

## Das Fernsehen an der Schweizerischen Landesausstellung

Von Prof. Dr. F. Tank, Eidgen. Technische Hochschule Zürich  
Separatabdruck aus der Neuen Zürcher Zeitung vom 24. Mai 1939

*„Das Fernsehen bedeutet für den Laien ein technisches Wunder, für den Fachmann ist es eine wunderbare Technik“*

Die tägliche Erfahrung lehrt uns, in wie wirkungsvoller Weise das gesprochene oder geschriebene Wort durch das Bild unterstützt werden kann. Die ersten Schriftzeichen der Menschheit lehnten sich stark an bildliche Vorstellungen an, und heute füllen sich, entsprechend der zunehmenden Vervollkommnung der Reproduktionstechnik, unsere Tageszeitungen mehr und mehr mit Bildern. Als daher die Bedeutung des Radorundspruches als eines neuartigen und bleibenden Nachrichtenmittels unbestrittene Tatsache geworden war, lag es in der Richtung einer natürlichen Entwicklung, an Versuche zur Übertragung von Bildern auf dem Radiowege heranzutreten.

Das moderne Fernsehen blickt auf eine Entwicklungszeit von nur wenig mehr als etwa einem Dutzend Jahren zurück. Wenn auch der ursprüngliche Wunsch, die bestehenden Rundspruchsender zugleich für die Zwecke des Fernsehens zu benutzen, zunächst keine technische Erfüllung fand, so hatten doch die begonnenen Entwicklungsarbeiten eine so starke Tragfläche für den Fernsehgedanken geschaffen, daß die Forschung am Fernsehen nicht ruhte und mit der Zeit, sich vertiefend und erweiternd, ein ganz neues technisches Gebiet schuf von bestimmter Eigenart und Prägung. Diese Eigenart ist einerseits gekennzeichnet durch die Beherrschung breitester und höchster Wechselstrom-Frequenzbänder, anderseits durch die außergewöhnlich umfassende und souveräne Anwendung der Ergebnisse der modernen Elektronenforschung.

Allen heutigen Fernseh-Verfahren ist gemeinsam, daß ein Bild nicht als Ganzes gesendet wird, sondern daß eine Bildzerlegung (Bildauflösung, Abtastung) stattfindet, bei welcher die Helligkeitsbeträge nebeneinander liegender Bildelemente nach Umwandlung in entsprechende elektrische Stromwerte in zeitlicher Folge nacheinander auf einer einzigen Radiowelle oder durch ein einziges Kabel hindurch dem Empfänger übermittelt werden. Der Umstand, daß die gedrängte flächenhafte Anordnung der Bildelemente in eine Kette zeitlicher Ereignisse auseinandergezogen wird, hat zur Folge, daß die Übertragung mit außerordentlicher Geschwindigkeit zu geschehen hat, wenn auf der Empfangsseite nach Rückwandlung der Stromimpulse in Helligkeitswerte und kunstgerechter Zusammensetzung derselben für das Auge ein einheitlicher Bildeindruck entstehen soll. Die Bildzerlegung und Bildzusammensetzung auf mechanischem Wege, z. B. vermittelt sehr rasch rotierender Lochscheiben oder Spiegelkränze führt wegen der Beanspruchung des Materials und der erforderlichen höchsten Präzision zu ungewöhnlichen Schwierigkeiten, so daß die Fernsehtechnik sich mehr und mehr nach Hilfsmitteln umsah, welche die erwähnten Nachteile nicht besaßen und weitgehend trägheitsfrei arbeiteten. Solche Möglichkeiten bietet vor allem der Elektronenstrahl in der Kathodenstrahlröhre.

Als die Frage sich stellte, an der Schweizerischen Landesausstellung mit Vorführungen aus dem Gebiete des Fernsehens vor die Öffentlichkeit zu treten und daher entsprechende im Gange befindliche Forschungsarbeiten zu beschleunigen, waren die tiefer liegenden Gründe wissenschaftlicher und technischer Natur wesentlich mitentscheidend, daß das Institut für Hochfrequenztechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule sich zur Übernahme einer solchen Aufgabe entschloß. Es galt, innerhalb von Jahresfrist die finanziellen Mittel aufzubringen und die zu leistende Arbeit einem festumrissenen Ziele zuzuführen. Daß dies möglich war, verdanken wir dem selbstlosen Interesse zahlreicher Spender, unter welchen vor allem die Generaldirektion der Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung genannt sei. Ihnen allen sei auch an dieser Stelle auf das herzlichste gedankt. Für die Wahl des zu beschreitenden Weges war richtunggebend, daß in der bloßen Nachahmung der mit außergewöhnlichen Mitteln durchgeführten Leistungen des Auslandes ein Erfolg weder gesucht noch gefunden werden sollte, sondern daß in der bewußten Beschränkung auf Einfaches bei angemessener Berücksichtigung der Erzeugnisse schweizerischen Schaffens nach Möglichkeit etwas Eigenes und Originelles zu erstreben war.

