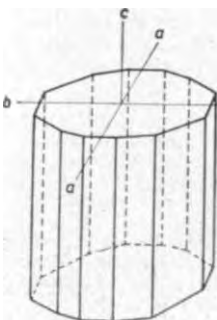


# Zucht und Verarbeitung von Seignettesalzkristallen im VEB Funkwerk Leipzig



**Bild 1:** Zuchtblöcke, die auf einem plattenförmigen Keim in einer Zuchtkammer gewachsen sind. Das Gewicht eines solchen Zuchtblockes beträgt etwa 750 g

Für piezoelektrische Wandler der Elektroakustik werden in großem Maßstabe Kristallelemente aus Seignettesalz (Kalium-Natriumtartrat,  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , Kurzbezeichnung KNT) verwendet. Die Achsen  $a$ ,  $b$ ,  $c$  der rhomboidförmigen Seignettesalzkristalle stehen senkrecht aufeinander (Bild 2). Den größten piezoelektrischen Effekt und somit die größte elektrische Ladung weisen diese Kristalle auf den senkrecht zur  $a$ -Achse liegenden Flächen auf, wenn in Richtung der Winkelhalbierenden zwischen den Achsen  $b$  und  $c$  Druck oder



**Bild 2:** Seignettesalzeinkristall mit Angabe der Achslage

Zug ausgeübt wird. Die Kristallelemente von Mikrofonen, Lautsprechern, Tonabnehmern, elektrischen Gongs usw. bestehen meist aus zwei aufeinandergekitzten Kristallplatten, die so orientiert sind, daß sich ihre piezoelektrischen Ladungen addieren.

Die Elemente arbeiten größtenteils nach dem Prinzip des einfachen Biegers, des Sattelbiegers oder des Torsionsbiegers. In den Bildern 3 bis 5 ist die Richtung der Kräfteangriffe sowie die Achsenorientierung zu den Flächen und Schnittkanten der Platten für die einzelnen Bieger angegeben.

Seignettesalzkristalle werden aus einer wäßrigen Lösung herauskristallisiert und die Platten für die Elemente aus den wasserhellen, durchsichtigen Einkristallen des Seignettesalzes herausgeschnitten. Die industrielle Zucht solcher Einkristalle erfolgt mit Hilfe besonderer Zuchteinrichtungen. Ausgangsprodukt ist das durch Umsetzen mit Natronlauge aus Weinstein künstlich gewonnene und in Wasser gelöste Seignettesalz. Der Kristallisationsvorgang beruht auf der Tatsache, daß eine gesättigte Lösung bei gleichbleibender Temperatur kein Salz mehr auflöst und das überschüssige Salz beim Absinken der Temperatur abscheidet. Mit dem Ansteigen der Temperatur wird auch die in der Volumeneinheit der Lösung auflösbare Salzmenge größer. Den Temperaturpunkt, in dem weder Salz gelöst noch Kristall aus einer Lösung ausgeschieden wird, nennt man den Kristallisationspunkt, im folgenden KP bezeichnet. Fremdkörper und die sich am Anfang des Kristallisationsvorganges ausscheidenden kleinsten Kristalle sind die Keime der dann wildwachsenden Kristalle. Enthält die Lösung keine Fremdkörper, sondern nur besonders ausgesuchte Zuchtkristallkeime, so wird bei zweckmäßiger Behandlung der Lösung ein Weiterwachsen des eingebrachten Kristallkeimes erzwungen, ohne daß es zur Bildung wilder Kristalle, wie sie Bild 6 zeigt, kommt.

Für die Herstellung von Kristallplatten für piezoelektrische Wandler ist die rhomboidische Form unbeeinflusst gewachsener Einkristalle gemäß Bild 2 ungünstig, da beim Schneiden der Platten unwirtschaftlich große Abfälle entstehen. Die bei der industriellen Kristallzucht verwendeten zugeschnittenen Zuchtkristallkeime werden daher so in die Lösung eingebracht, daß sie nur in einer Richtung weiterwachsen können und Zuchtkristallblöcke bilden, die sich vorteilhaft zu Platten weiterverarbeiten lassen.

