Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 2 (1947)
Heft: 10

Artikel: Künstliche Kristalle
Autor: Lion, André / Schuler, Max
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-654040

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

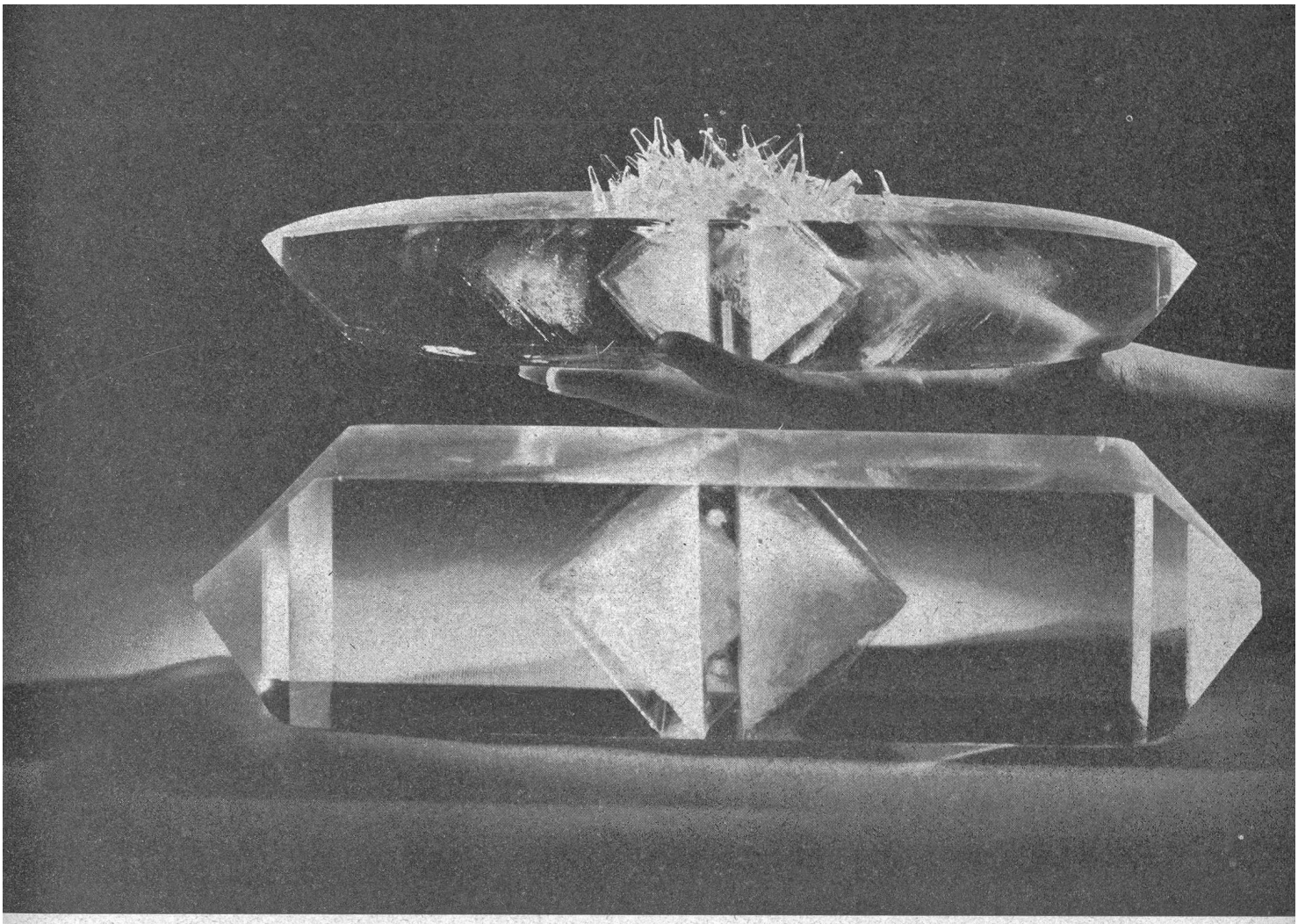


Bild 1: *Zwei gezüchtete Ammoniumphosphatkristalle. Der untere ist aus dem Mutterkristall (Saatplatte) mit ihren beiden Hohlpyramiden fehlerfrei gewachsen. Der obere weist alle Fehler auf, die durch ungünstiges «Wetter», schnelles Wachstum und Mängel in der Nährlösung verursacht werden können: Schleier, «wilde» Keime und zugespitzte Enden.*

