

# Kopfbezogene Stereophonie

Von Waldemar F. Kehler

## Einführung

Das 50-Jahr-Jubiläum des Radios erweckt eine Vielzahl von Erinnerungen an eine Zeit, da dieses Medium noch nicht zur bloßen Informationsquelle oder gar zur Geräuschkulisse abgewertet war. Man nahm es damals noch auf sich, mühevoll mit der Spitze einer Silberkathode einen Bleistiftkristall abzugrasen, um jene Gleichrichterwirkung zu erzielen, die nötig ist, um hochfrequenten Trägerwellen gleichzurichten und so die amplitudenmodulierten Tonschwingungen hörbar zu machen. Viele Entwicklungsstufen hat das Radio selber durchlaufen, immer im Bemühen um eine möglichst naturgetreue Übermittlung gegebener Klängebilder. So bot sich bald die Verstärkerstufe des Kundfunkgeräts auch zur Verbesserung der Wiedergabe von Schallplatten aufnahmen an. Hand in Hand mit der Entwicklung neuer Tonabnehmer/sterne ging die der «Füllschicht» für Schallplatten. Durch hohen verstärkertechnischen Aufwand bemühte man sich ständig um weitere Verbesserungen der Klangwiedergabe. Die «Hi-Fi-Welle» rüllte am. Nachdem 1949 die *Ultraschallwelle* für den Rundfunk entdeckte worden war, standen nunmehr auch *geringfrequent breitere* Tonschwingungen zur Verfügung. Dank der *Frequenzmodulation* ließen sich auch Störungen weitgehend eliminieren. Zwar weiß man, daß die meisten Menschen Töne über 12 000 Hz nur noch mit Mühe aufzunehmen in der Lage sind, setzt aber dennoch auf der technischen Seite allen Ehrgeiz daran, ein Frequenzspektrum von 25 bis 20 000 Hz — und darüber — einwandfrei übertragen zu können. Die Notwendigkeit dazu liegt vorwiegend in der naturgetreuen Übertragung von Schwingungen mit großer Flankenscharfe. Im Jahre 1959 kam es zur Einführung der *zweikanaligen Stereophonie*. Wieder einmal wurde mit großem Aufwand «der vollendetste Raumklang» propagiert. Start aus bisher einm. kommt: die Musik *spielt* aus zwei, meist in den Zimmern, reicher installierten Lautsprechern. Aber auch das reicht nicht aus. Boxen mit mehreren Schallabstrahlungssystemen sollen weitere Klangverbesserungen bringen. Besonderen Wert legt man auf die Anhebung der *Bässe* und die Erhöhung der *Perzitivkerntöne*. 60 Watt für die Beschaltung von Wohnräumen mit 20 m<sup>2</sup> und weniger Fläche werden normiert. Und da diese Musik aus *Lautsprechern* von den Fans als Paradoxon sowieso abgelehnt wird, dreht man die Lautstärkeregel auf. Wer denkt schon an die durch extrem laute Musikwiedergabe bedingte Entstehung von *Hörschäden*? An deren heilige, stehen Gehörschwellenverschiebungen, das heißt bis zu 16 Stunden anhaltende Verminderungen der Hörfähigkeit, die das Ohr wieder in der Lage ist, niedrigere Schallstärke zu registrieren. Ein mehr oder minder großer Grad an *Taubheit* ist die spätere Folge.

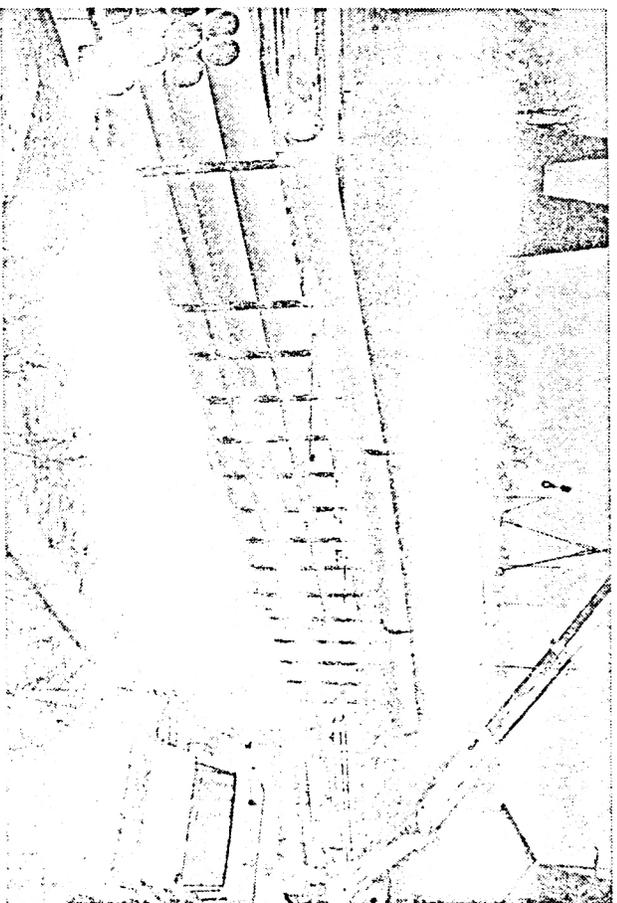
## Zweikanal-Stereophonie

Die Zweikanal-Stereophonie bringt einen merklichen *Fortschritt* im Vergleich mit dem ein-