Im VEB Funkwerk Leipzig werden seit Jahren in einer Ertragszucht Seignettesalzkristalle gezüchtet und für Mikrofone, Tonabnehmer und elektrische Gongs verarbeitet. Der zunehmende Bedarf ver-

längte in letzter Zeit eine Erweiterung der Zuchtanlage sowie der Verarbeitungseinrichtungen. In mehreren Zuchträumen der neu eingerichteten Anlage wachsen in regelmäßigen Zeitabständen quaderförmige Zuchtkristallblöcke von „optischer Klarheit“, wie sie für die Verarbeitung zu piezoelektrischen Wandlern Vorbedingung ist (Bild 1). Für einen solchen Zuchterfolg sind hervorragende Sachkenntnis, größte Sorgfalt und ein erheblicher Aufwand in der Einrichtung der gesamten Zuchtanlage erforderlich.

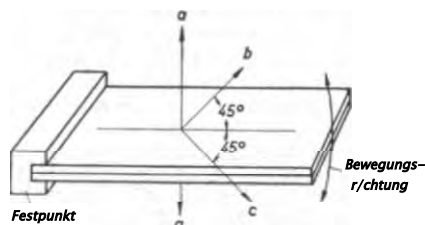
Anläßlich eines Besuches im VEB Funkwerk Leipzig haben wir einen Einblick in die Vorgänge bei der Kristallzucht gewonnen, den wir unseren Lesern durch den folgenden Bericht übermitteln wollen.

Der Eingang zur Kristallzucht-Abteilung führt durch zwei hintereinanderliegende Wärmeschleusen, die einen feinstufigen Temperaturübergang von der

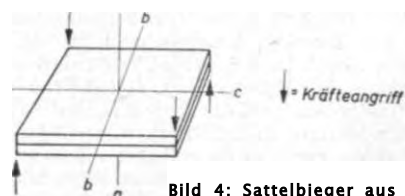


\*- Bild 6: Wilde Seignettesalzkristalle

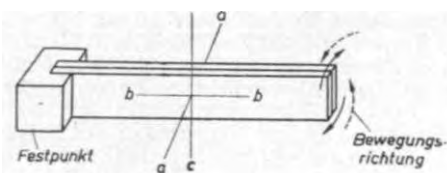
Bild 7: Die Keimplatten werden in die Zuchtkammern der Einsatzgestelle eingepaßt |



**Bild 3:** Einfacher Bieger aus KNT



**Bild 4:** Sattelbieger aus KNT



**Bild 5:** Torsionsbieger aus KNT

langte in letzter Zeit eine Erweiterung der Zuchtanlage sowie der Verarbeitungseinrichtungen. In mehreren Zuchträumen der neu eingerichteten Anlage wachsen in regelmäßigen Zeitabständen quaderförmige Zuchtkristallblöcke von „optischer Klarheit“, wie sie für die Verarbeitung zu piezoelektrischen Wandlern Vorbedingung ist (Bild 1). Für einen solchen Zuchterfolg sind hervorragende Sachkenntnis, größte Sorgfalt und ein erheblicher Aufwand in der Einrichtung der gesamten Zuchtanlage erforderlich.