So ergab sich der Entschluß, auf die Methode der Bildsendung mit Kathodenstrahlrohr und Leuchtschirm-Raster zu greifen, welche wohl zuerst von Ardenne (1931) angegeben und in der Folge — teilweise selbst von Amateuren — für Übertragungen von begrenzter Bildgüte benutzt wurde. Dieses Verfahren durch wissenschaftlich vertiefte Arbeit so zu verbessern, daß eine Präzisionsmethode daraus entstehen mußte, war das Ziel, welches wir uns steckten und welches zu erreichen wir hoffen durften. In den folgenden Zeilen sei die von uns gebaute und an der Schweizerischen Landesausstellung in der Abteilung „Elektrizität“ ausgestellte Fernseh-Apparatur kurz beschrieben.

### Die Bild-Sendung

Die Seele der Bildsendung bildet das Kathodenstrahl-Senderrohr. Es war ein glücklicher Umstand, der uns ein solches von geeigneter Art finden ließ. In jahrelanger, erfolgreicher Entwicklungsarbeit ist in der Schweiz dank der Förderung durch die „Forschungskommission für Hochspannungsfragen“ unter besonderer Mitwirkung von Dr. Berger und der Firma Trüb Täuber & Co. der Kalt-Kathodenstrahloszillograph zu einer Stufe hoher Vollendung durchgebildet worden. Wenn er auch in erster Linie für Untersuchungen auf dem Gebiete der elektrischen Hochspannung gedacht ist, so war es doch von großem Interesse, die Verwendung des Kalt-Kathodenstrahlrohres für die Zwecke der Fernseh-Sendung zu erproben. Das Kalt-Kathodenstrahlrohr arbeitet — im Gegensatz zum vollständig evakuierten Glühkathodenrohr — mit Gasentladung und ist dauernd mit der Luftpumpe verbunden. Ein feiner Elektronenstrahl, der an der Kathode erzeugt wird, und der durch elektrische Felder zwischen Paaren von Ablenkplatten nach jeder Richtung gesteuert werden kann, fällt auf einen fluoreszierenden Leuchtschirm und erzeugt dort einen sehr kleinen, aber hellen Lichtfleck (vergl. Fig. 1 und Fig. 2). Trotz seiner Kleinheit darf dieser Fleck das Lebenslicht der Bildsende-Apparatur genannt werden.

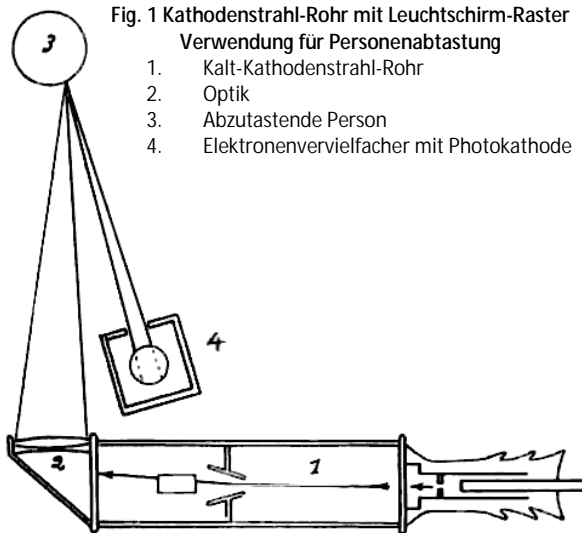


Fig. 1 Kathodenstrahl-Rohr mit Leuchtschirm-Raster  
Verwendung für Personenabtastung

