Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 78 (1987)

Heft: 17

Artikel: High Definition Television : HDTV

Autor: Kramer, Daniel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-903918

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: 07.01.2026

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

High Definition Television – HDTV

D. Kramer

Das besonders von Japan und den USA propagierte neue HDTV-Fernsehsystem geht von der Produktion und Übertragung bis zur Wiedergabe völlig neue Wege. Es ist deshalb wichtig, dass vor der Festlegung der technischen Parameter und Normen sämtliche Randbedingungen sorgfältig untersucht werden. Besonders kritisch erweist sich die Übertragungsnorm. Sie übt einen entscheidenden Einfluss auf die Aufnahme und Wiedergabe von HDTV-Sendungen aus, muss aber anderseits auf die bestehenden Normen und Übertragungswege Rücksicht nehmen. Die Einführung von HDTV ist deshalb im heutigen Zeitpunkt noch mit einigen Fragezeichen zu versehen, obwohl der Bedarf für ein qualitativ besseres Fernsehen vorhanden ist.

Propagé surtout au Japon et aux USA, le nouveau système de télévision à haute définition utilise de nouveaux procédés aussi bien pour la production que pour la transmission et la reproduction du signal. Il importe par conséquent d'examiner soigneusement les conditions préliminaires avant de déterminer les paramètres techniques, notamment la norme de transmission qui exerce une influence décisive non seulement sur la prise de vue, mais aussi sur la reproduction d'émissions en TVHD. D'autre part, elle doit tenir compte des normes et moyens de transmission existants. L'introduction de la télévision à haute définition pose encore divers problèmes, mais les besoins pour un système de télévision à haute qualité sont manifestes.

Adresse des Autors
Daniel Kramer, dipl. El.-Ing. ETH, Technischer Direktor SRG, Schweizerische Radio- und Fernsehgesellschaft, 8052 Zürich.

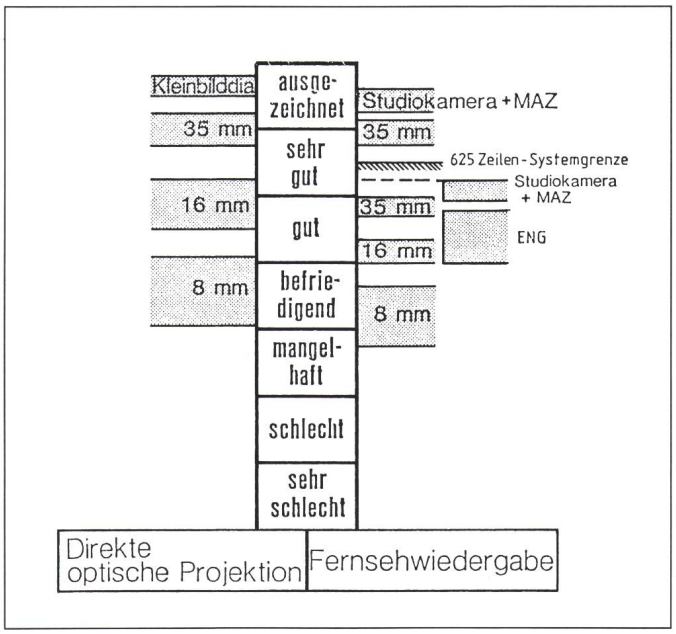
1. Einleitung

Die ersten offiziellen Fernsehbilder wurden 1936 in Deutschland ausgestrahlt. Es erstaunt deshalb nicht, dass heute, mehr als 50 Jahre danach, ernsthafte Vorschläge für eine neue Fernsehnorm zur Diskussion stehen, hat sich doch nicht nur die Anwendung des Fernsehens in den letzten Jahren stark verändert, sondern auch das Fernsehen als Massenkommunikationsmittel.

Neben der Einführung von Farbe, von Teletext, von Mehrkanalton und von zahlreichen anderen Dienstleistungen konnte die produktionstechnische Seite ganz wesentlich verbessert werden. Darunter fällt auch die Bildmanipulation bis zur eigentlichen elektronischen Generierung von Bildern. Ein Bereich konnte allerdings von dieser elektronischen Entwicklung kaum profitieren: die Filmindustrie. Gerade sie hat aber grosses Interesse, die sehr zeitaufwendigen, optischen Verfahren durch elektronische Hilfsmittel zu ersetzen. Leider scheiterten die bisherigen Bemühungen an der mangelnden Qualität unserer Fernsehsysteme. Die Ursache ist an der Systemgrenze heutiger Fernsehnormen wie PAL, SECAM oder NTSC zu suchen, die selbst unter Ausnützung aller vorhandenen Reserven bei weitem nicht die Qualität eines 35-mm-Filmes erreichen (Fig. 1).

Beschränkt man sich auf die PAL-Norm, so kann man gegenüber der 35-mm-Filmqualität vor allem folgende Mängel feststellen:

- *Auflösung:* Das heutige 35-mm-Filmmaterial ist in der Lage, vertikal 700 bis 900 Zeilen aufzulösen. Das PAL-System liegt bei 360 Zeilen. Selbst unter Ausnützung aller Systemreserven könnte man nicht mehr als 550 Zeilen wiedergeben. Damit wird auch die Projektion von heutigen Fernsehbildern auf Grossleinwand bezüglich Schärfe dem 35-mm-Film immer unterlegen sein.
- *Flimmern:* In bezug auf das Bewegungsflimmern (Bewegungsauflösung)



Figur 1
Subjektive Empfindung der Schärfe und Auflösung
MAZ = Professionelle Magnetaufzeichnungsanlage
ENG = Electronic News Gathering

sind heutige Fernsehnormen mit 50 Halbbildern gegenüber dem Film mit 24 Bildern pro Sekunde eindeutig überlegen (selbst bei schnellen Bewegungen erscheint dem Auge der Ablauf kontinuierlich). Dagegen weist PAL störende Flimmererscheinungen auf, die einerseits auf die Halbbildfrequenz (Flächenflimmern), anderseits auf die Zeilenfrequenz (statische Linienstrukturen) und auf das Zeilensprungverfahren (Moiréstörung in vertikaler Richtung) zurückzuführen sind. All diese Flimmererscheinungen wirken um so störender, je grösser das Bild wiedergegeben wird.

- *Format:* Die im Filmbereich üblichen Formate wie Breitleinwand oder Cinemascope weisen ein grösseres Breite-Höhen-Verhältnis auf als unser Fernsehsystem mit einem Verhältnis von 4:3. Will man das Fernsehbild auf Grossleinwand projizieren, so muss eine Formatveränderung in Erwägung gezogen werden.

- *Übrige Systemfehler:* Heutige Übertragungsverfahren verschachteln frequenzmässig die Luminanz- mit den Chrominanzsignalen, so dass weitere störende Fehler (Cross-Color, Cross-Luminanz usw.) entstehen. Ferner steht die Fernsehbildwiedergabe mit einem maximalen Kontrastumfang von 1:40 auch hier dem Film mit einem grössten Umfang von 1:250 eindeutig nach.

2. Die Bildauflösung

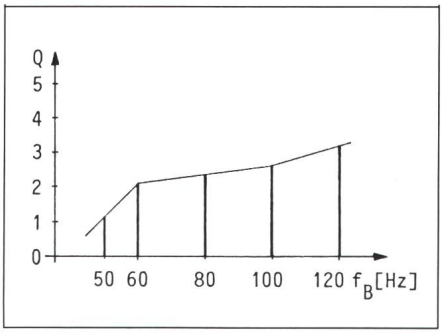
Die Bildauflösung hängt nicht allein von der Anzahl Fernsehzeilen ab. Massgebend ist auch die Art und Weise, wie das Fernsehbild auf den Schirm geschrieben wird.

Bekanntlich werden für die heutigen Fernsehnormen die Zeilen im Zeilensprungverfahren geschrieben, d.h. zuerst nur die ungeraden Zeilen (1, 3, 5, ...), in einem zweiten Durchlauf die geraden Zeilen (2, 4, 6, ...). Dieses Verfahren wurde zu Beginn des Fernsehens gewählt, um den einzelnen Phosphorelementen des Bildschirms nach ihrer Anregung genügend Zeit zu geben, in ihrer Lichtemission wieder abzuklingen. Heutige Phosphore wurden diesbezüglich verbessert und benötigen dieses Verfahren nicht mehr. Das Zeilensprungverfahren weist aber noch eine andere Besonderheit auf. Das Fernsehbild, bestehend aus 575 aktiven (sichtbaren) Zeilen, sollte eigentlich gleich viele Schwarzweiss- bzw. Weissschwarz-Übergänge wie Zeilen in vertikaler Richtung übertragen können. Wie aber bereits vor langer Zeit experimentell durch *D. Kell* [7] nachgewiesen wurde, können höchstens deren 368 vom Auge erfasst werden (64 Schwarzweiss-Sprünge auf 100 aktive Zeilen, was einem Kellfaktor von 0,64 entspricht). Die Übertragung von 575 Sprüngen (Kellfaktor von 1,0) ist nur mit der kontinuierlichen Abtastung, d.h. ohne Zeilensprung, möglich. Diese hat aber den Nachteil, dass, falls man die Bildfrequenz von 50 Hz beibehält, die zur Übertragung des Signals notwendige Bandbreite verdoppelt wird. Dementsprechend beruhen auch heutige Verbesserungsverfahren nicht so sehr auf einer kontinuierlichen Abtastung der Bilder über 575 Zeilen durch die Kamera (die Bandbreite für solche Übertragungskanäle ist nicht vorhanden), als auf einer kontinuierlichen Wiedergabe im Empfänger. Die Übertragung des Fernsehsignals erfolgt dabei im gewohnten Zeilensprungverfahren. Im Empfänger ist aber ein Bildspeicher vorgesehen, der es ermöglicht, das übertragene mit dem vorangehenden Halbbild zu kombinieren und alle 575 Zeilen des Vollbildes kontinuierlich während 1/50 Sekunde wiederzugeben. Für Standbilder ist die Verbesserung eindeutig. Für bewegte Bilder braucht es aber noch eine Bewegungsinterpolation, da in diesem Fall zwei benachbarte Halbbilder nicht mehr zueinander passen und sich das wiedergegebene Vollbild ohne ergänzende Massnahmen durch störende Unschärfe auszeichnen würde.