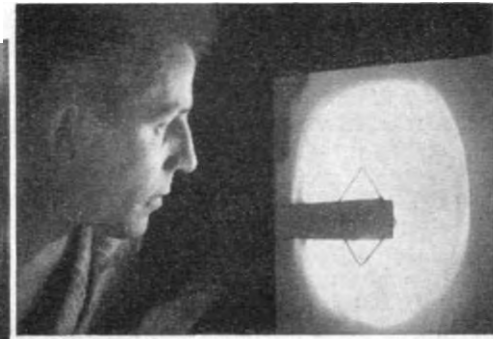
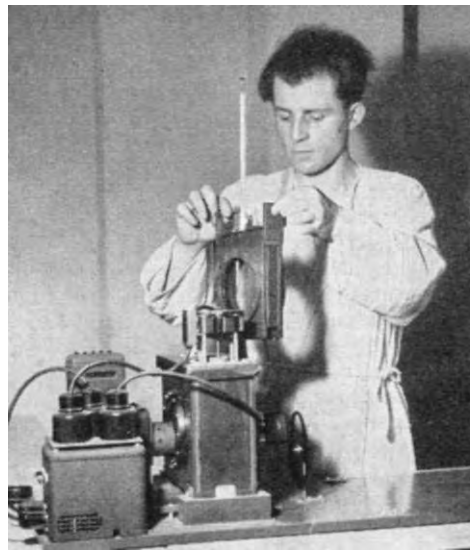
Anläßlich eines Besuches im VEB Funkwerk Leipzig haben wir einen Einblick in die Vorgänge bei der Kristallzucht gewonnen, den wir unseren Lesern durch den folgenden Bericht übermitteln wollen.

Der Eingang zur Kristallzucht-Abteilung führt durch zwei hintereinanderliegende Wärmeschleusen, die einen feinstufigen Temperaturübergang von der

Außenluft auf den Innenraum bewirken; denn die Kristallzucht erfolgt bei wahrhaft tropischen Temperaturen, die zum Teil sehr genau eingehalten werden müssen. 25°C ist die niedrigste Temperatur in dem ringsum wärmeisolierten Komplex, die in allen Gängen, in einem besonderen Arbeitsraum sowie allen weiteren Nebenräumen konstant gehalten wird.

Während des Zuchtprozesses, der sich über mehrere Wochen erstreckt, ist die Zucht durch jede Unregelmäßigkeit der Temperaturabsenkung, vor allem jede raschere Abkühlung, wie sie beispielsweise durch Stromausfall verursacht werden kann, gefährdet, so daß besondere Kontroll- und Regeleinrichtungen notwendig sind. Eine Alarmeinrichtung meldet etwaige Stromausfälle, wenn die Zuchtanlage zeitweise unbesetzt ist. Ein Notstromaggregat übernimmt dann die Energieversorgung.

Der Zuchtvorgang selbst findet in den sogenannten Zuchträumen statt. Beim Ansetzen der Zuchtlösung in dem auf etwa 50° C erhitzten Zuchtraum wird Seignettesalz destilliertem Wasser von etwa 50° C zugesetzt. Durch Umrühren der Lösung mit einem motorgetriebenen Propeller beschleunigt man das Auflösen des Salzes (Bild 11). Nach dem anschließenden mehrmaligen Filtern ist die Lösung vollkommen klar und enthält keine Fremdkörper mehr. Eine Membranpumpe treibt dabei die warme Lösung durch ein feinporiges keramisches Filter. Dieser Vorgang wird mehrmals wiederholt, wobei die verwendeten Filterkerzen immer geringere Filterporenweiten – bis auf wenige tausendstel Millimeter – aufweisen (Bild 12). Diese sehr sorgfältig durchzuführende Ar-



f Bild 10: Das vom Bildwerfer projizierte Abbild des Probekeims in der Zuchtlösung zeigt eine Auflösungs-schliere

<- Bild 9: Gerät zur Bestimmung des Kristallisationspunktes

beit dauert etwa einen Tag. Hierbei muß besonders die Raumtemperatur ständig auf über 50° C eingeregelt werden, damit die Lösung nicht auskristallisiert.

Naturgemäß herrscht, auch durch das wiederholte Reinigen der Filterpumpe und der Hilfsgefäße, im Zuchtraum während des Lösen und Filterns eine hohe Luftfeuchtigkeit, welche für die hier arbeitenden Kollegen bei der hohen Temperatur sehr unangenehm ist. Gruppen von jeweils zwei Kollegen lösen sich daher beim Filtern stündlich ab und können umschichtig im Aufenthaltsraum ruhen. Eine gewisse Erleichterung wird dadurch geschaffen, daß einer der beiden jeweils arbeitenden Kollegen den Zuchtraum kurzzeitig verlassen und den Arbeitsvorgang durch ein Kontrollfenster beobachten kann. Außerdem sorgen wasserdurchflossene Kühlkörper in gewissem Maße für das Niederschlagen der Luftfeuchtigkeit im Zuchtraum.