Künstliche Kristalle

VON ING. ANDRÉ LION UND MAX SCHULER

Seit langem erzeugt man in Laboratorien und Fabriken künstliche Kristalle. Besondere Bedeutung hat die Kristallzucht erfahren, seitdem gewisse unsymmetrische Kristalle technisch verwertet werden können. Sie sind nämlich imstande, mechanische Energie in elektrische umzuwandeln oder umgekehrt. Man nennt diese Eigenschaft *Piezo-Elektrizität* (nach dem griechischen Wort piezin = drücken). Eine dünne Scheibe eines piezo-elektrischen Kristalls, die in bestimmter Richtung zu den Kristallachsen ausgeschnitten wurde, schwingt in unveränderlicher, ganz bestimmter Frequenz, wenn ein elektrischer Wechselstrom an sie gelegt wird. Darauf beruht ihre Verwendung als Frequenzregler für Radiosender oder als Filter im Ferntelephonbetrieb, wo eine große Zahl von Telephongesprächen gleichzeitig, aber mit verschiedenen Frequenzen, über dasselbe Kabel geleitet werden und auf der Empfangsseite voneinander zu trennen sind. Auch für die Tonabnehmer der Schallplattenspieler, für Kopfhörer und Mikrophone werden piezo-elektrische Kristalle verwendet.

Nur wenige natürliche und lange nicht alle künstlich erzeugten Kristalle sind für den technischen Gebrauch geeignet. Zur Kontrolle sehr rascher Schwingungen, wie sie von Radiosendern gebraucht werden, dienen dünne Plättchen aus *Quarz*. Bisher wurde das Rohmaterial aus Brasilien bezogen. Während des Krieges ist es aber der schweizerischen Schwachstromfirma *Hasler A.G.* in Bern gelungen, aus schweizerischen Berg-

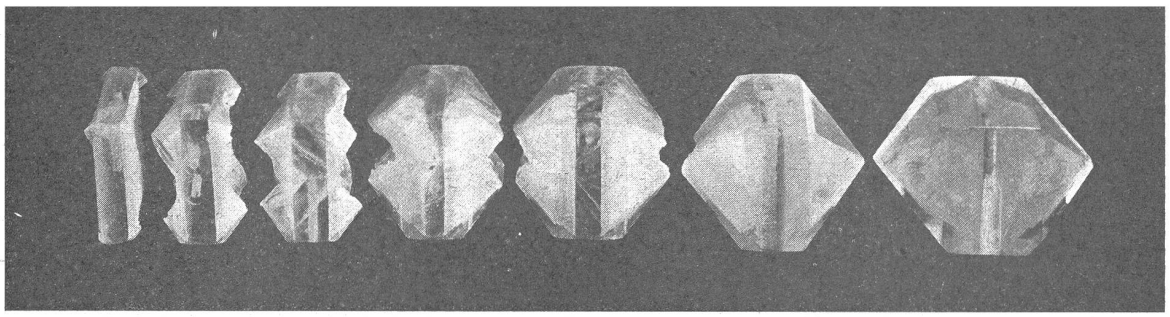


Bild 2: *Entwicklungsstufe einer Saatplatte (Mutterkristall) von der ersten Andeutung zeltförmiger Auswüchse an den Ecken, wo der Flüssigkeitsumlauf am größten ist, bis zu einem ausgewachsenen «Samen», mit seinen flüssigkeitsgefüllten Hohlpyramiden. Aus diesem «Samen» wird dann der eigentliche Kristall gezüchtet. Der «Same» ist im Verlauf von 28 Stunden auf dem Mutterkristall (Saatplatte) gewachsen.*

kristallen sehr geeignete piezo-elektrische Zellen herzustellen, die auch heute noch in Gebrauch sind.