Beim HDTV geht man davon aus, dass primär die Zeilenzahl zu erhöhen ist. Das Zeilensprungverfahren wird beibehalten, um vorderhand Signalbandbreite zu sparen, wohl wissend, dass hier noch eine Systemreserve vorhanden ist. Die Zeilenzahl muss aber dabei, um die heutigen 700 bis 800 Zeilen des 35-mm-Kinofilms zu übertragen, mindestens 1000 bis 1100 Zeilen betragen.

3. Das Flimmern

Das Flimmern wird verursacht durch die zeitliche und örtliche Quantisierung. Es muss zwischen Zeilen-, Bild- und Bewegungsflimmern unterschieden werden. Das Bildflimmern ist auf den Bildwechselvorgang zurückzuführen, das Zeilenflimmern auf die Zeilendarstellung (statische Linienstrukturen, Ortsfrequenz). Das Zeilensprungverfahren kompliziert das Ganze, indem neue, für das Auge sichtbare Flimmerfrequenzen auftreten, die sich besonders durch Moiréstörungen (Line Crawl) ausdrücken. Will man diese Störungen reduzieren, so kann dies am einfachsten mit Erhöhung der Bildwechselfrequenz erreicht werden. Diese Massnahme stösst insbesondere bei den Europäern (PAL, SECAM) auf grossen Widerstand, da bei der Wandlung von HDTV in eine bisherige Norm grosse Probleme erwartet werden (Kompatibilität). Als einzige Möglichkeit, die heutigen Flimmereffekte zu reduzieren, bliebe die kontinuierliche Abtastung, die grosse Bandbreitenprobleme beinhaltet, oder der Einbau von Bildspeichern auf der Empfängerseite mit bewegungsadaptiver Interpolation. Verständlicherweise möchten die USA und Japan bei ihren 60 Hz bleiben, da die störenden Komponenten bei dieser Bildwechselfrequenz für das Auge wesentlich kleiner sind. Als Kompromiss wurden noch Frequenzen vorgeschlagen, die durch Multiplikation mit rationalen Faktoren aus 50 und 60 Hz hervorgehen, wie z.B. 75 Hz. Hier wurde aber experimentell gezeigt, dass eine Erhöhung von 50 auf 60 Hz eine wesentliche, Bildwechselfrequenzen über 60 Hz aber nur eine geringe Verbesserung bringen (Fig. 2). Anderseits handelt man sich mit 75 Hz ganz neue Probleme ein. Die beanspruchte Bandbreite zur Aufzeichnung von 1125 Zeilen mit einer Bildwechselfrequenz von 60 Hz im Zeilensprungverfahren liegt heute an der Grenze des physikalisch Machbaren. Für höhere Frequenzen müsste man die Aufzeichnungsgeschwindigkeit und damit den Bandverbrauch so erhöhen, dass das Aufzeichnungsverfahren beträchtlich verkompliziert würde. Hier scheinen Grenzen gegeben zu sein, die man mit Vorteil nicht überschreitet, falls man noch eine betriebssichere Aufzeichnung gewährleisten will.

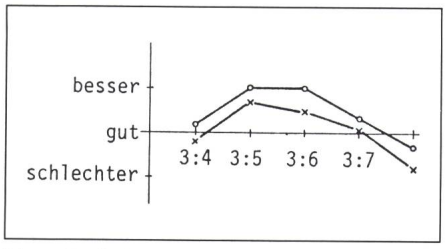


Figur 2 Subjektive Beurteilung der Qualität Q in Funktion der Bildwechselrate f_B

Eine letzte Bemerkung zum Bewegungsflimmern bzw. zur Bewegungsauflösung: Das Phänomen der Quantisierung der Bewegung beim Film weist insbesondere darauf hin, dass die Bildwechselfrequenz von 24 Hz für schnelle Bewegungen ungenügend ist. Diesbezügliche Vorschläge zur Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit auf 30 Bilder pro Sekunde werden zurzeit für 35-mm-Filme in den USA ernsthaft geprüft. Dank dem Zeilensprungverfahren (s. Kap. 2), das in bezug auf das Bewegungsflimmern einer Verdoppelung der Bildfrequenz gleichkommt, ist dieser Fehler schon bei heutigen Fernsehsystemen praktisch unbekannt.

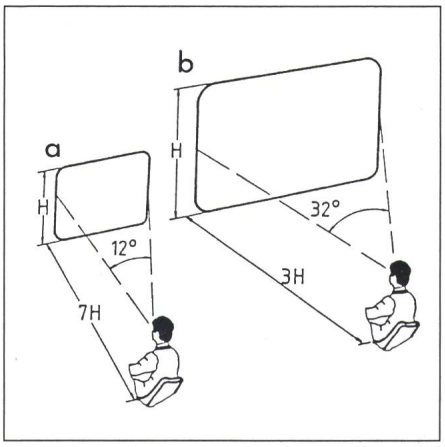
4. Das Bildformat

Unsere heutigen Fernsehsysteme weisen ein Breite-Höhen-Verhältnis von 4:3 auf. Dieses Format ist historisch bedingt und kann auf die Photographie zurückgeführt werden. Je nach Betrachtungsabstand, der heute etwa das 6- bis 7fache der Bildhöhe sein sollte, ergibt dies für den Zuschauer einen seitlichen Öffnungswinkel von rund 12°. Im Kino wird man heute schon dank besserer Auflösung mit grösseren Bildern verwöhnt. Zudem haben sich in den letzten Jahren andere Formate durchgesetzt, wie das Breitleinwandformat mit einem Verhältnis von 5,55:3 bzw. Cinemascope mit einem solchen von 7,05:3. Aufgrund zahlreicher Experimente (Fig. 3) scheint heute ein Format von 5,33:3 (16:9) die grösste Zustimmung zu finden. Grössere Bildbreiten bei gleicher Zeilenzahl und Auflösung würden zudem die Signalbandbreite unnötig strapazieren. Geht man nun für HDTV von einer Verdoppelung der Zeilenzahl aus, so kann man bei gleicher Betrachtungsdistanz die Bildhöhe verdoppeln. Unter Berücksichtigung der entsprechend besseren horizontalen Auflösung, aber auch des neuen Bildformates, erhöht sich somit der horizontale Öffnungswinkel auf etwa 32° (Fig. 4), was der Betrachtungswirklichkeit des Menschen doch eher entspricht. Hier sei daran erinnert, dass unser Fernsehsystem vom Zuschauer eine ungewohnte Betrachtungsweise verlangt. Der Kameramann spielt dem Zuschauer ausgewählte Bildszenen zu, die dieser durch ein Guckloch betrachtet, im Gegensatz zur üblichen Betrachtungsweise des Menschen, die Details aus einem Bild aussucht. Für die Grossleinwand im Kino ist dieser Eindruck bereits einigermassen realisiert. In der Fachwelt benützt man deshalb auch immer häufiger den Ausdruck Telepräsenz für HDTV, im Gegensatz zu Television für gebräuchliche Fernsehsysteme.



Figur 3 Subjektive Beurteilung verschiedener Bildformate in 2,5 m Abstand

o 1,6 m² Betrachtungsfläche
x 0,4 m² Betrachtungsfläche



Figur 4 Horizontaler Öffnungswinkel bei optimaler Betrachtungsdistanz

a PAL
b HDTV

5. Korrekturen weiterer Systemfehler

Als weiterer wichtiger Fehler heutiger Systeme sei die Übertragung der Luminanz (Helligkeit) und Chrominanz (Farbe) im Frequenzmultiplexverfahren erwähnt, die bekanntlich zu sichtbaren Moiréstörungen führt. Hier wird das Ziel darin bestehen, den Luminanz- und die beiden Farbdifferenzkanäle getrennt zu übertragen, wie das übrigens auch bei anderen neueren Systemen, wie z. B. beim MAC-Verfahren [8], bereits üblich ist.