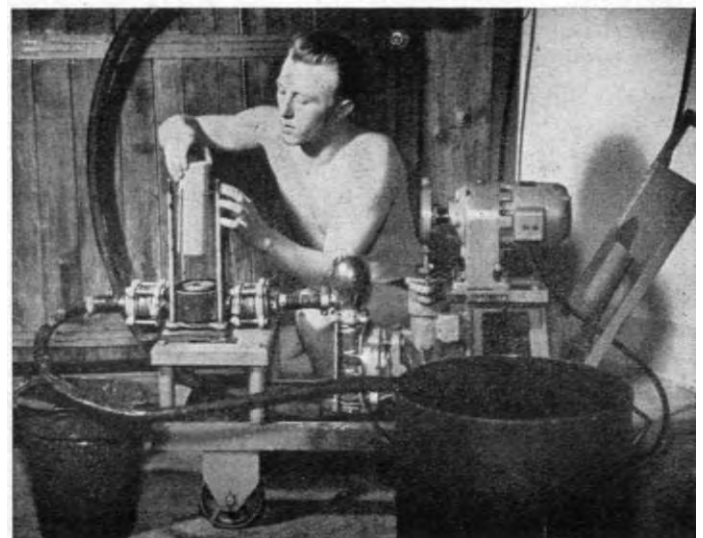
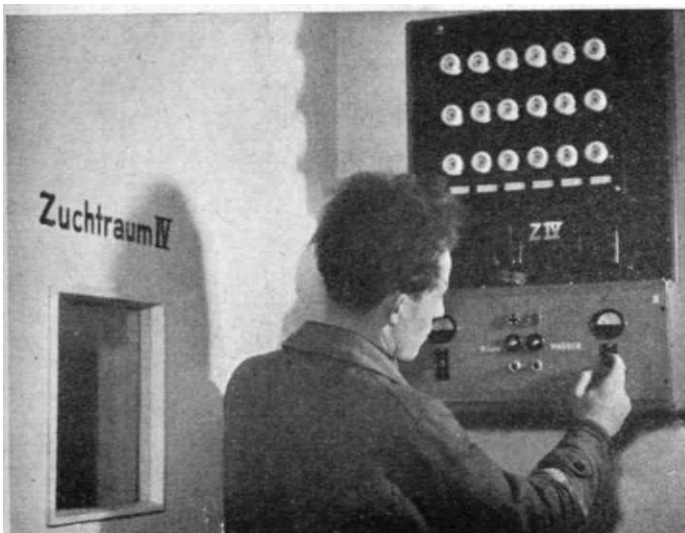
Da der Ansatz der Lösung nach dem auf Grund einer Lösungskurve ausgearbeiteten Rezept den gewünschten KP durch das Verdunsten von Wasser während des Filterns nicht garantiert, ist es notwendig, den KP bereits während und

Bild 11: Ansetzen der Zuchtlösung bei einer Temperatur von 50° C im Zuchtraum. Seignettesalz wird destilliertem Wasser, das ebenfalls auf 50° C erhitzt ist, zugesetzt. Die Lauge wird im Zuchteinsatz während des Lösungsvorganges durch eine Propellerschraube bewegt, was den Auflösungsprozess beschleunigt. Der tiefer-sitzende Motor rührt das Thermostatenwasser um !



Bild 8: Besondere Überwachungsgeräte ermöglichen eine ständige Kontrolle des Temperaturregelvorganges in den einzelnen Zuchträumen

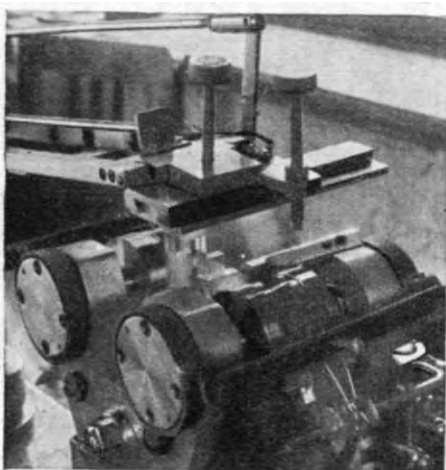
Bild 12: Durch mehrmaliges Filtern erhält man eine vollkommen klare Zuchtlösung. Das nächstfeinere Filter wird eingesetzt



nach dem Filtern zu bestimmen und unter Umständen durch Zugabe von Salz oder destilliertem Wasser zu korrigieren.