Für die langsameren elektrischen Schwingungen, wie sie bei der *Mehrfachtelephonie* gebräuchlich sind, läßt sich der Quarz vorteilhaft durch künstlich hergestellte Stoffe ersetzen. In der Schweiz hat die Firma *Brown, Boveri & Co.* in Baden, in Zusammenarbeit mit Prof. *Scherrer* ETH wertvolle Arbeit geleistet. Es ist ihr gelungen, *Kaliumphosphatkristalle* zu züchten, die sich für elektrische Filter sehr gut eignen, besonders auch für sehr niedrige Frequenzen, die früher große Schwierigkeiten bereiteten. Brown, Boveri & Co. stellt außerdem Kristalle von Ammoniumphosphat her, die noch bessere Eigenschaften besitzen. Die Züchtung piezo-elektrischer Kristalle ist heute bereits eine große Industrie geworden. So wurden zum Beispiel von den Bell-Telephone Laboratories und der Western Electric Company in den Vereinigten Staaten während des Krieges über 20 Millionen Kristallzellen aus Ammoniumphosphat hergestellt. Sie bildeten das «Trommelfell» des Sonar-Gerätes (s. «Prisma», Heft 9, 1. Jahrgang) zur Auffindung von getauchten Unterseebooten. Heute finden künstlich gezüchtete Kristalle eine ständig wachsende Verwendung im immer größer werdenden Telephonnetz der Vereinigten Staaten, wobei vorwiegend Kristalle aus Äthylen-Diamin-Tartrat (EDT) verwendet werden.

*

Es hat lange gedauert, bis es gelang, Zuchtverfahren für piezo-elektrische Kristalle auszuarbeiten, die sichere Ergebnisse zeitigten. Im Prinzip beruht die Kristallkultur auf einem ununterbrochenen Vorbeifließen einer übersättigten, wässerigen Lösung des Nährmaterials an den langsam wachsenden Oberflächen des Saat- oder Mutterkristalls, wobei die Temperatur der Lösung allmählich gesenkt wird. Die durch die «Nahrungsaufnahme» des heranwachsenden Mutterkristalles verursachte Salzverarmung der Lösung gleicht sich dabei selbsttätig aus, weil mit sinkender Temperatur auch das Lösungsvermögen für Salze abnimmt. Die Industrie braucht aber nicht nur irgendwelche künstliche Kristalle, sondern sie kann nur fehlerfreie, klare, mit einem Querschnitt von mindestens 3,5 cm, verwenden. Es galt also ein Verfahren zu finden, das aus kleinen Kristallsplittern durch Anlagerung regelmäßige Stäbe werden ließ. Beim Ammoniumphosphatkristall zum Beispiel mußten die Züchter eine besondere Eigenschaft berücksichtigen. Dieser Kristall wächst in seiner Nährlösung nämlich nur an seinen pyramidenförmigen Endflächen und nicht an den Seitenflächen (Bild 2). Man bringt deshalb die sogenannte Saatplatte, die senkrecht zur optischen Achse aus dem Mittelteil eines Kristallstabes herausgeschnitten worden ist, so in eine reine Phosphatlösung, daß die Flüssigkeit an ihren Hauptflächen entlang streicht. Dem merkwürdigen Gesetz der Kristallisation folgend, entwickeln sich zuerst kleine zeltartige Auswüchse an den Ecken der Platten, wo der Flüssigkeitsumlauf am größten ist. Die weitere Entwicklung bis zum vollständigen «Samen» zeigt Bild 2.

