfang.

Nach der Beseitigung einer Platte und dem Drehen der verbliebenen Platte wird eine Schwächung und Verstärkung der durchgehenden elektromagnetischen Wellen festgestellt. Bei der horizontalen Lage der Platte verlaufen die Wellen fast ohne Abschwächung. Diese Erscheinung kann man auch ohne den Platten, durch das Drehen des Senders oder Richtempfängers erreichen. Dieser Effekt zeugt von der Polarisation der elektromagnetischen Wellen und dem transversalem Charakter ihrer Schwingungen.



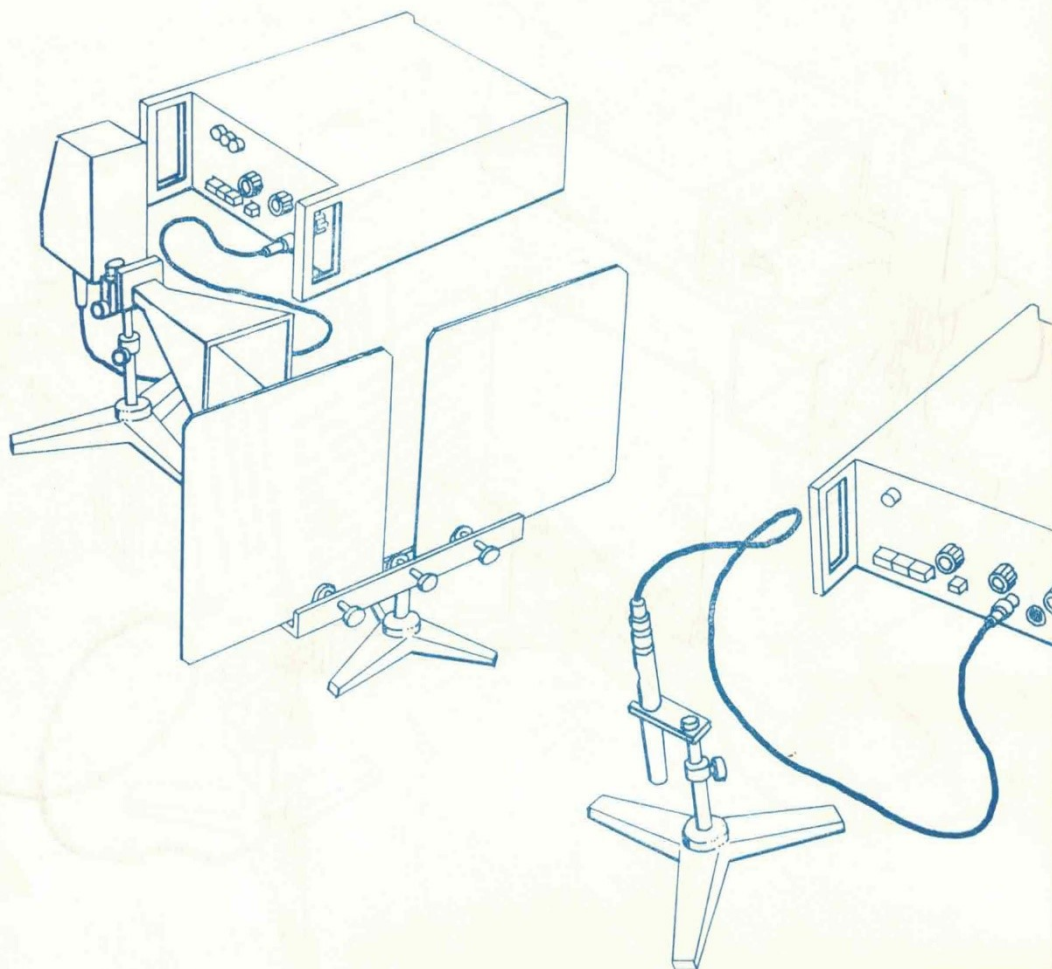
Zeichnung 19

7.12. Difraktion elektromagnetischer Wellen

Der weiter beschriebene Versuch, welcher die Difraktion der elektromagnetischen Wellen betrifft, gehört zu den verwickelsten und schwer verständlichen Phänomenen. Aus diesem Grunde sollte man vor seiner Vorführung und Analyse sich auf zuvor durchgeführte Versuche über die Difraktion der Wasserwellen berufen.