1. Kalt-Kathodenstrahl-Rohr
2. Optik
3. Abzutastende Person
4. Elektronenvervielfacher mit Photokathode

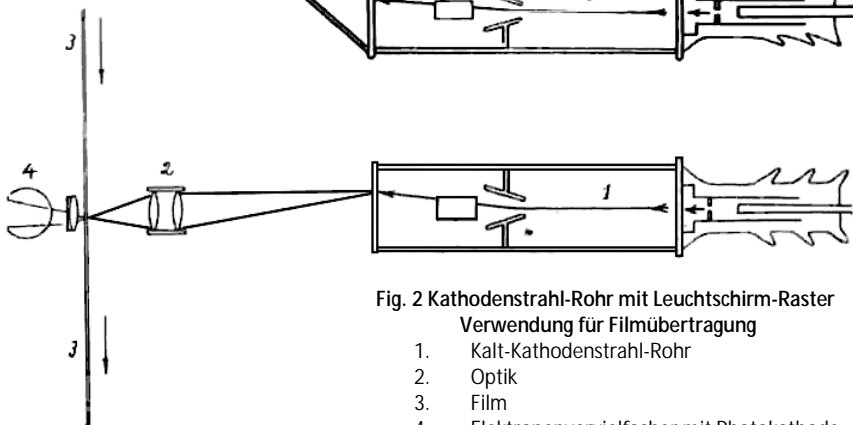


Fig. 2 Kathodenstrahl-Rohr mit Leuchtschirm-Raster  
Verwendung für Filmübertragung

1. Kalt-Kathodenstrahl-Rohr
2. Optik
3. Film
4. Elektronenvervielfacher mit Photokathode

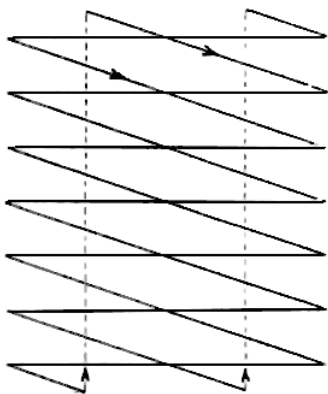


Fig. 3 Linien-Raster nach dem  
Zeilensprungverfahren

Für die Bildabtastung oder Bildzerlegung ist auf diesem Leuchtschirm durch richtige Führung des Kathodenstrahles ein feines und sehr präzises Linienraster zu erzeugen. Entsprechend der von uns gewählten englischen Normung sind 405 Zeilen nach dem sogenannten Zeilensprungverfahren herzustellen bei 25 vollen Bildwechseln in der Sekunde (die deutschamerikanische Normung sieht 441 Zeilen vor). Das Zeilensprungverfahren sichert eine weitgehende Flimmerfreiheit der Bilder. Es besteht darin, daß während einer Fünfzigstelsekunde ein Raster von insgesamt 202,5 Zeilen beschrieben wird und in der folgenden Fünfzigstelsekunde ein ebensolches Raster von 202,5 Zeilen, welches aber zwischen die Zeilen des vorangehenden Rasters zu liegen kommt (vergl. Fig. 3). Erst diese zwei Halbraster zusammen ergeben eine vollständige Bildabtastung.

Die Herstellung eines einwandfreien Rasters ist von grundlegender Bedeutung für die Erzielung einer guten Bildqualität und stellt große Anforderungen an das technische Können. Der Lichtfleck muß sich mit vollkommen gleichmäßiger Geschwindigkeit über den Leuchtschirm vorwärts bewegen, dann rasch zurückkehren und, um den richtigen Betrag versetzt, seine Wanderung wieder beginnen. Dieses Spiel wird durch sogenannte Kippspannungen bewerkstelligt, welche an die Ablenkplattenpaare des Kathodenstrahlrohres gelegt werden. Für ein 405-Zeilen-Bild berechnet man

leicht bei 25maligem Bildwechsel eine Gesamtzahl von 10 125 Zeilen in der Sekunde und bei einer Zeilenlänge von rund 100 Millimetern eine totale Zeilenstrecke von über einem Kilometer in der Sekunde. Die Schreibgeschwindigkeit des Kathodenstrahles ist also außerordentlich groß. Dabei muß man sich Rechenschaft davon geben, daß eine Ungenauigkeit von einem Millimeter im Zeilenraster schon unzulässig ist, obwohl sie nur einem Zeitfehler von etwa einer millionstel Sekunde entspricht. — Die Fernsehtechnik darf wirklich eine Präzisionstechnik der Millionstelsekunde genannt werden. — Es kommt ferner noch dazu, daß der zeitliche Ablauf des Zeilenrasters auf die fünfzigperiodigen Wechsel des Starkstromnetzes bezogen werden muß. Diese Synchronisierung ist notwendig, weil u. a. bei Filmübertragungen der Antrieb des Filmvorschubes mit Hilfe eines Synchronmotors erfolgt und eine genaue zeitliche Übereinstimmung zwischen Filmbewegung und Rasterbildung unerlässlich ist. Durch scharfe Synchronisierzeichen, deren Zeitintervalle aus dem 50-Perioden-Netz hergeleitet werden, wird an einer „Spitzkehre“ oder nach Vollendung eines Halbrasters der Elektronenstrahl im richtigen Moment zur Umkehr gezwungen. Die Rückläufe werden jeweilen durch eine elektrische Regulierung unsichtbar gemacht. Die Synchronisier Zeichen müssen auch auf den Sender übertragen und dem Empfänger zugeführt werden, um eine einwandfreie Bildzusammensetzung sicherzustellen.