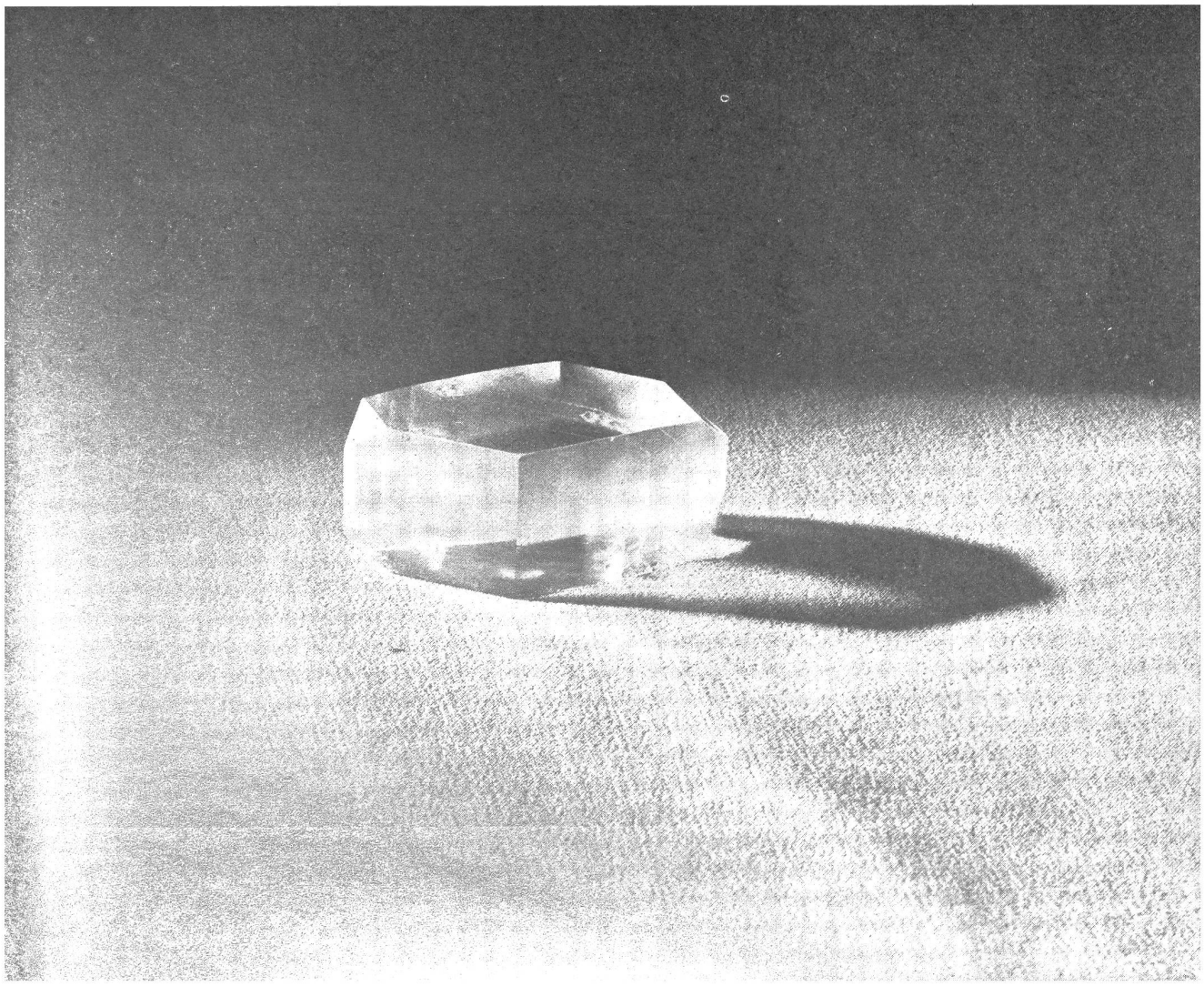
Für den zweiten Wachstumsabschnitt wird der «Same» um 90 Grad gedreht (Bild 6 und Bild 8), damit die wirksamste Zirkulation der Nährlösung den Pyramidenflächen entlang gesichert ist. Jetzt wächst der eigentliche Kristallstab, der für die Industrie verwendbar ist. Wie Bild 1 unten zeigt, ist aber der mittlere Teil eines auf diese Weise gezüchteten Kristallstabes immer wolkig, weil die mit Flüssigkeit gefüllte Hohlpyramide, der «Same» (siehe letztes Stück auf Bild 2), aus dem er gewachsen ist, keine reine Kristallstruktur hat. Dieser Defekt kann dadurch vermieden werden, daß man aus einem Stab diagonale Saatplatten (Mutterkristalle) schneidet