begrenzt. Letzteres bedeutet, daß der Hörer — wie in einem Konzertsaal — an einem ganz bestimmten Platz in seinem Wohnzimmer gebunden ist, um das ihm gebotene Klangbild richtig aufzunehmen zu können. Gleichzeitig bleibt auch die mögliche Zahl der am selben Hörereignis Teilnehmenden stark eingeschränkt. Welchen Hörerdruck bietet nun diese Art der Stereophonie? Während der Mensch bei Monophonie höchstens zwischen *ferne* und *Nähe* eines Schalleignisses unterscheiden kann, bietet sie ihm zusätzlich die *Ortung* von links und rechts. Alles aber bleibt auf eine *horizontale Verbindungslinie* zwischen den Lautsprechern beschränkt. Die für einen «Raumklang» notwendige *Oben-/Unten-Ortung* fehlt. Dennoch wirkt die Musikwiedergabe bei der Zweikanal-Stereophonie transparenter, wenn man auch eine gewisse Verflächung des tatsächlich übermittelten Klangbildes in Kauf nehmen muß. Mögen die Lautsprechersterne der Boxen wieder-gebotechnisch noch so hohe Spitzenleistungen vollbringen, der Wiedergeräuschraum — meist also das jeweilige Wohnzimmer — mit seinen vielfältigen und unüberschaubaren Reflexionen und Absorptionen bedingt zwangsläufig eine Veränderung des akustischen *Eindrucks*. So kann die Wiedergabe derselben Schallplatte in unterschiedlichen Räumen völlig verschiedene Klangeindrücke vermitteln. Hier erweist sich, trotz allem technischen Fortschritt, die Verwendung des *Kopfhörers* — des ältesten Requisits elektronischer Schallübertragung — als brauchbarste Lösung. Sie eliminiert die akustische Beeinflussung durch den Wiedergeräuschraum und bringt damit einen Qualitätsgewinn in der Wiedergabe. Allen Bemühungen um eine wirklich echte stereophone Wiedergabe muß allerdings der Erfolg versagt bleiben, wenn nicht bereits auf der *Aufnahmeseite* die notwendigen Vorkehrungen für ein entsprechendes Einfangen von Schalleigenschaften getroffen werden. Wie aber entstehen heute stereophone Aufnahmen?

In der Anfangszeit der Stereophonie bemühte man sich um eine «hörgerechte» Aufnahme: Man montierte zwei Mikrophone in etwa 25 cm Abstand in gleicher Höhe nebeneinander und übertrug das von ihnen erfaßte Schalleigenschaften jeweils über den entsprechenden Kanal, links und rechts. Unzufriedenheit mit der «Natürlichkeit» des erhaltenen Klangeindrucks hatte zur Folge, daß man weitere Mikrophone einsetzte. Bald trieb die «Klankanal-technik» reichliche Mühen; bis zu 20 Mikrophone wurden eingesetzt, um zum Beispiel bei einer großen Orchesterdarbietung jede einzelne Instrumentengruppe sowie die *«Solisten»* gesondert erfassen zu können (vgl. Abb. 1). Alle Leitungen enden an den Lautstärkereglern eines Mischpults. Hier werden die von den Mikrophonen getrennt aufgenommenen akustischen Schwingungen von einem Techniker zu einem «künstlichen Orchesterklangbild» vereinigt. Dieses offeriert man dem «Musikkonsumenten» über die beiden Stereokanäle. Bei einer der neuesten klassischen Musikaufnahmen geht man sogar so weit, den Chor in zwei getrennten Gruppen aufzustellen

# Kunststoffrohrleitungen für die größte Kläranlage der Schweiz



Für die bisher größte Abwasserreinigungsanlage (ARA) in der Schweiz werden gegenwärtig bei Schweizerhalle speziell angefertigte Kunststoffrohre in einem 3 km langen Leitungstunnel eingebaut. Die Abwasser der ganzen Region werden bis heute — mit Ausnahme betriebseigener Entfüllungsfahren der chemischen Industrie — *unbehandelt* dem Rhein zugeführt. Die ARA-Rhein wird zur Ableitung der Abwässer der Gemeinden Augst, Kärler-augst, Pratteln und des Industriegebietes Schweizerhalle dienen. Die Inbetriebnahme soll im Laufe des Jahres 1975 erfolgen. Die Abwässer der Gemeinden und die verschmutzten Abwässer der Industrie Pratteln werden im freien Gefälle, die Schmutzwasser aus dem Industriegebiet Schweizerhalle über Pumpen durch drei Kunststoffrohrleitungen von je 400 mm Durchmesser zur ARA-Rhein im Steinbühl-Durchmesser zur ARA-Rhein im Steinbühl geleitet. Dort werden die häuslichen Abwässer und die Industrie-Schmutzwässer nach chemischer Vorbehandlung mechanisch und biologisch geklärt.