7.12.1. Zwischen dem in 1 m Abstand befindlichen Sender und Richtempfänger wird eine breite Aluminiumplatte aufgestellt.

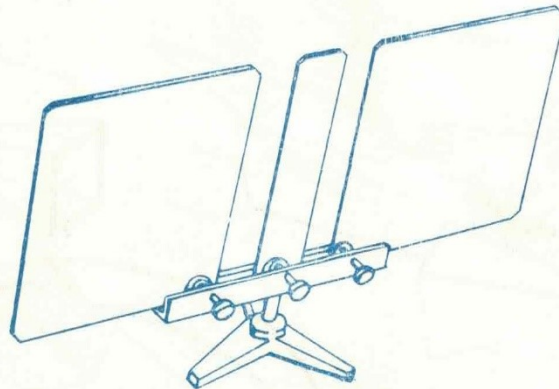
Durch Verschiebung in einem Bogen des Richtempfängers hinter der Platte suchen wir den Empfang der elektromagnetischen Wellen auf. Der Bereich in welchem die Wellen nicht empfangen werden ist etwas größer als die geometrische Masse der Platte, was von einer Beugung der Wellen an den Plattenkanten zeugt.



Zeichnung 20

7.12.2. Wir nähern die Detektorsonde dem Sender auf 60 - 80 cm und stellen zwischen Sender und Detektorsonde auf dem Stativ mit langer Leiste zwei Aluminiumplatten zwischen welchen ein Spalt von ca 3 cm besteht auf.

Beim Verschieben der Sonde hinter dem Spalt stellen wir fest, dass der beste Empfang des Signals in der Mitte des Spalts ist und an den Kanten der Platten gemindert wird, also auch hier tritt eine Beugung an den Plattenkanten ein.

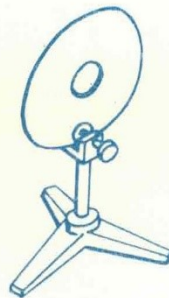


Zeichnung 21

7.12.3. Der Sender und die Detektorsonde wird in einer Entfernung von 60 - 70 cm aufgestellt und aus Aluminiumplatten (zwei breiten und einer schmalen) wird ein Hindernis mit zwei Spalten je 3 cm Breite aufgestellt.

Bei dem Verschieben der Sonde hinter dem Hindernis beobachten wir Änderungen im Empfang des Signals durch den Detektor. In dieser Weise kann man das Vorhandensein dreier Bereiche guten Signalempfanges feststellen, welche durch Bereiche schwächeren Empfanges getrennt sind.

Im mittlerem Bereich ist das Signal etwas stärker wie in den seitlichen Bereichen, und die Breite des mittleren Empfangsbands ist schmaler von den beiden seitlichen Bändern. Solch eine Verteilung der Signalempfangsbereiche ist das Ergebnis des Beugungseffekts, sowie zusätzlicher Interferenz elektromagnetischer Wellen.