Auf den Kontrastumfang der Fernsehbildwiedergabe, der noch immer ungenügend ist, wird später eingegangen.

6. Das HDTV-Format

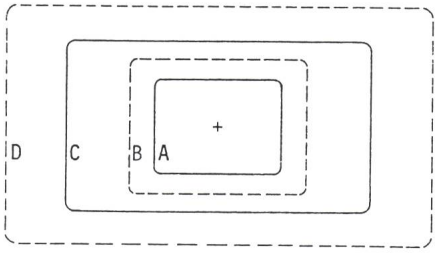
Das CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications) hat anlässlich seiner Plenarversammlung im Jahre 1986 folgendem Grundsatz zugestimmt:

«Das HDTV-System ist so zu dimensionieren, dass aus einem Betrachtungsabstand, der dreimal der Höhe des Bildes entspricht, einem Zuschauer mit durchschnittlichem Sehvermögen in den Details derselbe naturgetreue Eindruck vermittelt wird wie in einer Originalszene.
Dies bedeutet im Vergleich zu herkömmlichen Systemen:

- etwa doppelt so hohe räumliche Auflösung in vertikaler und horizontaler Richtung,
- verbesserte Bewegungsauflösung, sofern dies ohne wesentliche Kostenerhöhung möglich ist,
- verbesserte Farbwiedergabe,
- getrennte Behandlung der Farbdifferenz- und Luminanzsignale,
- grösseres Bildseitenverhältnis,
- mehrkanaliger HiFi-Ton.»

Bis heute kann einzig das von den USA und Japan propagierte und erprobte HDTV-Format diese Bedingungen erfüllen (Tab. I). Auch in bezug auf andere Systemverbesserungen scheint dieser Vorschlag den besten Kompromiss darzustellen. So ermöglicht diese Norm bei gleicher Auflösung und Betrachtungsdistanz gegenüber konventionellen Fernsehsystemen eine beträchtliche Bildflächenvergrösserung (Fig. 5).

Eine Bemerkung drängt sich noch zur beanspruchten Signalbandbreite auf, die bekanntlich die Auflösung in horizontaler Richtung beeinflusst. Ein ideales System sollte, wie bereits in Kap. 2 ausgeführt, in horizontaler Richtung gleich viele Bildpunkte pro Zeile wiedergeben können wie Schwarzweiss-Übergänge in der vertikalen Richtung. Beim realen System



Figur 5 HDTV im Vergleich zu PAL bei gleicher Auflösung

Das Bild zeigt, wie bei gleicher Betrachtungsdistanz und Auflösung der Bildschirm vergrössert werden kann (Flächengewinn). Die dazugehörigen technischen Daten sind in Tabelle II angegeben.

Parameter	PAL	HDTV
Bildseitenverhältnis	4:3	5,33:3 (16:9)
Totale Zeilenzahl	625	1125
Aktive Zeilen	575	1035
Bildabtastung	2:1	2:1
Bildwechselfrequenz	50 Hz	60 Hz
Bandbreite des Luminanzsignals Y	5 MHz	27 MHz
Bandbreite des Farbdifferenzsignals R - Y, B - Y	1,3 MHz	13,5 MHz

Tabelle I CCIR-Vorschlag für eine weltweite HDTV-Norm

	aktive Zeilen	Verh. B/H	Kellfaktor
A	575	4:3	0,64 (Zeilensprungverfahren)
B	575	4:3	0,95 (kontinuierliche Abtastung)
C	1035	16:9	0,64 (Zeilensprungverfahren)
D	1035	16:9	0,95 (kontinuierliche Abtastung)

Tabelle II Technische Daten zu Figur 5

muss die aktive Zeilenzahl eines Bildes mit dem entsprechenden Kellfaktor korrigiert werden. Diesem Punkt wird bei den heutigen und soweit absehbar auch in den zukünftigen Fernsehnormen sehr unterschiedlich Rechnung getragen (Fig. 6). Kompromisse mit der verfügbaren Bandbreite des Übertragungskanals waren offenbar unumgänglich.

In der Tabelle I nicht enthalten sind die folgenden Parameter, die noch zu definieren sein werden:
- Grau- und Farbwerte,
- Kontrastumfang,
- Tonkanäle,
- Toleranzen der Signalwerte usw.

Einzelne dieser Parameter können, da sie auch das Übertragungs- und das Wiedergabeverfahren beeinflussen, erst zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt werden.

Die Europäer sind erwartungsgemäss mit dem vorliegenden HDTV-Vorschlag gar nicht glücklich. Unter anderem befürchten Sie einen erheblichen Qualitätsverlust bei der Überspielung von HDTV auf PAL/SECAM, da insbesondere die Halbbildfrequenz von 60 auf 50 Hz reduziert werden muss. Laborversuche haben aber gezeigt, dass eine Wandlung von HDTV zu PAL selbst mit bewegten Bildern so gut gelöst werden kann, dass kaum ein Qualitätsunterschied zwischen einer originalen PAL-Kameraaufnahme und einem Bild, das aus einem HDTV-Signal in PAL umgesetzt wurde, festgestellt werden kann.

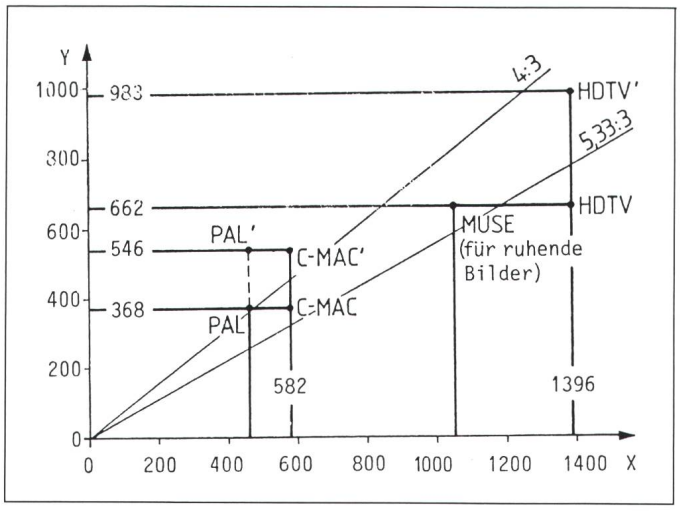
Die Europäer sprechen gern von einem «Umbrella-Standard», der die Kompatibilität zwischen alten und neuen Formaten sicherstellen soll. Abgesehen davon, dass HDTV zurzeit einen ganz anderen Verbraucherkreis (Filmproduzenten und Lichtspieltheater) anspricht, dürften noch Jahre vergehen, bis HDTV einem breiten Publikum auch finanziell zugemutet werden kann. Für Europa gilt es aber offenbar noch ganz andere Werte zu retten. Mit grossem finanziellem Aufwand hat man die MAC-Familie lanciert, deren Durchsetzung bei weitem noch nicht gesichert ist. Eine neue HDTV-Norm würde den Fernsehzuschauer noch mehr verunsichern, als dies heute schon mit MAC der Fall ist. Deshalb propagiert die europäische Industrie lieber HD-MAC, HQ-MAC, E-MAC, W-MAC u.a.m. als HDTV. Sofern aber eine Kompatibilität mit den bereits genormten MAC-Mitgliedern (C, D, D2) gewährleistet werden soll [8], werden diese erweiterten Formate, die den Labortisch noch nicht verlassen haben, immer schlechter abschneiden als die oben beschriebene HDTV-Norm.

7. HDTV-Produktionsgeräte

An einer Entwicklung von Produktionsgeräten ist vor allem die Filmindustrie interessiert. Sie verspricht sich damit insbesondere eine Vereinfachung und Verbilligung ihrer Herstellungsmethoden im Vergleich zur 35-mm-Film-Technik, selbst wenn nach Abschluss der elektronischen Verarbeitung das Material für die Kinos wieder auf Film transferiert werden muss. Kaum war deshalb die Norm in groben Zügen definiert, so hatten die wichtigsten Hersteller von Broadcast-Geräten die ersten Prototypen zur Hand. Heute liefern bereits über 20 Firmen die verschiedensten HDTV-Geräte, so dass die gesamte Gerätepalette, die für die Produktion und Nachbearbeitung notwendig ist, auf dem Markt erhältlich ist.

Zwei Gerätetypen müssen noch speziell besprochen werden, die Kameras und die Magnetbandgeräte. Die Kameras werden heute vorzugsweise mit Saticonröhren ausgerüstet. Diese sind zurzeit die einzigen Bildaufnahmeröhren, die eine befriedigende Auflösung gewährleisten. Ihre etwas schlechtere Lichtempfindlichkeit bedingt allerdings bei der Produktion einen höheren Lichtaufwand. CCD-Elemente erreichen heute noch bei weitem nicht die geforderte Auflösung von 1200 Zeilen.