Auf Grund umfangreicher Untersuchungen der beteiligten chemischen Industrien über die Zusammensetzung der anfallenden Abwässer fiel die Wahl für zwei Leitungsröhre auf Polypropylen Typ *Hovalen PPH 2250* der BASF. Die Herstellung der Rohre erfolgte nach genau festgelegten Normen. Überdies mußten besondere Anforderungen erfüllt werden, wie absolute Dichtheit bei einem maximalen Betriebsdruck von 4,8 atü, Schwankungen der Temperatur in Leitungskanal zwischen +5 und +15 °C und des durchfließenden Mediums zwischen +5 und +40 °C. Die Leitungen haben außerdem einer Betriebsdauer von mindestens 50 Jahren zu entsprechen. Die Rohre werden im Extrusionsverfahren durch einen bekannten Schweizer Hersteller von Kunststoff-Rohrleitungen produziert und in Längen von 18 m direkt auf die Baustelle geliefert. Mit dem Zusammenschweißen und der Montage der Rohre im Leitungstunnel ist gegenwärtig eine Spezialfirma beauftragt.

«Rundum-Musik» propagiert. Und kaum ist der neue Hit geboren, konfrontiert man den Musikfreund mit dem seltsamen Notwendigkeiten. Ist schon die Stereophonie im Auto wenig sinnvoll — werden dabei doch weder bei der *Kast* auf dem Parkplatz, und noch viel weniger während der Fahrt, die primitivsten Voraussetzungen für stereophonisches Hören erfüllt —, so dürfte der «quadro-

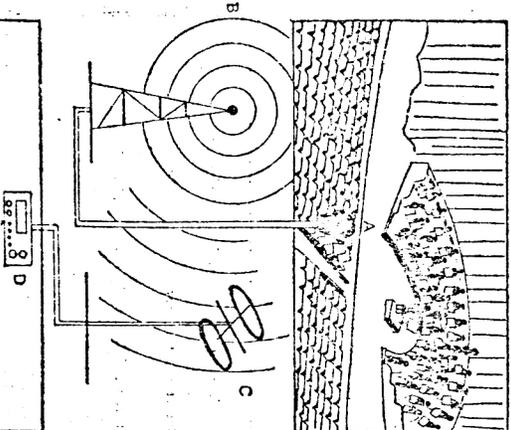
durch eine Drehung des Kopfes in die bereits als wahrscheinlich festgestellte Richtung, umschützt. Dies gilt nach *G. Ploger* vom *Heinrich Herz-Institut* auch, wenn die Inklination oder Neigung einer beliebigen Schallquelle gegen die Horizontalebene ermittelt werden soll sowie bei allen möglichen Spreichlungen um die «frontalebene», die den Kopf senkrecht schneidende Ebene, in der die Ohrachse



nicht zu sein, das Orchester in das Zimmer des Hörers zu versetzen, sollen «die Ohren des Hörers in den Konzertsaal hinein verlagert werden, Ver-gleichbar etwa mit dem Periskop eines U-Bootes, das «die Augen des Kommandanten an die Wasseroberfläche bringt». Hauptmuthema des neuen Verfahrens wird eine für Natur nachgebildete *menschelecher Kopf*, dem man anstelle der Trom-melstelle je ein Mikrophon einsetzt (vgl. Abb. 2). Be-reits in jener ersten Veröffentlichung aus dem Jahr 1939 wurde über die Schwierigkeit der Ortung einer vor oder hinter dem Kunstkopf befindlichen Schall-quelle — was mit der heute üblichen Stereophonie sowieso unmöglich ist — berichtet. In Göttingen durchgeführte eingehende Untersuchungen bestätig-ten dann [2], daß durch entsprechende Nachbildung der menschlichen Ohrmuschel am Aufnahmepunkt dieser Nachteil weitgehend überwunden werden kann. Man muß deshalb sämtliche für das Schall-feld wichtigen Kopfformen ebenso wie die Weich-haut des Materials für die Ohrmuschel so weit als möglich der Natur an Anschließende intensive wis-senschaftliche Forschungsstätigkeit mit dem Ziel einer weiteren Verbesserung der Kunstkopftechnik zeitliche weitere Erfolge. Spezialkondensatormikro-phone nehmen den sonst auf das menschliche Trom-melfeld wirkenden Schalldruck auf und leiten die Schwingungen über die beiden Stereohäute direkt in den Kopfformenschein an den Ohren des Hörers zu. In dieser Form wird der Kunstkopf zunächst als *nachbau* unbeschädigtes Gerät zur Messung der *akustischen Qualität* von Konzertsälen eingesetzt [3].