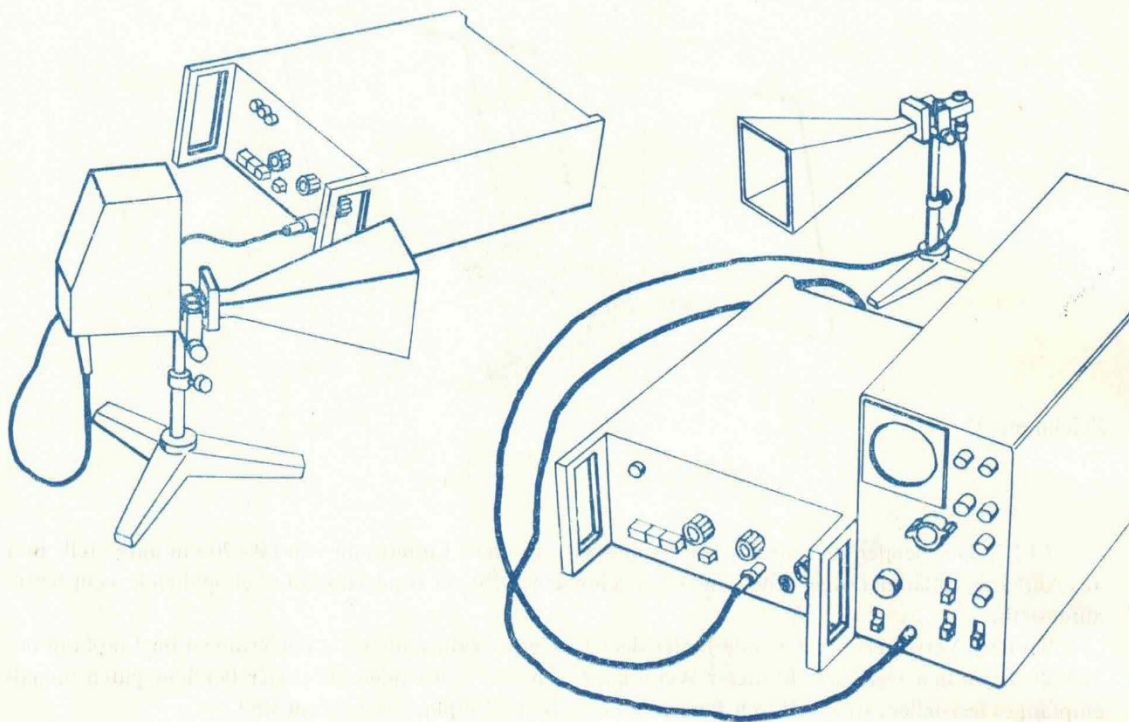


Zeichnung 22

7.12.4. Die Anordnung des Senders und der Detektorsonde wie im vorgehenden Versuch. Das Hindernis mit zwei Spalten wird durch die Platte mit der runden Öffnung von 3 cm Durchmesser ersetzt.

Beim Führen der Sonde in der Ebene quer zum Loch in der Platte stellen wir eine Wertänderung des empfangenden Signals fest. Eine Verstärkung in der Lochmitte, und eine Abschwächung an den Rändern, sowie das Auftreten von Signalen im optischem Schatten der Platte an den Kanten derselben.

Die Analyse der durchgeführten Versuche über die Diffraktion müßte den Schülern das Verständnis dieser komplizierter Erscheinung erleichtern.