(Bild 4), deren Flächen zu einer der natürlichen Pyramiden-Endflächen des Kristallstabes parallel liegen. Solche diagonale Platten wachsen in der Nährlösung unmittelbar zu fehlerfreien Kristallstäben aus, indem sich allmählich alle Pyramidenflächen nach beiden Seiten ausbilden. Bild 3 zeigt den Beginn des Wachstums eines Stabes aus einer diagonalen Platte. Die Umrisse der Saatplatte (Mutterkristall) sind hier kaum noch zu erkennen. Ein so gezüchteter Stab kann von einem Ende bis zum anderen ohne Abfall in piezo-elektrische Platten zerschnitten werden.

Auf diese Art dargestellt scheint die Kristallzucht etwas sehr Einfaches zu sein. Das ist sie aber nicht; denn die Ernte des Kristallzüchters ist wie die des Landwirtes vom «Wetter» abhängig. Für den Kristallzüchter ist das «Wetter» gleichbedeutend mit der Temperaturbeständigkeit der Nährlösung, in der die Kristalle wachsen. Er muß wie der Landwirt monatelang geduldig arbeiten und kann nur hoffen, daß kein widriger Zufall seine Ernte vernichtet. Wie ein unerwarteter Schneesturm für den Landwirt verhängnisvoll sein kann, so kann ein Niederschlag kleinster Kristalle – als Folge unzureichender Temperaturregelung der übersättigten Salzlösung – während der zweiten Wachstumsperiode die Ernte des Züchters vernichten (Bild 1 oben).

Theoretisch wächst ein Kristall um so schneller, je übersättigter die Lösung ist, die an ihm vorbeistreicht. Aber genau so wenig wie es dem Bauer gelingt, seine Ernte durch unbegrenztes Düngen beliebig zu steigern, genau so wenig kann auch der Kristallzüchter seinen Ertrag durch stärkeres Übersättigen der verwendeten Lösung nicht unbegrenzt erhöhen. Bei einer zu stark übersättigten Lösung können sich spontan unzählige kleine Kristalle in der Lösung ausscheiden. Solange diese kleinen Kristalle sich als Abfall am Boden des Gefäßes ansammeln, ist das Unglück nicht sehr groß. Wenn sie sich jedoch auf den sonst einwandfreien Oberflächen der im Wachstum begriffenen Kristalle festsetzen, dann entstehen «wilde» Keime und andere Fehler, die den Kristall unbrauchbar machen (Bild 1 oben).

Bild 3: *Wachstumsbeginn (zweiter Wachstumsabschnitt) eines Stabes aus einer diagonalen Platte. Bei dieser Art der Züchtung sind die Grenzen der Saatplatte (Mutterkristall) kaum noch erkennbar.*