Hierfür wurde in der Kristallzucht-Abteilung des Funkwerkes Leipzig ein Spezialgerät gebaut, das im Prinzip eine kleine Zuchtanlage darstellt (Bild 9). In einem heizbaren Wasserbad mit Rührmotor befindet sich ein Lösungseinsatz mit einem eingesteckten, kleinen Seignettesalzkrystall. Durch die Glasfenster beider Behälter hindurch wirft ein Projektor paralleles Licht und bildet mit einer Optik die kleine quadratische Keimplatte vergrößert auf einem Bildschirm ab. Beim Erhöhen und Verringern der Wassertemperatur verändert sich auch die Temperatur der dem Bottich der Zuchtanlage entnommenen Lösungsprobe, und am Probekeim bilden sich steigende oder fallende Kristallisations- bzw. Auflösungs-schleifen, nach denen der KP ermittelt wird.

Nach dem Filtern bleibt die Lösung im Zuchteinsatz einige Tage lang bei einer über dem bestimmten KP liegenden Temperatur stehen und wird auf Klarheit und Sauberkeit beobachtet. Dann werden die Zuchtkeime in Gestelleinsätzen in die Lösung eingebracht. Diese Gestelle enthalten durch Klötzchen und Glasscheiben gebildete Wachstumskammern der jeweils gewünschten Kristallgröße, in welche die rechteckigen Keimplatten durch Ein-Bild 13: Mehrladensäge. Das Gatter der parallellaufenden Sägelitzen sägt einen Riegel kammförmig zu Platten ein



**Bild 14:** Trapezförmige Platten für Tonabnehmer-elemente werden mit Folie belegt



schleifen eingepaßt wurden (Bild 7). Die Keimplatten selbst werden in der jeweils gewünschten Achsenorientierung aus Zuchtblöcken oder freigewachsenen Einkristallen herausgeschnitten. Sind die Gestelle in die konischen Zuchteinsatzbottiche eingekleimt, wird der Einsatz durch einen Deckel mit Beobachtungsscheiben staubdicht verschlossen.

Die Temperaturabsenkung der Zucht-lösung darf nur sehr langsam erfolgen und wird durch das Wachstum der Zuchtblöcke und die dadurch eintretende Verarmung der Zuchtlösung bestimmt. Bei einem schnelleren Absenken wird der momentane KP, der im Verlauf des Zucht-vorganges von seinem Anfangswert an immer weiter mit absinkt, unterschritten, und es kommt rasch zu einem unerwünschten Auskristallisieren der jetzt überschüssigen Salzmenge an allen möglichen Stellen der Lösung, nicht nur am Zuchtblock: Die Lösung „schießt aus“. Die betriebsmäßig angewendete Absenkungsgeschwindigkeit beträgt wenige Bruchteile eines Grades Celsius pro Tag. Der Zuchtprozeß verlangt also eine Einrichtung, deren Temperatur dauernd, stetig und fein geregelt werden kann. Aus diesem Grunde befindet sich der eigentliche Zuchteinsatz mit der Salz-lösung in einem doppelten Thermostaten, nämlich einem doppelwandigen, wärme-isolierten Zuchtbehälter mit einem temperaturgeregelten Wasserbad in dem ebenfalls thermisch isolierten Zucht-raum mit regelbarer Lufttemperatur.