### Wiederkehr der Kunstkopftechnik

Anlässlich der Berliner Funkausstellung 1973 wurde die Kunstkopftechnik erstmals einem größe-ren Zuhörerkreis zugänglich gemacht. Der erste von RIAS unter Anwendung des Kunstkopfes produ-zierte Science-Fiction-Krimi «Demotion» vermit-telte dem Hörer *unmittelbar echte Impressionen*. Zur gleichen Zeit präsentierte *Schubelcher Elektronik* eine erste (gegen geringe Gebühr erhältliche) Test-schallplatte. Sie ermöglicht jedem Interessenten, auf



heute arbeitet man in mit hohem Aufwand herge-stellten, nahezu schalltoten Räumen, die mit allen möglichen Gebilden ausgestattet sind, um den Schall zu brechen, ihn zu absorbieren und Reflexionen zu vermeiden. Mittels zusätzlicher Halbkugeln, Ton-blenden und anderer elektronischer Maßnahmen versucht man dann wieder, den Aufnahmen einen Hauch von Natürlichkeit zu verleihen. Der Kunst-kopf allerdings entlarvt sofort die künstlich gescha-fene Atmosphäre. *W. Götzler* von der Redaktion «Naturwissenschaften und Technik» beim Sender Freies Berlin stellt hierzu in einem Erfahrungsbericht fest: «Kunstkopfaufnahmen gestalten sich im Prinzip sehr einfach. Wie jeder Mensch hört, wird der Schall aufgezichnet. Hörforschungsstudien sind für die Auf-nahme eher ungeeignet, weil ihre akustische Atmo-sphäre ungewohnt und fremd klingt. Geeignet sind Aufnahmen an Originalplätzen.» Zudem ist der Kunstkopf recht heilhörig: Bei der Aufnahme des Brausebads für eine Hörsitzszene im Bayerischen Rundfunk, so wird berichtet, registrierte er sogar das Fließen des Wassers in den in der Decke des Raumes verlaufenden Leitungsröhren. Auch die Vor-lausung von Außenmikros im Studio läßt er sich nicht bieten. «Er verlangt das Original, um etwas origineller zu widergeben zu können». Für die Aufnahme eines Konzerts setzt man den Kunstkopf einfach in den *Zuhörerraum*, wo er stellvertretend für den Musikfreund, wie dieser es im Originalfall tun würde, das Schaltereignis aufnimmt (vgl. Abb. 3). Der leitende Regisseur des Senders RIAS, *Heinz U. Gerhardt*, stellt in seinen Erfahrungen über Kon-zertmitschnitte fest, daß «der Live-Zuhörer eines Konzerts noch nie so präsent, daß Publikums-presenz und musikalische Darbietung noch nie in so engem Verhältnis technisch reproduzierbar gewesen sind» [4]. Selbst bei Aufzeichnungen von Darbie-tungen lautspracher Bands gibt es kaum unüberwin-dbare Dynamikprobleme. Selbst die Probleme der noch nicht löpbaren *Körperschwingungen* so wie die der *Langstreckweitendegabe* kopfbezogener Stereophonie können leicht gelöst und damit eine unergieblichere Wiedertechnik geschaffen wer-den, wenn man nur Bruchteile jener Feldstärken, die zur Durchzeichnung der Quadraphonie ausgegen-worden, für die Weiterentwicklung der *kopfbezoge-nen Stereophonie* einsetzen könnte.

Für die *Wiedergabe* von Kunstkopfaufnahmen ist die Grundlage für ein zweikanaliges Lautsprecher-system in der Zwischenzeit ebenfalls entwickelt und patentiert worden [5]. Um in einem Wohnzimmer den Eindruck eines Schalleinfalls von allen Seiten, also räumlich während, unter gleichzeitiger Gewähr-leistung einer korrekten Richtungsangabe zu erzie-len, werden mindestens zwei *Lautsprecherpaare* so angeordnet, daß sich die einzelnen Lautsprecher an den Basssecken zweier gegenüberliegender Dreiecke befinden, deren Spitzen sich berühren und deren Basisteile parallel zueinander liegen [6]. Die von einem Kunstkopf aufgenommenen Schallschwingun-gen werden den Lautsprechern in der Weise zuge-leitet, daß die jeweils gegenüberliegenden dem glei-chen Kanal zugeordnet sind. Die in der Diagonale abgestrahlten Signale unterscheiden sich dabei in der Phaselage und in dem frequenzabhängigen Pegel. Am Berührungspunkt der Dreiecke treffen die Signale zudem mit einer Verzögerung gegen-einander ein. Die für eine bestimmte Aufstellung erforderliche Verzögerung (in Millisekunden) er-rechnet sich nach der Formel