Die Magnetbandaufzeichnung wurde aus dem 1″-C-Format abgeleitet. Da es sich bei diesem um eine analoge Aufzeichnung handelt, mussten aus Gründen der Signalbandbreite am HDTV-Format gewisse bandreduzierende Massnahmen ergriffen werden (20 MHz Luminanz und je 10 MHz für die Chrominanzsignale). Pro Halbbild sind insgesamt 4 Spuren und ebensoviele Magnetköpfe notwendig (anstelle 1 Spur für PAL). Gleichzeitig wurde die Bandgeschwindigkeit auf 48,31 cm/s (Pal 24,4 cm/s) erhöht, wobei sich die relative Aufzeichnungsgeschwindigkeit der Köpfe mit 25,9 m/s nicht geändert hat. Erstaunlich ist die Tatsache, dass bereits erste digitale Aufzeichnungsmaschinen für HDTV vorgeführt wurden, die auf dem von



Figur 6
Vergleich zwischen horizontaler und vertikaler Auflösung
PAL, MAC: 625 Zeilen, 575 aktive Zeilen, Zeilensprungverfahren
HDTV: 1125 Zeilen, 1035 aktive Zeilen, Zeilensprungverfahren
PAL', MAC', HDTV': kontinuierliche Abtastung
X Zeilenzahl
Y Bildpunkte pro Zeile

Parameter	PAL	HDTV
Codierungsfamilie	4:2:2	22:11:11
Luminanz Abtastfrequenz	13,5 MHz	74,25 MHz (22/4×13.5)
Farbdifferenzabtastfrequenz	6,75 MHz	37,125 MHz (11/2×6,75)
Abtastpunkte pro Zeile	864	2200
Aktive Abtastpunkte pro Zeile	720	1920

Tabelle III Digitalisierung des Bildes

CCIR genormten 4-2-2-Format für PAL (Tab. III) beruhen. Trotz der Unvollkommenheiten der Aufnahmegeräte haben sich bereits die ersten Filmproduktionsgesellschaften mit ganzen HDTV-Studios eingedeckt. Die Produktion von HDTV-Material (insbesondere im Werbebereich) hat damit bereits begonnen.

8. Übertragung von HDTV-Signalen

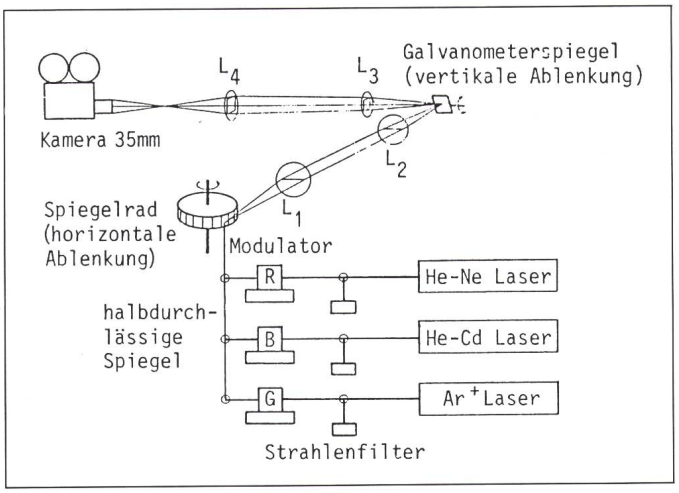
Will man ein HDTV-Signal einem breiteren Publikum zugänglich machen, so stehen heute grundsätzlich vier Möglichkeiten zur Verfügung: der Filmtransfer, die Satelliten- und Glasfaserübertragung sowie die Konvertierung auf heutige Systeme. Der Transfer von HDTV auf 35-mm-Film ist sicher naheliegend, obwohl damit einige unbestrittene Vorteile von HDTV, wie z.B. die hohe Bewegungsauflösung, verlorengehen. Dafür kann man sich auf eine breite vorhandene Infrastruktur für die Verteilung und Wiedergabe abstützen. Direktsatelliten wie Glasfaserkabel für HDTV sind noch Zukunftsmusik, müssen doch noch die entsprechenden Kanäle (mit entsprechender Bandbreite) freigestellt, die Glasfaserkabel bis zum Verbraucher geführt werden. Schliesslich verbleibt der Konverter, der ein HDTV-Signal in ein Signal einer heute üblichen Norm umwandelt.

Im folgenden werden diese drei Verfahren etwas näher untersucht.

8.1 Der Filmtransfer

Dazu stehen grundsätzlich zwei Techniken zur Auswahl, die sich besonders durch ihre Lichtquellen unterscheiden. Die erste, welche von der japanischen Rundfunkgesellschaft NHK entwickelt wurde, beruht auf drei Laserquellen (Fig. 7). Diese werden aufgrund eines speziell aufbereiteten HDTV-Signals entsprechend den drei Farbauszügen Rot, Blau und Grün moduliert. Mit einem Spiegelrad, das die Laserstrahlen in horizontaler Richtung aussteuert bzw. mit einem Galvanometerspiegel für die vertikale Richtung, wird nach entsprechender optischer Bündelung ein 35-mm-Umkehrfilm belichtet. Dabei sei besonders auf zwei Probleme hingewiesen. Zum ersten muss von der HDTV-Bildwechselfrequenz von 60 Halbbildern pro Sekunde auf die heute üblichen 24 Filmbilder pro Sekunde transferiert werden. Dass die dazu notwendige Elektronik nicht ganz einfach ist, kann man sich leicht vorstellen. Zudem sind bei schnellen Bildbewegungen Fehler durch Interpolationen zu erwarten. In Amerika laufen deshalb Bestrebungen, die Filmgeschwindigkeit auf 30 Bilder pro Sekunde zu erhöhen. Obwohl diese Verbesserung der Filmwiedergabe ganz allgemein zugute käme, sind doch gewisse Zweifel an ihrer Realisierbarkeit anzubringen, wenn man bedenkt, dass seit über 50 Jahren weltweit eine einheitliche Norm für 35-mm-Filme mit 24 Bildern pro Sekunde existiert. Das zweite Problem bei diesem Verfahren ergibt sich aus der Lichtquelle selbst, lässt sich doch bezüglich der Gradation γ (Schwärzung) das Filmmaterial nur sehr schlecht auf die Eigenschaften des Laserstrahls anpassen. Besonders in dunkeln Szenen treten grössere Farbverfälschungen auf.

Was dieses zweite Problem anbetrifft, so schneidet der *Elektronenstrahl* als Lichtquelle wesentlich besser ab (Electron-Beam-Recording EBR), wenn auch das Verfahren im ganzen gesehen nicht einfacher ist. Der Konverter, der die 60-Hz-HDTV-Signale in ein filmgerechtes 24-Hz-Bildsignal umwandelt, bleibt bestehen. Kompliziert ist aber der eigentliche Aufzeichnungsvorgang auf den Filmträger. Der Elektronenstrahl belichtet unter Vakuum einen Schwarzweissfilm, wobei jedem elektronischen Bild drei aufeinanderfolgende Schwarzweissbilder (rot, grün, blau) entsprechen. Dieser Vorgang dauert eine Sekunde. In einem zweiten Arbeitsgang wird mit Hilfe des Schwarzweissfilmes ein Negativfarbfilm in einer Schrittkopiermaschine belichtet, wobei mit einer normalen Lichtquelle und synchron geschaltetem Filterrad gearbeitet wird. Schliesslich können mit dem entwickelten Farbnegativfilm auf übliche Weise die in den Kinos verwendeten Farbpositivkopien hergestellt werden. Der Vorgang ist sehr langsam, bietet aber den Vorteil einer viel grösseren Farbtreue.



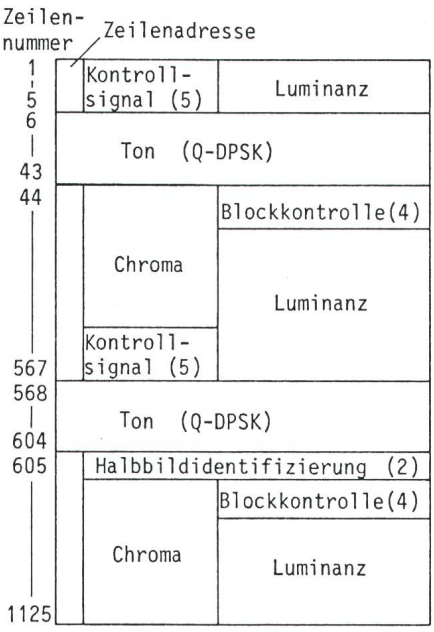
Figur 7 Konvertierung von HDTV in 35-mm-Film mit Laser

8.2 Die Übertragung über Satellitenkanäle

Die Übertragung der enormen Bandbreite eines HDTV-Signals (27 MHz für die Luminanz, je 13 MHz für die beiden Chrominanzsignale) bringt selbst für Satellitenstrecken ganz neue Probleme. Die HF-Kanalbandbreite heutiger Satellitenkanäle liegt bei 36 MHz (nutzbare NF-Kanalbreite: ca. 12 MHz). Es müssen also breitbandi-

gere Satellitenkanäle definiert werden. Entsprechende Vorstösse für die Aussparung des Frequenzbereiches von 22 bis 22,5 GHz sind dem CCIR bereits eingegeben worden. Wie schnell dieser Frequenzbereich allerdings diesem Verwendungszweck zugeteilt werden kann, ist völlig offen.