Ist der Deckel des Zuchtbehälters geschlossen und durch Gummimatten abgedichtet, sind die Vorbereitungen für den Zuchtprozeß beendet. Kontaktthermometer zum Messen der Wasser- und Raumtemperatur, deren Kontakte von Synchron-getrieben bewegt werden, schalten über Feinrelais und Schaltschütze automatisch Tauchsieder und Raumheizkörper. Auf diese Weise läßt sich das Absenken der Temperatur auf Bruchteile eines zehntel Grades Celsius genau einstellen. Das Kontaktthermometer des Thermostaten-wassers wird auf den KP, das Raumthermometer einige Grade Celsius darunter eingestellt. Erst jetzt beginnt die eigentliche Zucht mit dem vorgeschriebenen Absenken der Temperaturen von Lösung, Wasser und Raum. Häufige Kontrollen der Funktion der Regeleinrichtung sichern den Betrieb und damit den Zuchtprozeß (Bild 8). Ein Umwälzmotor bewegt das Wasser im Thermostaten ständig, um Wärmestauungen, die ein ungleichmäßiges Wachstum der Zuchtkristalle zur Folge hätten, zu verhindern. Ist der KP nach einigen Tagen erreicht, setzt die automatische Regelung der Absenkung ein. Die Zuchtdauer wird durch die Absenkungsgeschwindigkeit und die gewünschte Höhe der Zuchtblöcke bestimmt.

Die nach beendeter Zucht aus den Einsatzgestellen herausgelösten Zuchtblöcke dürfen nur allmählich auf die Temperatur des Verarbeitungsraumes abgekühlt werden, da sonst leicht Wärmerisse entstehen. Bei unsachgemäßer Vorbereitung oder Durchführung der Zucht enthalten die Blöcke störende Einschlüsse von trüben



**Bild 15:** Einfadensäge. Mit einem waagerechten Schnitt wird soeben eine Deckscheibe vom Zuchtblock abgenommen, die später zu Riegeln zugeschnitten wird

Schichten, Schleiern, Zonen kristalliner Entwicklung, winzige nadeiförmige Kanäle oder Einwüchse wilder Kristalle, die die Verwertung zu Platten und Elementen unmöglich machen.

Alle unmittelbar in der Kristallzucht-Abteilung des Funkwerkes Leipzig arbeitenden Kollegen stehen wegen der ungewöhnlichen Arbeitsbedingungen unter ständiger ärztlicher Beobachtung und erhalten einen zusätzlichen Urlaub.

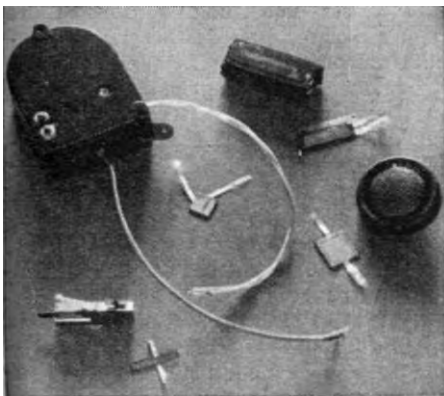
Neben den Zuchträumen und einem besonderen, auf 25° C gehaltenen Arbeitsraum für alle von der Temperatur nicht unmittelbar beeinflussten Arbeiten sind ein mit Liegestühlen und Decken ausgerüsteter Ruheraum, eine Duschanlage sowie weitere sanitäre Einrichtungen vorhanden. Zum Ausgleich des starken Was-

**Bild 16:** Die fertigen Gengelemente erhalten einen Schutzlacküberzug

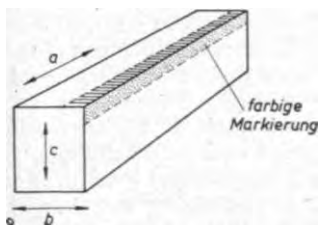


serverlustes des Körpers beim Filtern werden den Kollegen Getränke zur Verfügung gestellt. Durch diese Maßnahmen der Sorge um den Menschen werden die In der Kristallzucht beschäftigten Kollegen vor gesundheitlichen Schäden bewahrt.