Zeichnung 23

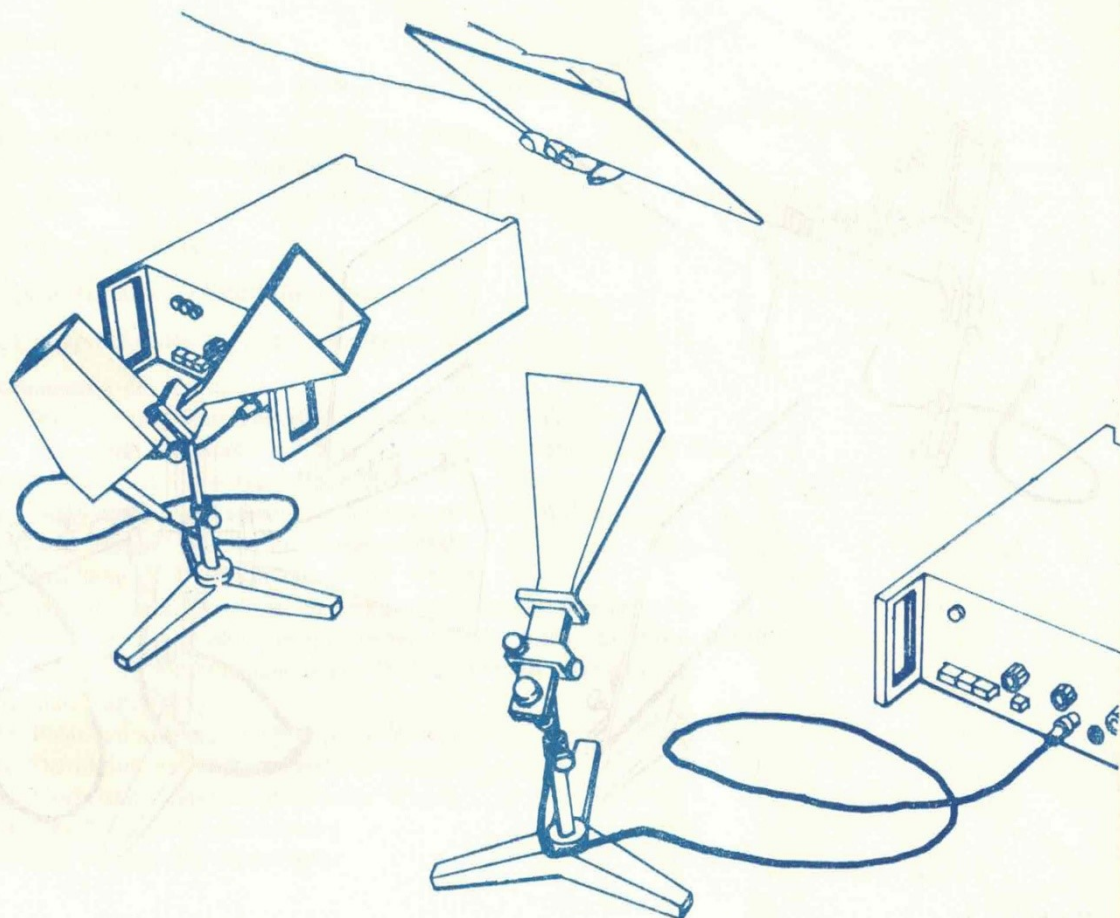
7.13. Modulation elektromagnetischer Wellen

Der Sender und Richtempfänger wird im Abstand von 80 - 90 cm aufgestellt und an den Verstärker wird ein Oszilloskop angeschlossen.

Nach der Betätigung des Senders und des Verstärkers stellen wir den Empfang des durch den Sender gegebenen Signals fest und nach der Betätigung des Oszilloskops beobachten wir auf dem Bildschirm das verstärkte Signal.

Nach dem Festlegen der „Zeitbasis“ zählen wir die vollen Schwingungen zusammen. Durch Änderung der Modulierungsfrequenz hören wir eine Tonänderung (höherer oder niedriger Ton), gleichzeitig ändert die Anzahl voller Schwingungen auf dem Bildschirm des Oszilloskops.

Dieser Versuch gestattet also die Modulation der Frequenz elektromagnetischer Wellen vorzuführen.