Interessant ist der Weg, den Japan unter Federführung der NHK beschreitet. Unter dem Namen MUSE (Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding) wurde ein Übertragungsverfahren entwickelt, das sich mit einer Übertragungsbandbreite von 8,1 MHz begnügt und damit in den heute definierten Kanälen von Fernmelde- und Direktsatelliten Platz findet (Fig. 8, Tab. IV). Dabei wird Chroma um den Faktor 1:4 komprimiert und im TCI-Verfahren (Time Compressed Integration) übertragen. Der Ton wird als komprimiertes PCM-Signal in Q-DPSK in der vertikalen Bildaustastlücke eingefügt. Wesentliche Einsparung an Bandbreite wird dabei mit einem bewegungsadaptiven Codierverfahren erreicht, das bei einer Abtastfrequenz von 64,8 MHz die volle Bildauflösung eines Standbildes nach vier Halbbildern gewährleistet und für bewegte Bilder lediglich ein Viertel der abgetasteten Punkte überträgt. Die erzielten Resultate mit diesem Verfahren sind erstaunlich gut. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass der Mensch bei bewegten Bildern eher die Tendenz hat, die Handlung zu verfolgen, als die Unschärfe zu beachten. Laut Auskunft der NHK soll dieses Verfahren erstmals 1989/90 mit regelmässigen HDTV-Sendungen ab Rundfunksatellit SB-3 eingesetzt werden. Schliesslich sei noch vermerkt, dass mit MUSE HDTV-Signale ohne grosse Schwierigkeiten auch auf Videorecorder des Consumerbereiches aufgezeichnet werden könnten.



Figur 8 Muse-Format

Abtastmethode	1125 Zeilen / 60 Halbbilder / Zeilensprungverfahren
Abtastwert	64,8 MHz
Luminanzbandbreite	20...22 MHz für Standbilder 12,5 MHz für bewegte Bilder
Chrominanzbandbreite	7 MHz für Standbilder 3,1 MHz für bewegte Bilder
Übertragungsverfahren	Zeitmultiplex, Luminanz unkomprimiert, Chrominanz komprimiert 1:4, alternierend jede zweite Zeile
Systembandbreite	8,1 MHz
Tonsignal	Zeitmultiplex in vertikaler Austastfläche als Q-DPSK-Signal (Quadrature Differential Phase Shift Keying)

Tabelle IV MUSE-Systemparameter

8.3 Die Übertragung über Glasfaserkabel

Im terrestrischen Übertragungsbereich steht allein die Glasfaser als Übertragungsmedium für HDTV zur Verfügung, sind doch die Frequenzen sowohl für terrestrische Sender wie für das Kupferkabel schon lange vergeben. Dieses neue Übertragungsmedium ist aber erst für die fernere Zukunft in Betracht zu ziehen, dürften doch die ersten Glasfaserkabel für Endanschlüsse (bis zum Endverbraucher) frühestens Mitte der 90er Jahre verlegt werden. Ob MUSE für die älteren Kabelsysteme eine Alternative sein könnte, muss erst noch geprüft werden.

8.4 Konverter

Obwohl mit der Umwandlung eines HDTV-Signals in eine heutige Fernsehnorm alle qualitativen Vorzüge verlorengehen, muss der Normwandlung doch grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden. An einer ausschliesslichen Nutzung des HDTV-Materials über HDTV-Vermittlungssysteme ist nämlich noch über Jahrzehnte nicht zu denken. Eine Umwandlung in die NTSC-, PAL- oder SECAM-Norm muss daher jederzeit möglich sein. Für die erstere werden in Anbetracht der identischen Bildwechselfrequenz von 60 Hz kaum nennenswerte Probleme entstehen. Grössere Anstrengungen dagegen verlangt die Umwandlung eines HDTV-Signals in ein PAL/-SECAM-Signal. Die Konvertierung muss in verschiedenen Stufen erfolgen. Neben einer Interpolation über die Zeilen ist ein Bewegungsinterpolator, insbesondere für die Wiedergabe von Kanten und globalen Bewegungen, unerlässlich. Erste Resultate mit solchen Normwandlern sind erstaunlich gut. Die Arbeiten sind aber noch nicht endgültig abgeschlossen.

Der umgekehrte Weg der Konvertierung (PAL zu HDTV) ist fragwürdiger, da auf der Seite von HDTV mit einer kaum mehr akzeptierbaren Qualitätseinbusse zu rechnen ist. HDTV-Kanäle werden sich deshalb auch in ferner Zukunft mit HDTV-Produktionen (aufgezeichnet oder live) und mit 35-mm-Filmen begnügen müssen.

9. Die Bildwiedergabe

Heute noch weitgehend ungelöst ist die Bildwiedergabe. Hier ist zu unterscheiden zwischen der Grossprojektion für öffentliche Vorführungen als Ersatz von Kinoprojektoren und der Bildwiedergabe im Heimbereich.

9.1 Die Grossbildprojektion

Im Projektionsbereich werden schon verschiedene Systeme angeboten. Das weitverbreitetste Projektionselement ist die gesteuerte Lichtröhre. Leider kranken aber alle Geräte gegenüber optischen Projektoren an einer ungenügenden Lichtstärke und einem ungenügenden Leuchtdichteumfang. Während beim Film der Kontrastumfang (dunkelste zur hellsten Stelle) Werte bis zu 1:250 umfassen kann, ermöglichen heutige Fernsehsysteme lediglich einen Kontrastumfang von 1:40. Beim lichtstärksten Projektionssystem (Eidophor) hat HDTV störende Fehler gezeigt, die, wenn man noch den extrem hohen Systempreis in Betracht zieht, eine Kommerzialisierung zurzeit verunmöglichen.

9.2 Das Heimfernsehgerät

Im Heimbereich muss davon ausgegangen werden, dass bei gleichen Betrachtungsabständen eine Verdoppelung der Bildhöhe und fast eine Verdreifachung der Bildbreite angeboten werden muss, um insbesondere von der verbesserten HDTV-Auflösung profitieren zu können. Fernsehgeräte, die bei gleichen Abmessungen nur das neue HDTV-Breite-Höhen-Verhältnis nutzen, dürften den ganzen Entwicklungsaufwand und damit die höheren Anschaffungskosten in keiner Weise rechtfertigen. Für grössere Bildschirmdimensionen kommen aber heutige Elektronenstrahl-Röhrengeräte aus Gewichtsgründen nicht in Frage, wiegen doch Geräte mit einer Bildschirmdiagonale von 1 m über 100 kg. Projektionssysteme, wie sie im Heimbereich heute vereinzelt anzutreffen sind, scheinen deshalb vorläufig die einzig brauchbare Alternative zu sein, obwohl Lichtstärke und Leuchtdichteumfang gegenüber der Filmprojektion immer noch viel zu wünschen übrig lassen. Zukünftige Bildschirme mit einer Grösse von 2 auf 1 m sollten nicht mehr als 20 bis 30 cm Raumtiefe beanspruchen, so dass nach anderen Wiedergabemöglichkeiten, wie flachen Kathodenstrahlröhren, Flüssigkristall- oder Gasentladungssystemen geforscht wird. Hier liegt noch eine enorme Entwicklungsarbeit vor.

9.3 Die Tonwiedergabe

Vor lauter Bildqualität vergisst man oft den Ton. Doch gerade beim Ton gelten für HDTV völlig neue Massstäbe, geht man doch von einer kinoähnlichen Projektion oder von Grossbildschirmen für den Heimgebrauch aus. Heutige, stereotaugliche Fernsehgeräte haben den Nachteil, dass sie im Vergleich zum Betrachtungsabstand eine zu schmale Basis aufweisen, falls man die Lautsprecher gleich neben dem Bildschirm anbringt. Bei Verdreifachung der Bildbreite wird aber genau das umgekehrte Problem eintreten, indem in der Mitte des Bildschirms ein Tonloch entsteht. Diesem Fehler kann relativ einfach mit einem Mittenlautsprecher, abgeleitet aus dem linken und rechten Kanal, abgeholfen werden.

Will man aber den ganzen Raum ins Hörerlebnis miteinbeziehen, so können Methoden verwendet werden, die schon seit Jahren in der Kinowelt etabliert sind, wie z.B. das Dolby-Surround-Verfahren. Dank Matrizierung kann zusätzlich zu den drei oben beschriebenen Kanälen ein weiterer oder noch besser je ein linker und rechter Rückwandkanal über zwei Tonkanäle übertragen werden. Entsprechende Versuche sind übrigens schon beim ZDF über das vorhandene Zweitonträgersystem durchgeführt worden. Selbstverständlich sind noch andere, aufwendigere Verfahren zurzeit in Prüfung, um insbesondere die standortabhängigen Laufzeitdifferenzen, bzw. das Übersprechen in der Dolby-Surround-Matrix zu eliminieren. Tondurchlässige Bildprojektionswände mit verteilten, separat angespiesenen Lautsprechern bzw. vollwertige 4-Kanal-Tontechnik sind hier nur einige Ansatzpunkte. Auch sind noch eingehende Untersuchungen notwendig, bevor man sich auf ein System einigen kann.