Erfahrungen mit der kopfbezogenen Stereophonie zu sammeln. Hörspiele wie «Abtötungen», «Alle führen vorher» und — mit viel Musik — «Königreich der Hirsche» sowie die Übertragung einer öffentlichen Veranstaltung unter dem Titel «Klang/Idyll/Dufl-Spiele» sind bereits über die Sender gegangen. Wei-tere Produktionen sind in Vorbereitung. Dabei hat es sich gezeigt, daß eine genaue Nachhallbildung, verbunden mit hoher Präzision in der räumlichen Wiedergabe, den entscheidenden Vorteil der Kunst-kopfaufnahmen darstellt. Auf dem *Schallplatten-*«Vor» gibt es bisher allerdings nur eine Kunstkopf-aufnahme: «Heiteres Barock», Marke *Peter* (Zürich).

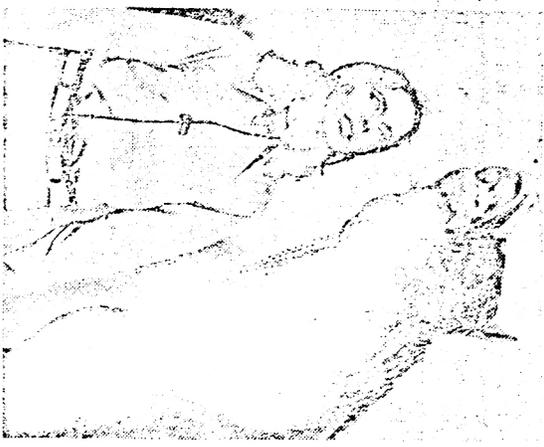
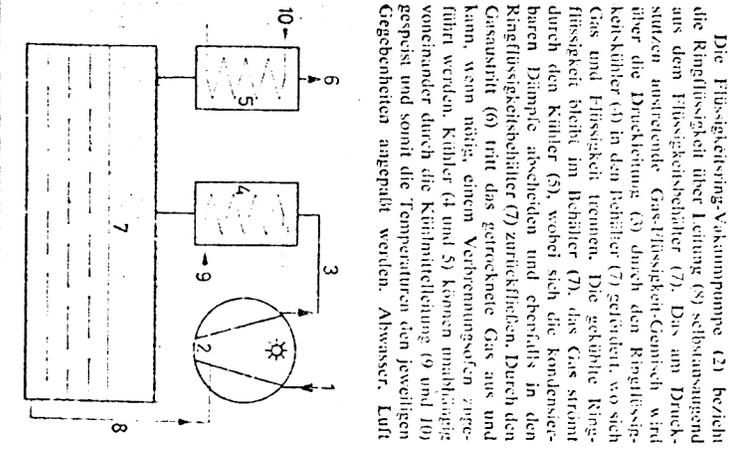


Abb. 5: Bei der Wiedergabe des Hörers von einer Tonband-analyse mit dem neuen, in ihre Ohrmuschel eingeklippten Kopfstereomikrophon aufgenommenen Wohlens des Pfandes wird jeder Zuhörer es in seine Kopfhörer, als deutlich «von oben links kommend» hören.

Doch dürfte sich auch hier die Lage bald ändern, selbst wenn der Aufnahmehack einer führenden Schallplattenfirma vertrauen ließ: «Das Klarschild, das der Kunstkopf aufnimmt, entspricht nicht dem, was die Leute hören wollten». Diese Auffassung mag vielleicht für das Schlagzeuggeschäft noch akzeptabel sein, den wirklichen *Altershörschwerhörigen* dagegen würde man mit einer Ignorierung der kopfbezogenen Stereophonie einfach dahingehend verwechseln, daß man ihm die gebotene Natürlichkeit in der Wiedergabe von Konzertdarbietungen vorenthält. Es wäre sicher nicht vertretbar, wenn rein kommerzielles Interesse die Durchsetzung dieses Verfahrens, weil es vielleicht *zu einfach* ist und der Industrie keine großen Verdienstmöglichkeiten bietet, verhindern würde. In der Berliner Philharmonie aufgenommenen Musikspiele bieten dem Kenner ein unvergleichliches Erlebnis. Hier wurde ohne die üblichen Stütz-mikrophone gearbeitet. Lediglich in der Nähe des Hügelis hatte man einen zweiten Kunstkopf positioniert. Legendäre Schwierigkeiten damit zeigen sich nicht, weil bei ausreichendem Abstand der Kopfe voneinander (nach bisherigen Erfahrungen soll dieser