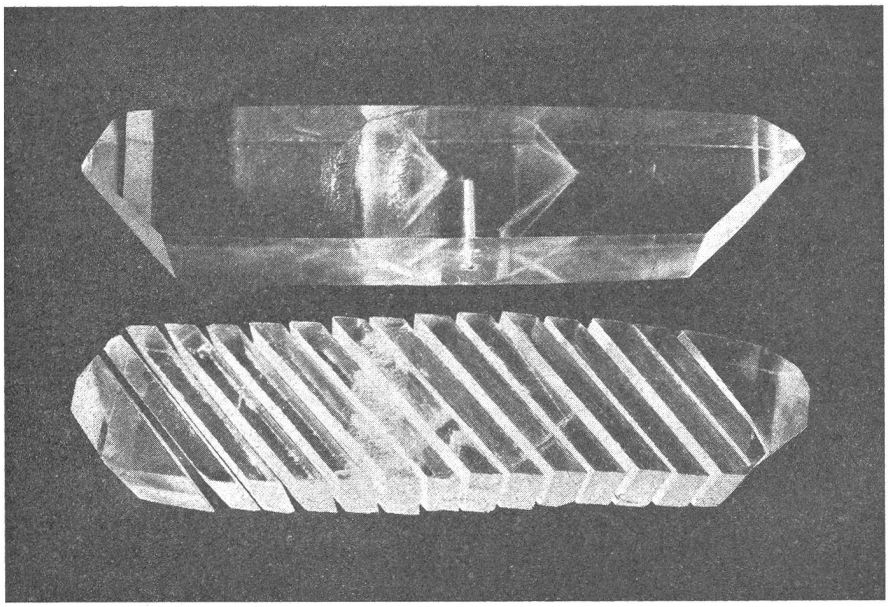


Bild 4: *Wenn ein Saatstab, der die Mutterkristalle oder Saatplatten liefert, diagonal zerschnitten wird, dann können aus den Stücken neue schleierfreie Kristalle gezüchtet werden. Voraussetzung ist allerdings, daß die Hauptflächen der neuen Stücke parallel zu den Pyramidenflächen des Ursprungskristalls liegen. Im oberen Kristall sind diese Pyramidenflächen noch deutlich erkennbar.*

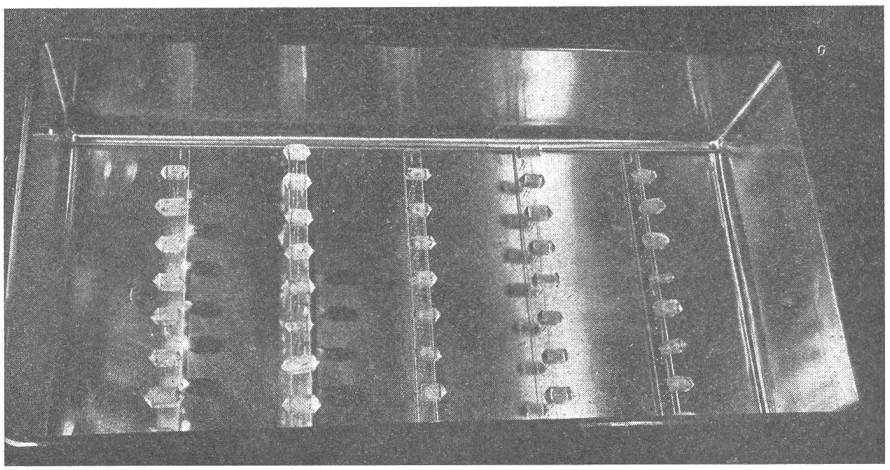


Bild 5: *Eine Schaukelpfanne mit 40 «Samen», wie sie die Western Electric Company verwendet.*