Für den Transport der Zuchtblöcke von der Zuchtteilung in die Verarbeitungsabteilung sind besondere, erschütterungsgesicherte und wärmeisolierte Spezialtransportbehälter notwendig. Bis zur Weiterverarbeitung werden die Kristalle bei konstanter Temperatur gelagert. Die für die Herstellung der Kristallelemente benötigten einzelnen Platten werden aus den Zuchtkristallblöcken herausgeschnitten. Je nach Verwendungszweck und dadurch bestimmter Achslage erfordert das die Herstellung quadratischer, rechteckiger oder trapezförmiger Platten. Im praktischen Verarbeitungsvorgang wird der Zuchtkristallblock zunächst auf einer speziellen Maschine, der Einfadensäge, in Riegel zersägt (Bild 15), deren Dicke durch das Maß der Schmalseite rechteckiger Kristallplatten bzw. die Kantenlänge quadratischer Platten gegeben ist. Die Breite der Riegel ergibt sich aus dem längsten Maß der Rechteckplatten zuzüglich eines durch den weiteren Verarbeitungsvorgang bedingten Zuschlages bzw. bei quadratischen Platten durch die Kantenlänge und durch einen Zuschlag. Sofort nach dem Zersägen der Zuchtblöcke werden die Riegel in Richtung der a-Achse durch einen Farbstrich gekennzeichnet (Bild 18). Der Sägetisch oder Schlitten der Einfadensäge führt den auf eine Aufnahme gekitteten und in einem Schwalbenschwanz befestigten Zuchtkristallblock gegen eine gleichmäßig bewegte Diamantlitze im rechten Winkel zu ihrer Bewegungsrichtung, wobei der Sägeschnitt in



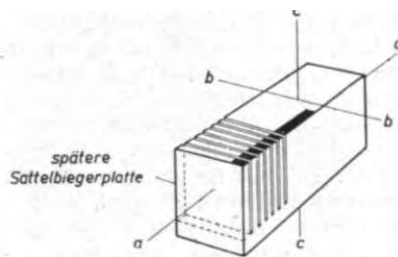
**Bild 17: Mikrofon-, Gong- und Tonabnehmer-ein-sätze mit ihren Kristallelementen**



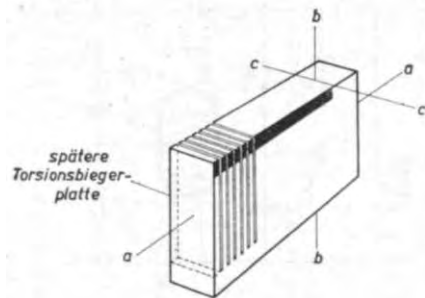
**Bild 18: Kristallriegel für quadratische Platten, herausgeschnitten aus einem Zuchtblock und mit Farbmarkierung der a-Achse versehen**

waagerechter Ebene erfolgt. Ein beschwer-tes Zugseil am Schlitten sorgt dafür, daß der Kristallblock mit gleichmäßiger Kraft gegen die Sägelitze drückt. Beim Schneiden der Blöcke muß die Litze ständig mit einer wäßrigen Seignettesalz-lösung angefeuchtet werden. Der richtige Feuchtigkeitsgehalt des Seiles ist für den einwandfreien Zustand des Schnittes ausschlaggebend.

Die Fertigverarbeitung zur Platte erfolgt in der Mehrfadensäge, worunter wir



**Bild 19: Sattelbiegerplatten im Entstehen. Der Kristallriegel wurde auf einer Mehrfaden-säge kammförmig eingesägt**



**Bild 20: Kammförmig eingesägter Riegel für Torsionsbieger**

eine Sägeeinrichtung verstehen, in der mehrere Sägelitzen in gleichem Abstand parallelgespannt sind (Bild 13 und Titel-bild). In dieser Maschine werden die Riegel entsprechend den Bildern 19 und 20 zunächst kammförmig eingesägt. Dabei sind die Plattendicke und die Dicke der jeweils verwendeten Sägelitzen be-stimmende Maße. Der in die Aufnahme eingekittete Riegel wird durch das Ge-wicht eines horizontalliegenden, in verti-kaler Ebene beweglichen Hebels mit immer gleichem Druck auf die Sägelitzen aufgelegt. Zum Abtrennen der einzelnen Platten von der nach dem kammförmigen Einsägen verbleibenden, sockelartigen Leiste wird der gesamte Plattenkamm rechtwinkelig zu seiner bisherigen Be-wegungsrichtung beim Einsägen wegge-führt, und zwar mindestens um den Bet-rag der Plattendicke. Die einzelnen Plat-ten lösen sich von der als Abfall zurück-bleibenden, sockelartigen Leiste, für die der erwähnte Verarbeitungszuschlag er-forderlich war.