Bei der Übertragung von Personenporträts (Personen-Abtastung, Fig. 1) wird im verdunkelten Raum auf optischem Wege der wandernde Lichtfleck des Leuchtschirmrasters auf das Angesicht einer Person geworfen. Der äußerst geringe Betrag diffus reflektierten Lichtes genügt bereits, um in einer photoelektrischen Zelle einen solchen Strom zu erzeugen, daß er verstärkt und dem Sender zugeführt werden kann. Etwas komplizierter gestaltet sich die Übertragung von Filmen (vergl. Fig. 2). Das Filmband läuft mit ganz gleichmäßiger Geschwindigkeit ab; der Lichtfleck des Rasters wird auf ihm abgebildet. Je nach der lokalen Schwärzung des Filmes wird die hinter dem Film befindliche photoelektrische Zelle mehr oder weniger beleuchtet und erzeugt auf diese Weise Ströme, welche den veränderlichen Belichtungen genau entsprechen. Man muß aber eine besondere Einrichtung treffen, um Übertragungen nach dem Zeilensprungverfahren durchführen zu können. Diese Aufgabe wurde bei uns durch einen Doppelspiegel mit mikrometrischer Einstellung und eine rotierende Trommelblende gelöst (Einzelheiten sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 2 nicht eingezeichnet).

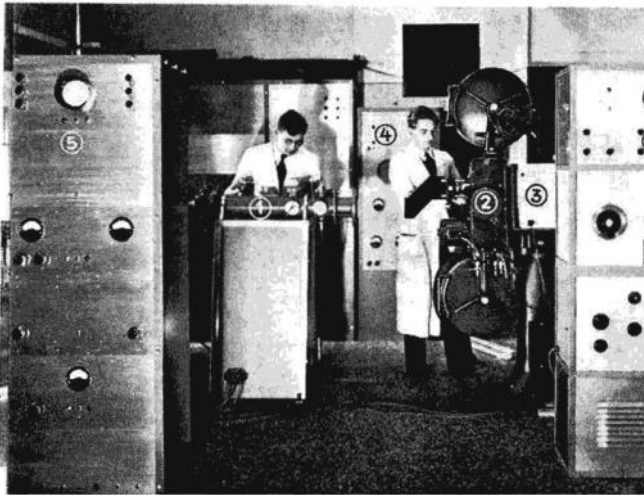


Fig. 4. Innenansicht aus dem Fernseh-Studio

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1. Kalt-Kathodenstrahl-Rohr                 | 4. Kontroll-Bildröhre           |
| 2. Film-Projektor                           | 5. Kippgeräte, Synchronisierung |
| 3. Elektronenvervielfacher mit Photokathode | 6. Kleiner Bildsender           |

im Innern eines evakuierten Glasgefäßes, in welchem sich auch die Photokathode befindet. Er verstärkt in höchstem Maße trägheitsfrei und weitgehend störfrei.

Erst nach vieltausendfacher Verstärkung können durch den Vorgang der Modulation die Wechselströme der Bildabtastung den Schwingungen eines Ultrakurzwellen-Radiosenders aufgeprägt werden. Dann tragen die Radiowellen von der Sendeantenne das Bild in die Ferne. Neben dem Bild wird, ebenfalls auf Ultrakurzwellen, auch der Ton gesendet. Die von uns verwendeten Wellenlängen betragen 6.667 Meter (Bild) und 7.229 Meter (Ton), oder in Frequenzmaß ausgedrückt kommen ihnen 45 und 41,5 Millionen Perioden pro Sekunde zu.