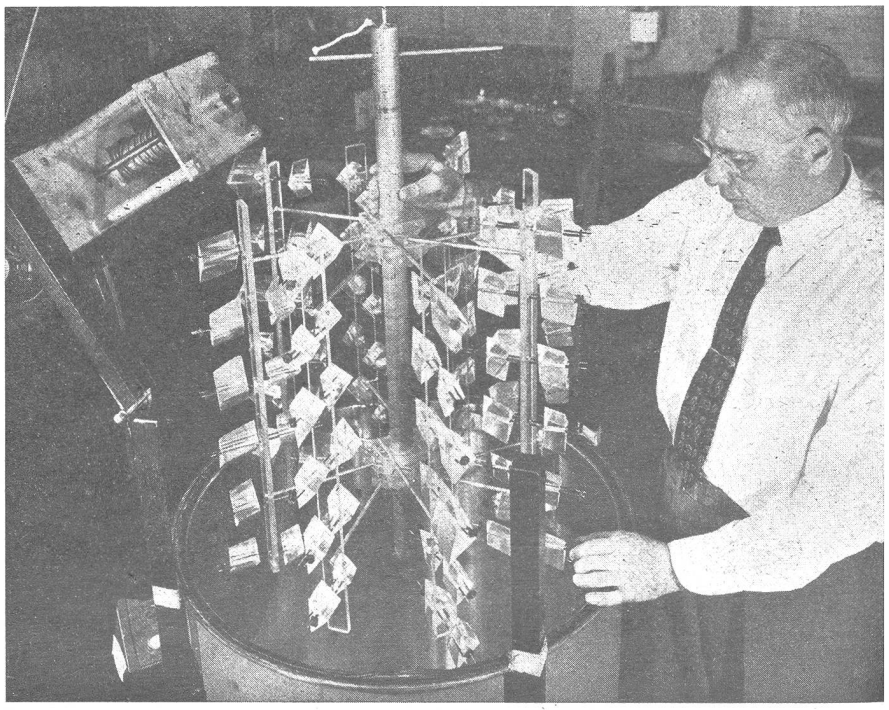


Bild 6: *Dachförmige EDT-Saatkristalle werden in den Tank eines Radialkristallisators eingebracht, in dem sie in etwa drei Monaten zu 15 Zentimeter langen Stäben auswachsen. In dünne Platten zerschnitten werden sie dann als Frequenzfilter in den Telephonnetzen verwendet.*

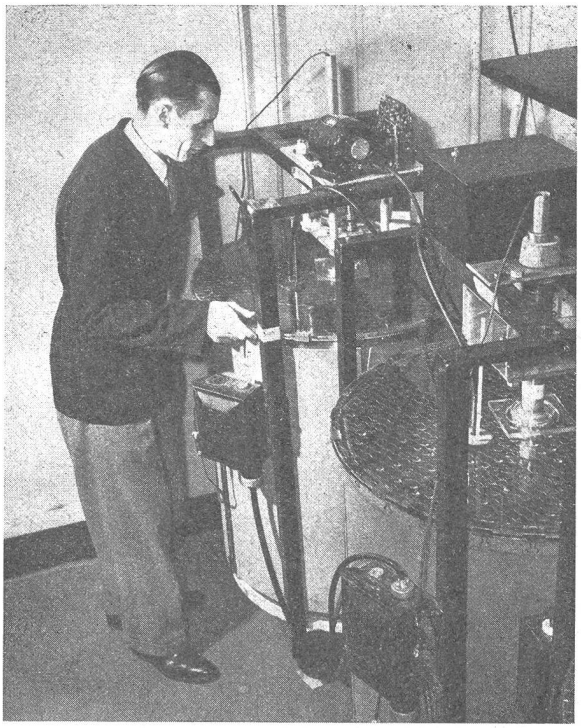


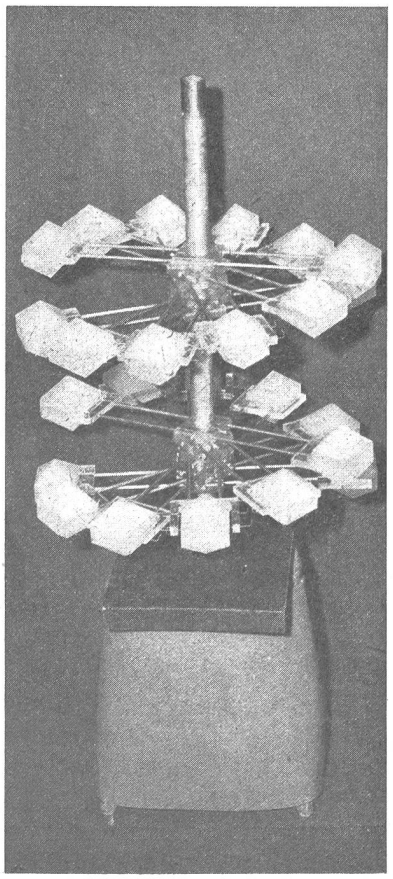
Bild 7: *Das neue Kristallzuchtverfahren der Bell-Telephone Laboratories.*