### Flüssigkeitring-Vakuumpumpe mit geschlossenen Kühlkreislauf

Die Flüssigkeitringpumpen werden in vielen Indu-striezweigen seit langem als Vakuumumpen ein-gesetzt und haben sich durch Unempfindlichkeit, lange Lebensdauer und Wartungsfreiheit bewährt. Diese guten Eigenschaften wegen nimmt man den *Wasser-verbrenn* in Kauf. Er wirkt sich nicht nachteilig aus, solange das Vakuum nur dazu gebraucht wird, um Luft anzuziehen, das Wasser also nicht ver-schmizt wird. Werden jedoch Gase und Dämpfe angesaugt, die das Ringwasser der Vakuumpumpe beim Vermischen verschmutzen, so darf das Ring-wasser mit Rücksicht auf die Umweltbelastung nicht an das Abwasser abgegeben werden. Flüssig-keitringpumpen durch andere Vakuumumpenkonstruk-tionen zu ersetzen ist zwar nicht unmöglich, jedoch schwierig. Deshalb wurde nach Mithin gesucht, die Vorteile dieser Pumpenart mit umweltfreundlichem Betrieb zu vereinen. Die Lösung brachte ein *geschlossener Kühlkreislauf*, indem die Betriebsflüssig-keit für die Vakuumumpen indirekt gekühlt wird und das Kühlmittel daher nicht in Kontakt mit den abzusaugenden Gasen und Dämpfen kommt. Solche Installationen werden bereits vielfach angewandt, doch sind sie aufwendig und kostspielig. Die Va-kuumpumpe «Apoxos» (Anti-Pollution-Vakuum-pumpe der *Altrichthenteknik Barchmann AG, Basel*) dagegen hat einen geschlossenen Kühlkreislauf. Sie zeichnet sich außerdem durch kompakte Abmes-sungen aus (vgl. Abbildung).



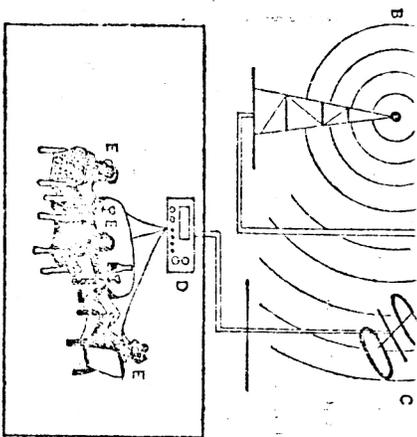


Abb. 3. Schema für die Radioschallübertragung. Der Kunstkopf (A) wird stellvertretend für den Zuhörer auf einem Platz vor dem Orchester angebracht. Die von seinen beiden Mikrofonen aufgenommenen Tonschwingungen werden, ebenfalls in die zur Übertragung benötigten Summen- und Differenzsignale verwandelt, ohne daß diesem vorher – zur hinreichenden Erzeugung von richtungsfähiger – Intermodulation durch Erzeugung von Richtungsabweichungen, die von der Antenne (C) aufgenommen und dem Stereoempfänger (B) zugeführt. Hier wird es wieder in die ursprünglichen beiden Kanäle zerlegt und den entsprechenden Verstärkersystemen zugeleitet (E). Die Streustrahlung der Zuhörer ist lediglich durch die Länge der Kopfhörersehne begrenzt.

der eigenen Stereoeinlage sich einen Eindruck von der neuen Aufnahme-technik zu verschaffen. Voraussetzung dafür ist allerdings die Verwendung von nach Möglichkeit erlöschenden Kopfhörern. Man ist überrascht, in wieviel ungewohnter Echtheit man jemand an sich vorbeigehen hört, plötzlich von jemand, der rechts, schiefg oben, hinter einem stehen muß, angesprochen wird, und fühlt sich geradezu schmerzhaft berührt, wenn einem plötzlich von rechts und dann von links einige Worte hauchhaft ins Ohr geflüstert werden. All dies erfolgt in einer derart reichlichen Weisheit, daß man sich mitten in das Geschehen hineinversetzt fühlt, was mit keiner der bislang offerierten Stereoproduktionen möglich gewesen ist. Hatte man bei der Kopfhörereindeckung über üblichen Stereoaufnahmen stets das Gefühl, die Schallquelle befände sich im oder direkt am Kopf des Hörers, so kann nun bei der kopfbezogenen Stereoeinlage die Schallquellen in ihrer natürlichen Entfernung außerhalb der Kopfhörer-muscheln orten. Und dies ohne daß es bei der Aufnahme des Schallergebnisses eines verstärkten Toningenieurs für irgendwelche Nachhilfoperationen oder gar billiger Tricks oder elektronischer Effekte bedürftig wäre. Man braucht keine aufwendig hergerichteten Studios, keine unangenehm und damit kostspieligen – Mischpulte. Die Aufnahme führt wieder zur Realität zurück.