10. Die HDTV-Normungsbestrebungen

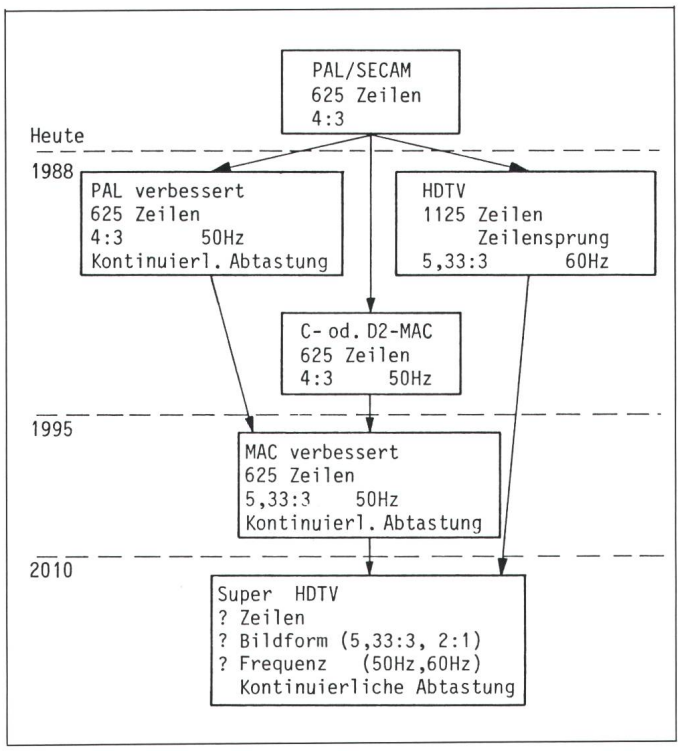
Bevor über den derzeitigen Stand der Normung gesprochen werden kann, muss man sich nochmals vor Augen halten, wer die Initiative für das neue HDTV-Format ergriffen hat (s. Kap. 1 und 7). Besonders die Filmproduzenten möchten baldmöglichst hochqualitative Bilder mit elektronischen Möglichkeiten produzieren können. Öffentliche und private Fernsehgesellschaften, die sich sehr oft an solchen Produktionen beteiligen, sind natürlich an einer weltweit übereinstimmenden *Produktionsnorm* interessiert, will man doch eines Tages die in der ganzen Welt einheitliche 35-mm-Filmnorm ablösen.

Ganz anders sieht die Situation bei den *Übertragungsnormen* aus, fehlen doch heute geeignete Übertragungskanäle und Wiedergabegeräte. Also kann aus rundfunktechnischer Sicht (ausgenommen Japan) eine öffentliche Ausstrahlung von HDTV-Signalen ohnehin erst in den 90er Jahren zur Diskussion stehen. Ferner ist zu bedenken, dass mindestens aus der Sicht der Rundfunkanstalten HDTV nicht schlagartig die heute üblichen TV-Normen verdrängen wird. Viel eher dürften in den 90er Jahren neben den normalen TV-Kanälen zuerst über Satelliten neue Dienste angeboten werden, die besonders im Spielfilmbereich ein neues Qualitätsniveau eröffnen. Ob HDTV überhaupt eines Tages PAL oder SECAM vertreiben kann, ist fraglich, begnügt sich doch der durchschnittliche Zuschauer besonders im aktuellen Bereich mit einem eher tiefen Qualitätsniveau. HDTV dürfte in den nächsten Jahren auch über die Laser-Disc seinen Weg zum Verbraucher finden. Es hat sich nämlich gezeigt, dass sich dieses Speichermedium dank seiner Informationsdichte besonders gut für die hohe HDTV-Bandbreite eignet. Es fehlt auch hier für eine Wiedergabe nur noch das entsprechende Fernsehgerät.

Die europäischen Postverwaltungen sehen die Einführung von HDTV ganz anders. Letztes Jahr wurde anlässlich der CCIR-Versammlung in Dubrovnik die Annahme der vorgeschlagenen HDTV-Norm durch die Mehrzahl der PTT-Verwaltungen verworfen. Die Rundfunkanstalten sind bekanntlich von diesem Gremium weitgehend ausgeschlossen. Kritisiert wurde insbesondere der enorme Bandbreitenbedarf, der über ohnehin schon überlastete Frequenzbänder übertragen werden müsste. Die Verwaltungen verlangen deshalb, dass gleichzeitig mit der Festlegung der Produktionsnorm auch die Übertragungsnorm definiert wird. Diese sollte aber so bemessen sein, dass sie in heutigen Satelliten- oder Datenkanälen Platz findet. Dass diesbezüglich das japanische MUSE nicht unbedingt der Weisheit letzter Schluss ist, darüber ist man sich weitgehend einig.

Was die europäische Industrie anbelangt, so will sie mit allen Mitteln HDTV verhindern, hat sie doch schon Milliarden in eine andere Fernsehnorm investiert. Bekanntlich wollen Frankreich und Deutschland mit dem Start der Rundfunksatelliten TDF-1 und TV-SAT das D2-MAC-Signal ausstrahlen [8], das langfristig bis zum Verbraucher, der sich neue Empfänger anschaffen muss, geführt wird. Ob allerdings die minimen Qualitätsverbesserungen von D2-MAC Grund genug sein können für den Kauf neuer Fernsehgeräte, ist fraglich. Die europäische Industrie will deshalb unter keinen Umständen den Zuschauer mit HDTV weiter verunsichern und die Einführung des MAC-Systems gefährden. Um trotzdem auch mit MAC gewisse Vorzüge der HDTV-Norm anbieten zu können, schlägt sie ein Szenario von aufwärtskompatiblen MAC-Normen vor (Fig. 9), die sich eines Tages vielleicht wieder mit HDTV vereinigen könnten. In diese Richtung geht auch das europäische Forschungsprogramm Eureka.

Figur 9
Mögliche Entwicklung verschiedener Fernsehnormen



Zwei Bemerkungen drängen sich zu diesem Vorgehen auf. Selbst die verbesserte MAC-Norm wird rein technisch nie an den heutigen Vorschlag für HDTV herankommen, da grundsätzlich von einer Bildwechselfrequenz von 50 Hz ausgegangen wird. Zum zweiten ist sehr fraglich, ob der Zuschauer diese ganze MAC-Entwicklung mitmachen wird, scheint man doch heute schon in Europa unfähig zu sein, sich auf eine einzige MAC-Norm zu einigen.

Es ist im heutigen Zeitpunkt deshalb kaum möglich, eine Prognose abzugeben. Das CCIR wird sich frühestens wieder 1988 zum Thema HDTV äussern. In der Zwischenzeit werden weltweit unter Federführung der japanischen Industrie professionelle Geräte vertrieben, was, je länger die internationalen Gremien tagen, einer De-facto-Normierung im Produktionsbereich gleichkommt. In bezug auf die Übertragungsnorm ist die Situation offener, obwohl MUSE ganz unbekümmert seinen Weg macht. Sicher ist aber, dass das HDTV, in welcher Form auch immer, das Fernsehen des Jahres 2000 prägen wird.

11. Die Rundfunkanstalten und HDTV

HDTV wurde im Fernsehbereich erstmals 1986 zur Herstellung der Werbespots eingeführt. Mehrere Rundfunkanstalten haben bereits HDTV-Produktionen als Pilotprojekte realisiert, wobei das bearbeitete Material entweder elektronisch in heutige Fernsehnormen umgewandelt oder aber in speziellen Labors auf 35-mm-Film kopiert wurde. Als derzeit grösstes Projekt im aktuellen Bereich beabsichtigt die RAI, die Fussball-WM 1988 in HDTV-Technik zu produzieren. Wie dieses Signal ausgestrahlt werden soll, ist allerdings noch offen.

In der Schweiz beabsichtigt die SRG, sich lediglich im Rahmen von Koproduktionen mit Filmgesellschaften und anderen Anstalten an experimentellen HDTV-Produktionen zu beteiligen. Obwohl nur wenig finanzielle Mittel dafür zur Verfügung stehen, sind praktische Versuche mit diesem neuen Medium unerlässlich. Zahlreiche, seit Jahren bekannte Fernsehprinzipien müssen dem neuen Format angepasst werden, wie die Lichtgestaltung, die Kameraführung, die Schärfeeinstellung an der Kamera, die in all ihren Details sichtbaren Decors und Gesichter, um nur einige Elemente herauszunehmen. Eigentliche Investitionen will man nicht tätigen, bevor eine endgültige Produktionsnorm feststeht.

Literatur

[1] *H. Schönfelder:* Bildkommunikation. Grundlagen und Technik der analogen und digitalen Übertragung von Fest- und Bewegtbildern. - Nachrichtentechnik 11 - Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1983.

[2] *M.J.J. Annegarn* a.o.: A step forward in the evolution ot television technology. Philips Technical Review 43(1987)8.