Bild 8 rechts: *Das Rohr mit seinem Gerüst aus Stahlstangen und Kunstharzrähmchen, die die Saatplatte (Mutterkristall) halten, bis die doppelte Pyramide ausgewachsen ist. (Erster Wachstumsabschnitt.) Dann werden die Stahlarme um 90 Grad gedreht, damit die Nährlösung gleichmäßig an den Pyramidenflächen vorbeistreichen kann, und die Kristalle ohne Fehler zu ihrer vollen Länge auswachsen.*

Ist die Nährlösung zu sehr übersättigt, wächst also der Kristall zu schnell, so bilden sich oft wolkige Schichten, sogenannte Schleier, die ebenfalls einen Kristall unbrauchbar machen können. Dasselbe tritt ein, wenn die Zirkulation der Nährlösung aus irgendeinem Grunde unregelmäßig wird. Auch Verunreinigungen der Nährlösung und viele andere Faktoren, deren Aufzählung hier zu weit führen würde, vernichten oft ganze Ernten. Der Kristallisationsvorgang vom Einsetzen des Mutterkristalles in die Nährlösung bis zum fertigen «Samen» und Abschluß des ersten Wachstumsabschnittes und weiter bis zum fertigen Kristallstab dauert drei Monate.

*

In Amerika haben sich mehrere Fabriken mit der Kristallzucht befaßt. In Allentown, im Staate Pennsylvania hat die *Western Electric Company* erst vor kurzem eine neue Fabrik errichtet, die alljährlich Hunderttausende solcher Kristalle erzeugen wird. Wenn man von der Beleuchtung und Klimatisierung absieht, erinnert diese Kristallzüchterei stark an eine Champignonzucht. In diesem Betrieb werden in 125 Zentimeter langen und 30 Zentimeter tiefen Pfannen (Bild 5) aus Saatkristallen (Mutterkristallen) Stäbe piezoelektrischen Materials gezüchtet. In einer solchen Pfanne werden 40 Saatkristalle in fünf Reihen mit nichtrostenden Stahlnadeln im Rahmen festgehalten. Wenn diese Kristalle ungestört bleiben, können sie bis zu 25 Zentimeter lang werden. Mehrmals in jeder Minute wiegt ein Schaukelmechanismus die Pfanne in der Längsrichtung um einen kleinen Winkel auf und ab. Der ganze Raum wird im Verlaufe der langen Wachstumszeit allmählich abgekühlt, und die für jeden Tag vorgeschriebene Temperatur muß mit einer Genauigkeit von $^1/_{10}$ Grad Celsius eingehalten werden.

Die *Bell-Telephone Laboratories* haben ein besonderes Kristallzuchtgerät für die Erzeugung piezo-elektrischer Kristalle entwickelt. Es besteht aus einem zylindrischen Tank (Bild 7), der die Nährlösung enthält, und in den ein Rohr hineinragt, das Gestelle aus Stahlstäben und Kunstharz-Rähmchen trägt, welche die Saatkristalle festhalten (Bild 8). Ein Motor dreht das Rohr abwechselnd in beiden Richtungen, so daß ein gleichmäßiger Umlauf der Nährlösung um alle Kristall-Wachstumsflächen gewährleistet ist.

Die fertigen Kristallstäbe werden in 3 Millimeter dicke, etwa $4 \times 1{,}5$ Zentimeter große Platten geschnitten, die an beiden Seiten mit einem Goldüberzug von $^1/_{40\,000}$ Millimeter Dicke versehen werden, um die elektrische Verbindung herstellen zu können. In einem Glasrahmen montiert, dienen sie dann als Filterelemente zum Trennen von Telephongesprächen, von denen dank der piezo-elektrischen Kristalle heute bis zu 480 gleichzeitig über ein Kabel geleitet werden können, ohne daß die Gefahr einer Vermischung besteht.