«Alles löst, selbst das Schweigen», so stand es dargelegt auf der Empore des großen Sendesaals im Reichsruhr-Königsberg in Ostpreußen zu lesen. Es handelte sich dort um den ersten großen Raum, den man aus akustischen Gründen völlig in Schaumgummi eingebettet hatte. Und in den kleinen Senderräumen waren selbst die dort ein wenig Fremdsprachlichkeit vermindernden Blaupläne in die akustischen Dämpfungsbeziehungen einbezogen worden. Und

befinden, deren Spitzen sich berühren und deren Passivität parallel zueinander liegen (ol). Die von einem Kunstkopf aufgenommenen Schallschwingungen werden dem Hörer in der Weise zugeleitet, daß die jeweils gegenüberliegenden dem gleichen Kanal zugeordnet sind. Die in der Praxis abgestrahlten Signale unterscheiden sich dabei in der Phasenlage und in dem Frequenzabhängigen Pegel. Am Betriebspunkt der Dretreke treffen die Signale zudem mit einer Verzerrung gegenüber einander ein. Die für eine bestimmte Aufstellung erforderliche Verzerrung (in Millisekunden) errechnet sich nach der Formel

$$r = 0,22 \left( \frac{\theta_1}{2} + \sin \frac{\theta_2}{2} \right)$$

darin ist  $\theta_1$  der Scherwinkel des gleichschenkligen Dreiecks mit der Basis vor dem Hörer und  $\theta_2$  der Scherwinkel des gleichschenkligen Dreiecks mit der Basis im Rücken des Hörers. Zusätzliche Übertragungseffekte bewirken, daß die von den jeweils gegenüberliegenden Lautsprechern abgegebenen Signale eine Phasendifferenz von mindestens 180 Grad aufweisen und daß, je nach Winkelgröße der diagonalen Lautsprecher zueinander, die Abstrahlung entsprechend der jeweiligen Schallschichtung des Kopfes mit unterschiedlicher Pegelstärke und unterschiedlichem Frequenzgang erfolgen kann. Nach diesem patentierten Verfahren soll nicht nur im Betriebspunkt der Spitzen der gedachten gleichschenkligen Dreiecke ein optimales Hörbild entstehen, sondern auch an anderen Stellen des Raumes, infolge der aus den vier Richtungen mit unterschiedlichen Laufzeiten, Phasen und Pegeln einfallenden Töneffnungen, der räumliche Schalleindruck sowie die Richtungsordnung erhalten bleiben.

In der Zwischenzeit haben sich – vor allem in der Bundesrepublik Deutschland – die Rundfunkgesellschaften mit einem Kunstkopf – sein Preis liegt bei etwa 5000 Schweizerfranken – auseinandergesetzt und haben mit eigenen Experimenten begonnen, um



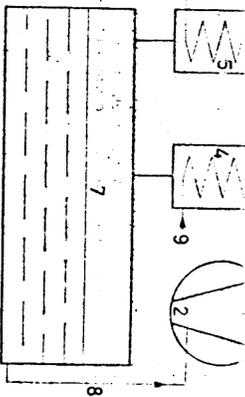
Abb. 4. Der Kunstkopf bei der Aufnahme eines Hörspiels im Sender. Frettes Borlin.

von verschiedenen Vorgängen vorzugehen. Es wäre sicher nicht vertretbar, wenn rein kommerzielles Interesse die Durchsetzung dieses Verfahrens, weil es vielleicht zu ein/fach ist und Industrie keine großen Verdienstmöglichkeiten bietet, verhindern würde. In der Berliner Philharmonie aufgenommene Mitschnitte bieten dem Kenner ein unvergleichliches Erlebnis. Hier wurde ohne die üblichen Stütz-mikrophone gearbeitet. Lediglich in der Nähe des Filigris hatte man einen zweiten Kunstkopf positioniert. Irregelmäßige Schwierigkeiten damit zeigten sich nicht, weil bei ausreichendem Abstand der Köpfe voneinander (nach bisherigen Erfahrungen soll dieser mehr als 5 m betragen) nur die auf den ersten Kopf auftretende Schallwellenfront geortet wird, während die Aufnahmen des zweiten Kopfes lediglich den Nachhall liefert. Grundsätzlich läßt sich der Kunstkopf nur dort einsetzen, wo auch das Publikum guten Akustikverhältnissen ausgesetzt wäre, das heißt viele der heute für Plattenaufnahmen verwendeten Räume dürften sich als ungeeignet erweisen, weil sie eine «schallarme» Kulisse darstellen. Für Kunstkopfaufnahmen hat es sich dagegen als vorteilhaft erwiesen, wenn die Umgebung akustisch nicht tot ist.