## Die Gestaltung des Sende-Raumes

Wie vielfach komplizierter eine Fernseh-Sendung ist als eine Radioübertragung, lehrt schon ein Blick in den Studio- und Sende-raum durch die großen Glasfenster hindurch, von welchen der Raum eingeschlossen ist. Der Beschauer erkennt leicht das Kathodenstrahl-Senderrohr und den Filmprojektor (Fig. 4). Abgeschirmt in Kästen aus Leichtmetall, versehen mit zahlreichen Meßinstrumenten und Kontrollgeräten, gegenseitig verbunden durch Hochfrequenzkabel, befinden sich die Verstärkeraggregate, die Generatoren für die elektrischen Kipperschwingungen, die Frequenz-Vervielfacher und -Unterteiler, sowie die Impulsgeber, welche für die Synchronisierung dienen. Dazu kommen der kleine Ultrakurzwellen-Bildsender mit beschränkter Sendeleistung, der Ultrakurzwellen-Tonsender, der große Ultrakurzwellen-Bildsender und anderes mehr (vergl. Fig. 5, Grundrißplan des Fernseh-Studios).

Eine Nachzählung ergibt das Vorhandensein von etwa hundert Radio-Röhren und hunderten von Verbindungen und Lötstellen. Die verwickelten und doch sinnreich angeordneten Schaltungen im Innern der Geräte gleichen den Adern und Nervensträngen eines von Leben und Denken durchströmten Organismus (vergl. auch Fig. 6).

Anschließend an den Studioraum befindet sich eine kleine Werkstatt mit den Schaltanlagen, in welcher auch der Hochspannungs-Gleichrichter für den Betrieb des Kathodenstrahlrohres untergebracht ist. Darüber liegt ein bescheidener Aufenthalts- und Garderobe-Raum, und dahinter endlich schließt sich der verdunkelbare Vorführungsraum an, in welchem die Fernseh-Bilder im sogenannten Kurzschluß-Verfahren, d. h. ohne Zwischenschaltung der übertragenden Ultrakurz-Radiowellen gezeigt werden.

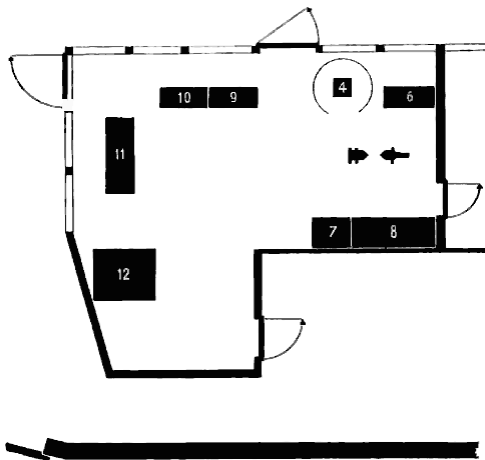


Fig. 5. Fernseh-Studio L. A. (Grundriß)

1. Kathodenstrahl-Abstrorhr
2. Film-Projektor
3. Elektronenvervielfacher mit Photokathode
4. Sitzplatz (für Personen-Abtastung)
5. Vorverstärker
6. Kippgeräte, Synchronisierung
7. Kontroll-Bildröhre
8. Vorführungs-Bildrohre
9. Kleiner Bild-Sender
10. Ton-Sender
11. Großer Bild-Sender
12. Hochspannungsanlagen
13. Werk-Raum
14. Vorführungs-Dunkelraum





Fig. 6. Die Fernsehanlage bei der Montage im Laboratorium

1. Kalt-Kathodenstrahl-Rohr
2. Film-Projektor
3. Elektronenvervielfacher mit Photokathode
4. Kontroll-Bildröhre
5. Kippgeräte, Synchronisierung
6. Kleiner Bildsender



Fig. 7 Fernseh-Empfänger

1. Kathodenstrahl-Röhre für Fernseh-Empfang
2. Antennen-Eingang und Verstärker
3. Kippgeräte
4. Netzanschluß-Gleichrichtergeräte
5. Lautsprecher für Ton