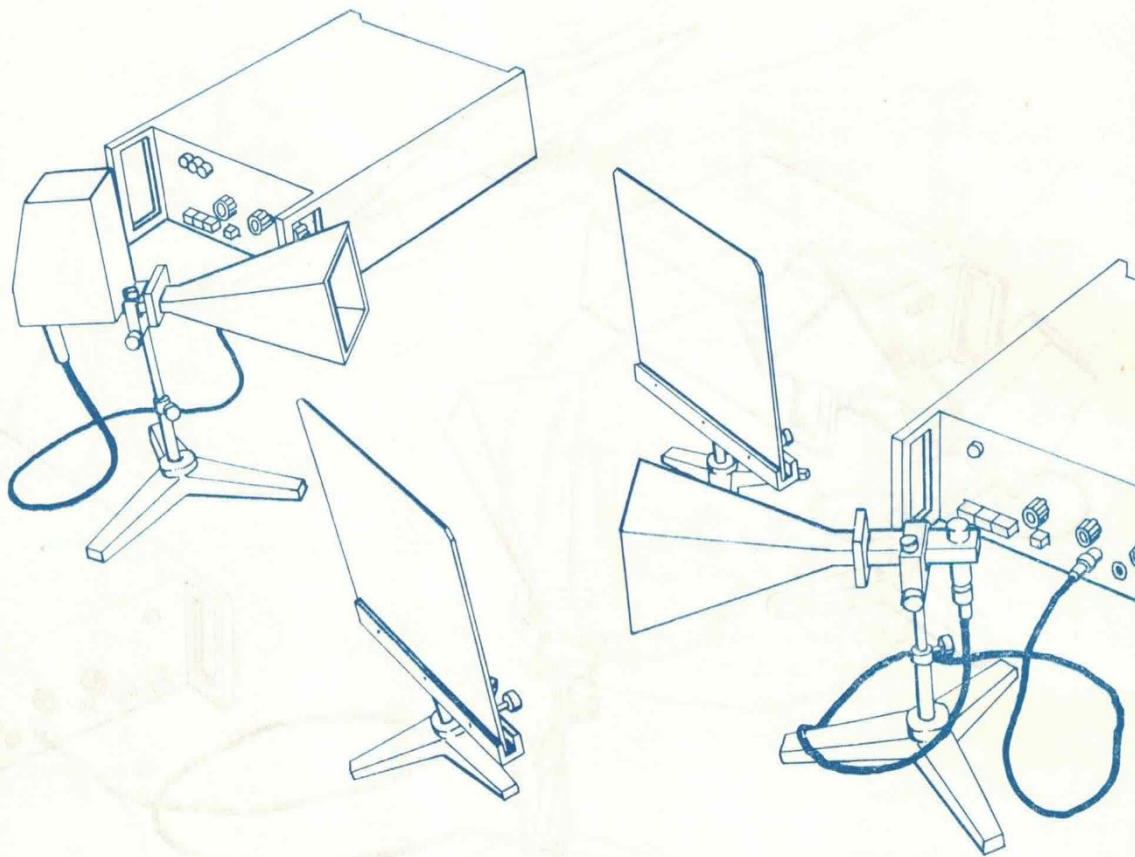


Zeichnung 24

7.14. Das Prinzip der Funkortung

Zur Ausführung dieses Versuches werden benötigt: Sender, Richtempfänger sowie beliebige Metallgegenstände (es können die Metallplatten aus dem Gerätesatz sein). Den Sender und Richtempfänger stellen wir in dieser Weise nebeneinander, daß die Aufstellungsrichtung einen spitzen Winkel von $40^\circ - 60^\circ$ bilden- Beide Einrichtungen sollen mit ihren Trichtern in die Höhe gerichtet sein.

Wenn wir im Raum vor dem Sender irgendein Metallgegenstand aufstellen, so daß der Mikrowellenstrahl der durch ihn reflektiert wird zum Richtempfänger trifft erklingt ein Signal- wir orten den Gegenstand im Raum.



Zeichnung 25

7.15. Das Prinzip des Richtfunkes

Zum Versuch benötigen wir den Sender und Richtempfänger sowie zwei (ev. mehr) Metallplatten. Aus angeführten Teilen bauen wir eine Richtfunklinie auf, wie auf Zeichnung 25.

Das richtige Aufstellen der Metallplatten (richtige passender Winkel) gestattet es die elektromagnetische Welle bis zum Richtempfänger und Verstärker zu führen. In dieser Weise wird z.B. das Leiten und Verstärken elektromagnetischer Wellen in Fernsehkanälen durchgeführt.