Jede Platte ist nun an einer Ecke mit einer Farbmarkierung für das achsen-richtige Aufeinanderlegen der einzelnen Platten beim Verkitten zu Doppel- und Mehr-plattenelementen versehen. Für die Güte der Platten und eine gleichmäßige Emp-findlichkeit der Kristallelemente bzw. Kristallgeräte sind eine ebene Plattenober-

fläche und eine engtolerierete Plattendicke maßgebend. Die Platten dürfen keine Sägeriefen aufweisen. Deshalb werden Oberflächenbeschaffenheit und Maßhaltigkeit der Platten kontrolliert.

Das Bekleben der Platten mit Folien (Bild 14) und das Aufeinanderkitten zu Doppel- oder Mehrplatteneinheiten setzt vorsichtige, geübte Hände und sorgsamste Ausführung voraus. Das Bekleben wird von Hand oder mit Hilfe kleiner Quetsch-walzmaschinen ausgeführt. Besonders ist darauf zu achten, daß die Anschlußfolien gleichmäßig aufliegen, da sonst die Emp-findlichkeit und die Funktionssicherheit des Elementes gefährdet sind. Werden die Kristallplatten nicht zu selbsttragenden Elementen vereinigt, sondern zu Schwing-einheiten, werden die Platten auf einen Träger aus fremdem Material, zum Beispiel Kunststoffolie, aufgeklebt. Hierbei ist eine ständige und scharfe Güteprüfung des Trägermaterials erforderlich. Dicke und Elastizität des Trägermaterials sind neben seinen elektrischen und dielektri-schen Eigenschaften ausschlaggebend für die Eigenschaften des fertigen Elementes. Das Verkitten der Platten zu Schwing-einheiten ist ausschließlich Handarbeit.

Zum Schutz gegen Feuchtigkeitsein-wirkung erhalten die Kristallelemente einen Lacküberzug (Bild 16). Unge-schützte Kristallplatten verwittern recht bald und verlieren dabei ihre piezoelek-trischen Eigenschaften.

Der Weg vom Seignettesalz in der Glasflasche über den schimmernden Zuchtblock zum fertigen Kristallelement ist beendet, und die Endprodukte der Arbeit werden nach ihrem Einbau in die elektroakustischen Geräte (Bild 17) noch-mals überprüft. Ob wir durch solche Ge-räte den Klang einer elektrisch angezupf-ten Gongfeder vernehmen, ob uns die Schrift einer Schallplatte oder eine Stimme aus einem fernen Raum hörbar gemacht wird, immer sind es kleine, zer-brechliche Gebilde, vom Menschen in mühevoller Arbeit gefertigt, die uns nun auf einfache Weise mechanische Schwin-gungen in elektrische umsetzen.

**Zur Leipziger Frühjahrsmesse vom 27. 2. bis 9. 3. 1955 haben wir, wie auch in den Vorjahren, unseren Stand auf dem Gelände der Technischen Messe in Halle VII. Redakteure und fachlich ge-schulte Mitarbeiter geben allen Besuchern unseres Standes Auskünfte und nehmen Wünsche und Anregungen zur Gestal-tung unserer Zeitschrift entgegen.**

**Jeder Messebesucher sollte die Ge-legenheit wahrnehmen, seine Fachzeit-schrift durch Hinweise zu verbessern, damit sie auf noch breiterer Basis als bisher zur Qualifizierung aller Werk-tätigen unseres Fachgebietes beiträgt.**

Die Redaktion