## Der Empfang des Bildes

Vorfürungen über Fernsehen wären nicht überzeugend, wenn nicht auch das drahtlos gesendete Bild empfangen werden könnte. Wir sahen uns daher veranlaßt, für die Zwecke der Landesausstellung auch einige Fernseh-Empfänger zu bauen. Der Verband Schweizerischer Radiofabrikanten stiftete an deren Unkosten einen erheblichen Beitrag, Verglichen mit dem Bau eines Radioempfängers bietet die Herstellung eines Fernsehempfängers einige wenige Erleichterungen, aber sehr viele zusätzliche und neuartige Schwierigkeiten. Das Bild erscheint auf dem Fluoreszenzschirm einer für die bestimmten Zwecke des Fernseh-Empfanges durchgebildeten Kathodenstrahl-Röhre. Die Strahlintensität, und damit die Helligkeit des Leuchtflecks wird durch das ankommende Bildsignal reguliert, Kippgeräte sorgen dafür, daß der Leuchtfleck sich auf einem Zeilenraster bewegt, welches in seinen Eigenschaften dem Abtastraster entspricht und vermöge der eintreffenden Synchronisierimpulse genau mit diesem im Tritt gehalten wird, Sender und Empfänger gleichen Uhrwerken, welche mit einer beinahe unvorstellbaren

Schnelligkeit und Präzision laufen, ohne dabei auch nur eine Millionstelskunde von einander abzuweichen.

Der Ausstellungsbesucher findet Fernseh-Empfänger im Kinoraum der Abteilung „Elektrizität“, wo sie Vorfürungen dienen, und ebenso in der Nische der „Radioempfänger“, wo unter Glas auch das Innere eines Empfangsapparates besichtigt werden kann (vergl. Fig. 7). Der fertige Empfänger besitzt außer dem Gehäuse häufig noch einen Spiegel, welcher die Betrachtung des Bildes erleichtert.

Die an der Schweizerischen Landesausstellung gezeigten Fernseh-Apparaturen stellen Studienobjekte dar. Sie bedeuten noch kein Schweizerisches Fernsehen. Sie sollen aber beweisen, was in der Schweiz mit verhältnismäßig einfachen Mitteln in kurzer Zeit geleistet zu werden vermochte. Entwurf und Bau sind Arbeit der Hochschule. Durch die Mitarbeiter des Schreibers dieser Zeilen, die Herren Dr. J. J. Müller, J. Heierle, Dr. G. Nobile, A. de Quervain und R. Wirz war eine sachgemäße Bearbeitung aller Teilaufgaben gesichert und fand mancher gute und neue Gedanke seine Verwirklichung. Die mechanische und - schaltungstechnische Ausführung sämtlicher Geräte erfolgte in teilweise improvisierten Werkstätten der Hochschule beinahe ausschließlich durch strebsame, stellenlose Fachleute. Daß uns auf diesem Wege ein bescheidenes Stück Bekämpfung der Arbeitslosigkeit gelang, bedeutete eine besondere Genugtuung.

Schweizerischen Ursprunges sind eine Anzahl Sende- und Gleichrichter-Röhren, die Meßinstrumente, Hochfrequenzkabel, Transformatoren, Spulen, Schalter, Drehknöpfe und Drehskalen, die meisten Kondensatoren, das Leichtmetall für Verschaltungen und Chassis und anderes mehr. Leider hat die Elektronentechnik nie einen ihrer Bedeutung angemessenen Nährboden in der Schweiz gefunden. Die verwendeten Verstärkeröhren und die Kathodenstrahlröhren für Fernseh-Empfang und oszillographische Kontrollzwecke sind Kinder des Auslandes, die weite Reisen teils aus Amerika, teils aus England hinter sich haben. Die deutsche Telefunken-gesellschaft stellte in freundlicher Weise einige wertvolle Elektronenvervielfacher zur Verfügung. Es wäre uns eine besondere Freude, wenn

gerade die Fernseh-Vorfürungen an der Schweizerischen Landesausstellung dazu angetan wären, die umfassende Bedeutung der Elektronentechnik hervortreten zu lassen. Wertvolle Anfänge sind geleistet worden. Mancher Besucher wird mit Interesse die Darstellung des Werdeganges einer Photozelle, die Photozellen mit Sekundärelektronenvervielfacher oder die Kathodenstrahlröhre für Fernseh-Empfang betrachten, welche, unmittelbar anschließend an das Fernseh-Studio, in der Vitrine des Institutes für Technische Physik der Eidgenössischen Technischen Hochschule (Abteilung für industrielle Forschung) ausgestellt sind, oder er wird sich die instruktiven Versuche des selben Institutes über Kathodenstrahlröhren, Bildwandler, Elektronenmikroskop oder Licht-Telephonie erklären lassen. Möge solchen Ansätzen eine glückliche Zukunft beschieden sein!