[3] *A. Kayser* a.o.: Resolution requirements for HVTV based upon the performance of 35 mm motion picture films for theatrical viewing. New York, Columbia Broadcasting System, Inc.

[4] *G. Holoch:* Betrachtungen zur Bewegungsdarstellung bei HDTV. Technischer Bericht Nr. B 74/86. Nürnberg, Institut für Rundfunktechnik, 1986.

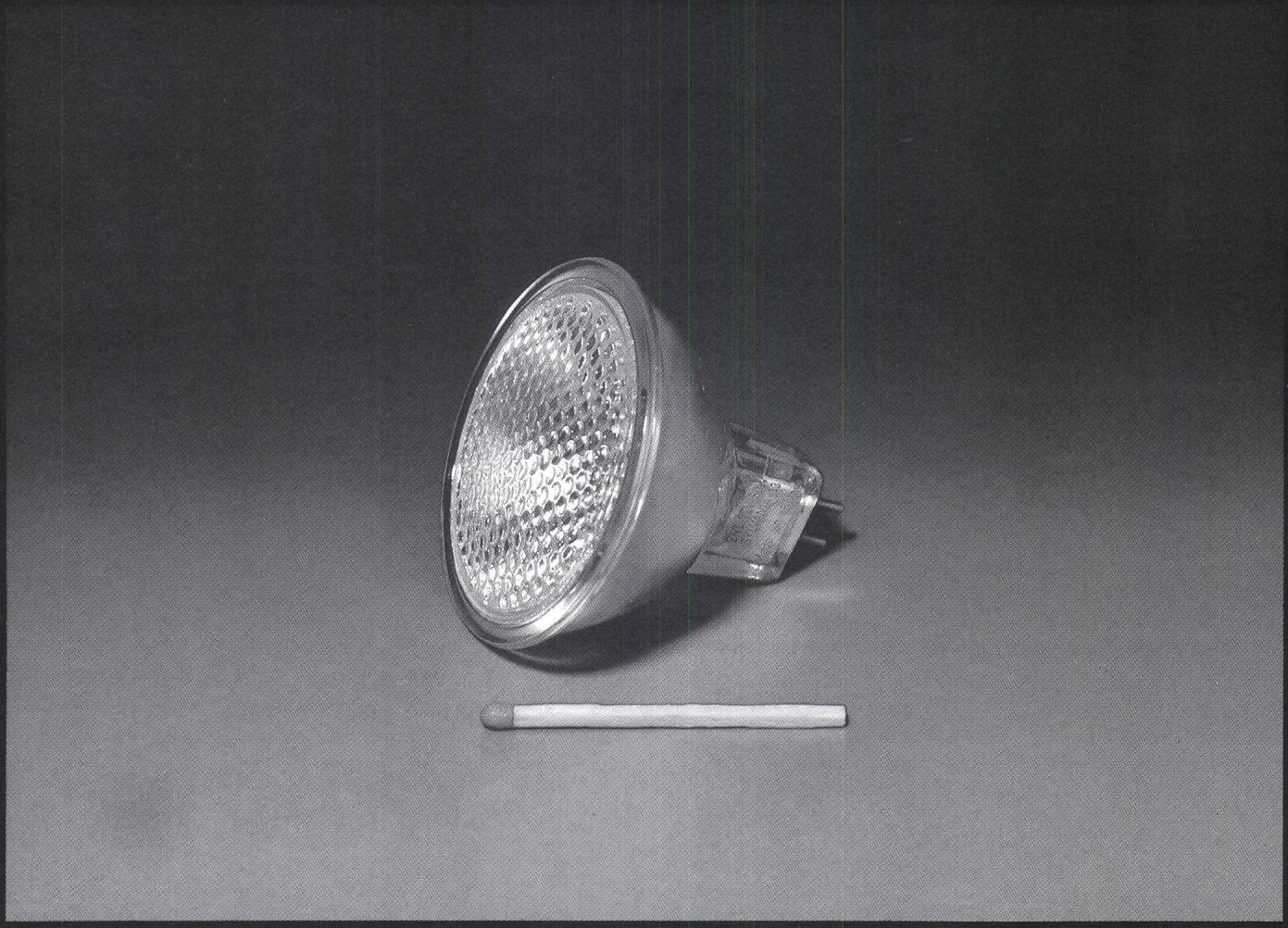
[5] *G.H. Plenge:* Comparing various proposal for audio for high definition television systems. Proceedings of the National Association of Broadcasters 1986; p. 278...282.

[6] *Y. Sugiara* a.o.: HDTV laser beam recording on 35 mm color film and its application to electro-cinematography. SMPTE-Journal (Society of Motion-Picture and Television Equipment) 93(1984)7, p. 642...651.

[7] *I. Nakagawa* a.o.: Development of HDTV receiving equipment based on band compression technique (MUSE). IEEE Trans. CE 32(1986)4, p. 759...768.

[8] *D. Kramer:* Die MAC-Familie, ein Konkurrent zu PAL und SECAM? Bull. SEV/VSE 77(1986)21, p. 1366...1372.

NIEDERVOLT HALOGENLAMPEN HABEN NUN IHREN STAR!



Neu: Tru-Aim Professional

Niedervolt-Halogenlampen vereinigen viele Vorteile: Kompakt, lange Lebensdauer, geringer Energieverbrauch, präzise Lichtverteilung. Alle diese Vorteile werden nun in den Sylvania "Tru-Aim Professional" eingeschlossen. Damit werden sie noch besser und sicherer!

Die Frontlinse verhindert zudem die Degradation des Reflektors und erlaubt mehr Freiheit beim Design der Leuchten. Durch die Linse wird das Licht gleichmässiger und präziser abgestrahlt.

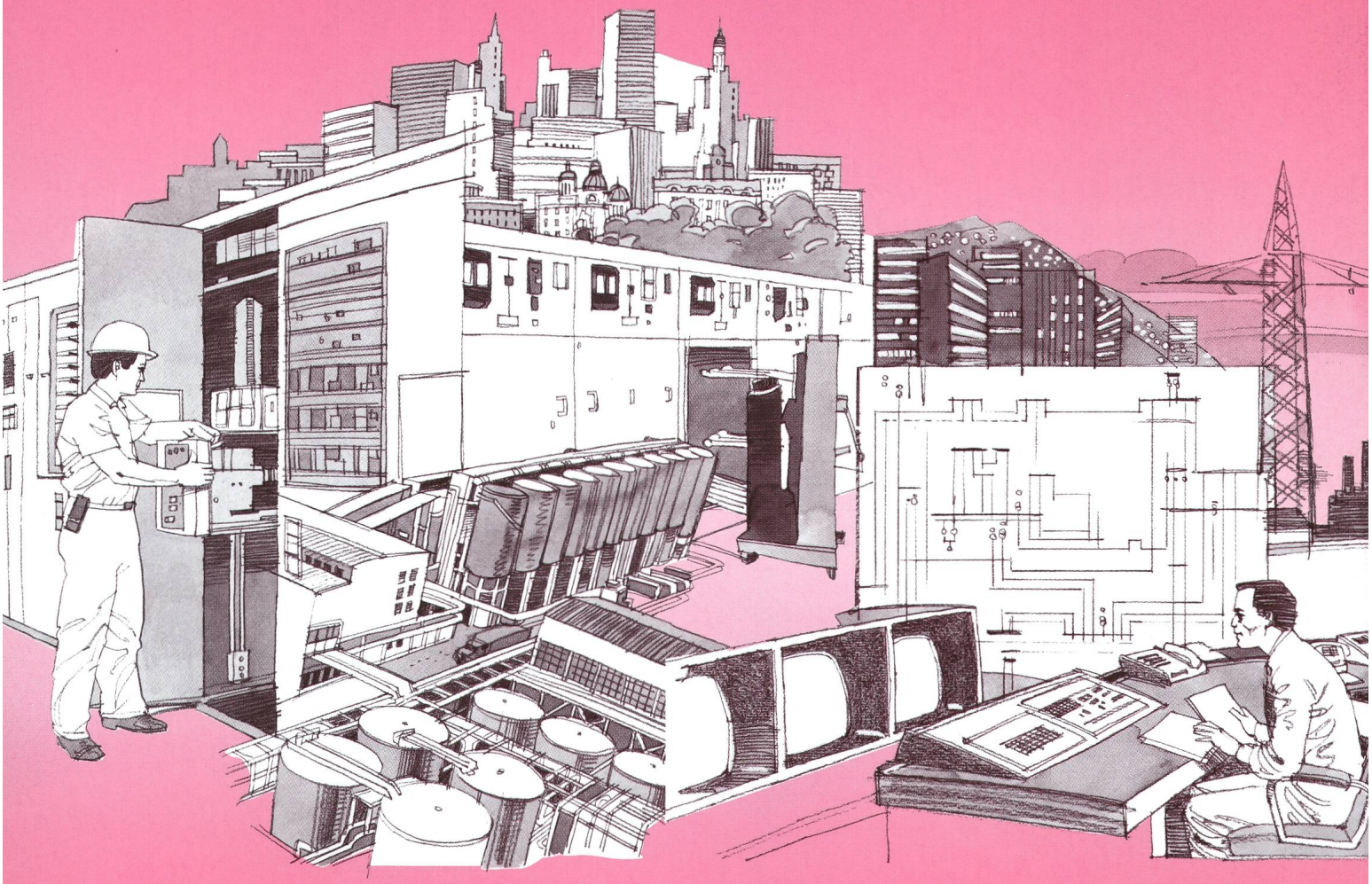
Die Zukunft gehört den professionellen Niedervolt-Halogenlampen!