Da für Tonbandaufnahmen der Anschaffungspreis eines Kunstkopfes zu hoch ist, sie jedoch auch gerne mit einem solchen Medium experimentieren möchten, hat man sich seitens der Industrie jetzt auch ihre angenommen. Auf der Hannover Messe 1974 wurde ein «Kopf-Stereo-Mikrophon» angeboten, dessen Preis bei knapp 600 Schweizerfranken liegt. Es wird zwar zusammen mit einem Kunstkopf geliefert, bietet darüber hinaus aber die Möglichkeit des Einhängens in die eigene Ohrmuschel. Auf diese Weise wird der Amateur in die Lage versetzt, ein Schallergebnis akustisch so aufzunehmen, wie es die eigenen Ohren tun. Es ergibt sich daraus auch eine neue Möglichkeit für die stereophone Berichterstattung von Reportern (vgl. Abb. 5). Umfassende wissenschaftliche Untersuchungen in den Laborkontoren von *Sennheiser Electronic* haben ergeben, daß der Vorhof des äußeren Gehörkanals am menschlichen Ohr sich als günstigster Platz für die Aufnahme-mikrophone eignet. Hier lassen sich die von einem leichten Bügel getragenen Kapseln leicht und problemlos anordnen. Die in derselben Weise wie bei der bisher üblichen Stereotechnik auf Band genommene Aufnahme vernimmt beim Abspielen dann derselben Höreindruck, wie er bei der Aufnahme vorhanden war.

#### Ausblick

Abschließend soll noch eines der wichtigsten Probleme auf dem behandelten Gebiet angesprochen werden: Die Bereitschaft des Hörers zu *zwangsläufigen Konzessionen*. Wer den Besitz einer hochentwickelten Stereowiedergabeanlage nicht nur als Statussymbol betrachtet, muß sich darüber klar sein, daß der technische Aufwand weder für die Hintergrundmusik beim Staubsaugen oder bei sonstigen Hausarbeiten, beim Kaffeefrühstück oder Herrenabend noch bei Parties oder gar Tanzveranstaltungen notwendig ist. Schließlich bietet sich das erweiterbare Hörerlebnis nur auf einem sehr eng begrenzten Raum oder bei Benutzung von Kopfhörern. Dies bedeutet, daß der wirklich ein stereophonem Hören Interessierte Hörer bereit sein muß, einen ganz bestimmten Platz zwischen den Lautsprechern einzunehmen und dort während der Darstellung zu verharren und sich mittels Kopfhörer «an die Leine legen zu lassen». Sicher ist der Kreis



und Kühlmittel werden nicht mehr verschmutzt. Die Vakuumpumpe ist aus korrosionsfestem CrNiMo-Stahl gefertigt, der gegen zahlreiche Ringflüssigkeiten beständig ist, so daß die Pumpen in nahezu allen Prozessen eingesetzt werden können. Wird die Ringflüssigkeit dem unter Vakuum durchgeführten Prozeß angepaßt, so ist eine nahezu vollständige Kondensation der Dämpfe und damit die Rückgewinnung der verdampften Produkte möglich. Dies erreichbare Vakuum hängt von der verwendeten Ringflüssigkeit und deren Temperatur ab. Ein Endvakuum von 5 Torr ist ohne Schwierigkeiten erreichbar.

der Musikkomponenten, die sich mit der ihnen gebotenen «Zweidimensional-Stereo- oder Quadrophonie», vielfach mangels Kenntnis der tatsächlichen Gegebenheiten, zurfiedergeben, größer als der, welcher jene Musikliebhaber umfaßt, die den wahren Raumklang aus einem *echten Redutins* heraus verlangen. Wer seine Stereoeinlage ihrem wahren Zweck entsprechend nutzen möchte, sollte aber wissen, daß die Weitergabe von Kunstkopfaufnahmen von allen bisher bekannten Techniken das natürlichste Hörerlebnis zu bieten in der Lage ist. Im Rahmen der *Übertragungsrecht* wird man sich künftig noch intensiver der Kompatibilität kopfbezogener Aufnahmen mit der Weitergabe über Stereo- und Monoverstärker widmen müssen. Dies gilt besonders für die Übertragung von Radiosendungen. Bei Wortsendungen gibt es dabei schon jetzt kaum noch größere Schwierigkeiten. Nur große Entfernungen, die im Kopfhörer vollkommen natürlich wiedergegeben werden, klingen über Lautsprecher hallig und undeutlich. Bezüglich der Weitergabe von Musiksendungen harren noch einige Probleme der Lösung, doch dürfte auch diese bei entsprechend intensiver Inangriffnahme der notwendigen Arbeiten in nicht allzu ferner Zeit vorliegen.

#### Literatur

- [1] De Boer und Venneman, Philips Techn. Rundschau 1939, 4, S. 339.
- [2] Damasko und Wegener, Acustica 21 (1968), S. 30.
- [3] Käfer, G. Plenge, H. Wilkens, Paper of the 37th Convention AES, New York 1969.
- [4] M. Schneider, D. Göttsch, K. Siebrasse, Invited Paper HI, 8th Meeting of the Acoustical Society of America, Boston, 1973.
- [5] Funkschau 1974, 3, S. 80.
- [6] Damasko und Mellett, Acustica 22 (1969), S. 153.
- [7] Journal of the Acoustical Society of America, 50 (1971), S. 1109, und 51 (1972), S. 1359.
- [8] D. P., Offdruckwasserschrift Nr. 2023377 vom 9. Mai 1970.