Wählen Sie Sylvania "Tru-Aim Professional".

GTE Sylvania AG, 4 chemin des Léchères, CH-1217 Meyrin. Tél. 022/82 00 72.

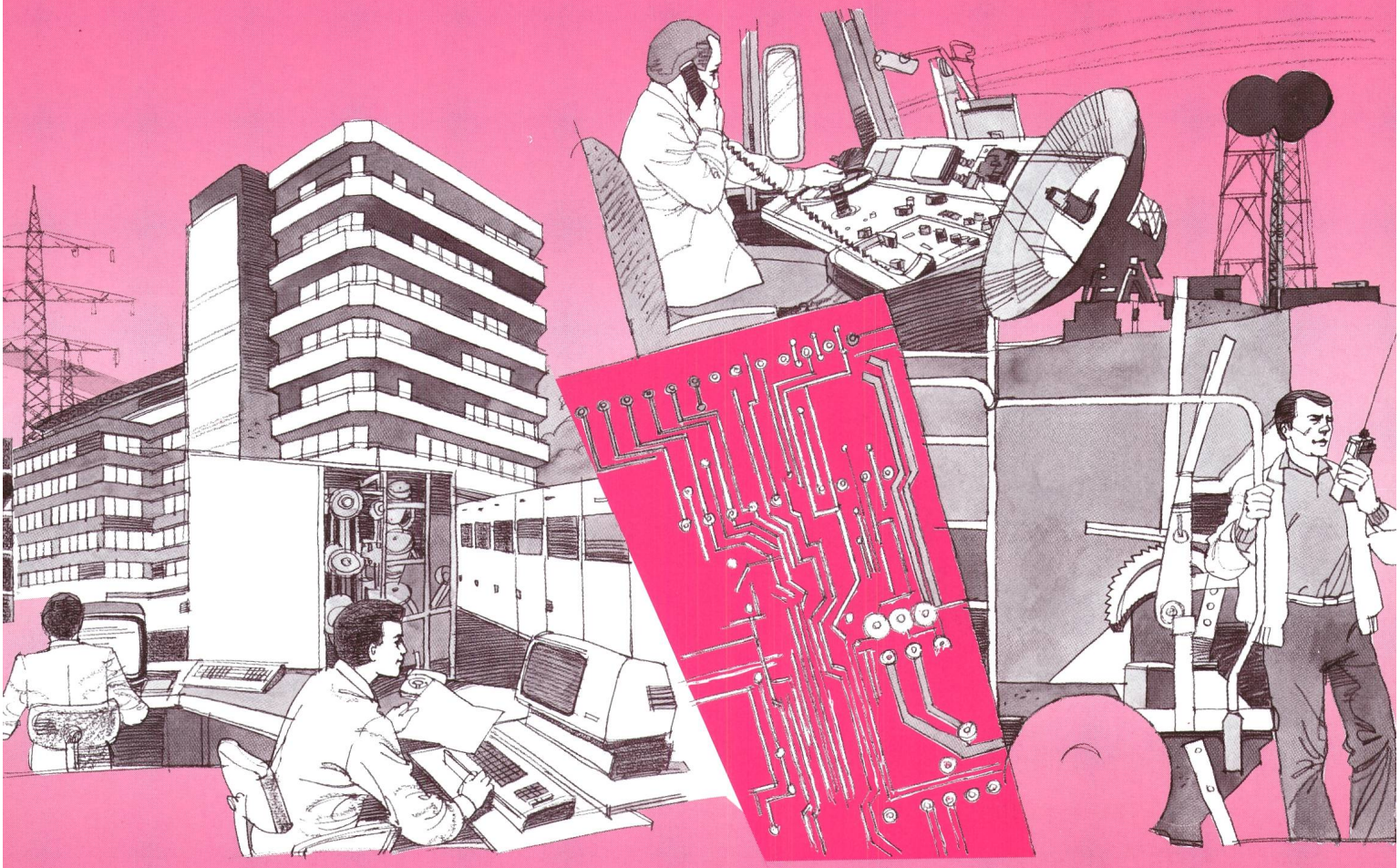
SYLVANIA GTE

Brown Boveri zeigt an der Ineltec '87
Informations- und Energietechnik



Besuchen Sie uns
an der Ineltec '87
Basel, 8. – 12. Sept.

BBC Brown Boveri
Hauptstand
Halle 103, Stand 32



BBC Brown Boveri AG
Postfach 58
CH-5401 Baden/Schweiz

Verkauf Schweiz:
Baden 056/22 71 77
Lausanne 021/27 75 12

BBC
BROWN BOVERI

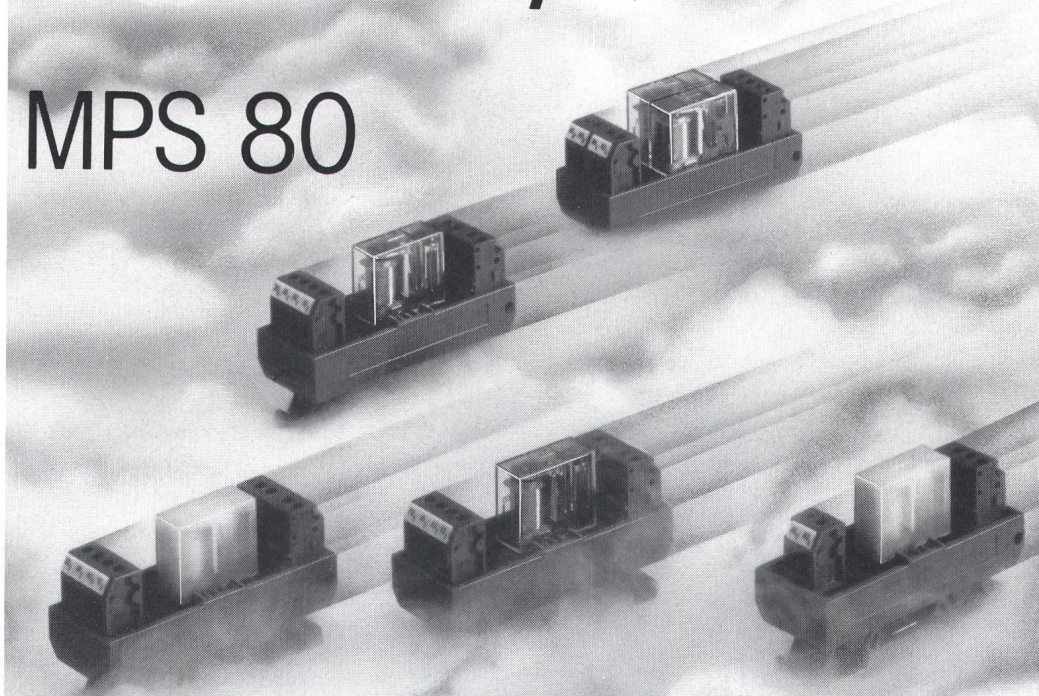
Micafil AG
Halle 105, Stand 541

Metrawatt AG
Halle 202, Stand 385

BBC Normelec AG
Halle 115, Stand 341
Halle 224, Stand 245

Mit Volldampf durchsteuern

MPS 80



Module mit Relais 220 V AC

Anschlussbereit.
Zum Aufschnappen auf Tragschiene EN 50022-35 oder EN 50035-G32. Mit 2,5 mm² Woertz-Anschlussklemmen.

Normgemässe Beschriftung: eindeutige Kennzeichnung Spulenkreis/Kontaktkreis.

Um kleinere wie auch grössere Steuerkreise zu realisieren, genügt der direkte Netzanschluss. Nennspannung der Relaisspule: 220 VAC. Dauerstrom: 500 µA bis 16 A. Eben... mit Volldampf durchsteuern!

ineltec
8. – 12. Sept. Basel **87**

Besuchen Sie uns in der Halle 115, Stand 421

woertz

Elektrotechnische Artikel
Installationssysteme

Oskar Woertz
Hofackerstrasse 47
CH-4132 Muttenz

Telefon: 061 - 61 36 36
Telex: 963179 owmu ch
Telefax: 061 - 61 96 06

JANO *flex* PP
Elektrorohre

setzen neue Massstäbe in der Installationstechnik

- **kürzere Montagezeiten**
- **weniger Arbeitszeiten**
- **SEV-geprüft**
- **hochflexibel (keine steifen Rohre mehr)**
- **handlich und leicht**
- **neuartige Knäuelverpackung (einfaches Abrollen – kein Auseinanderfallen der Ringe)**

JANSEN ALUDUR

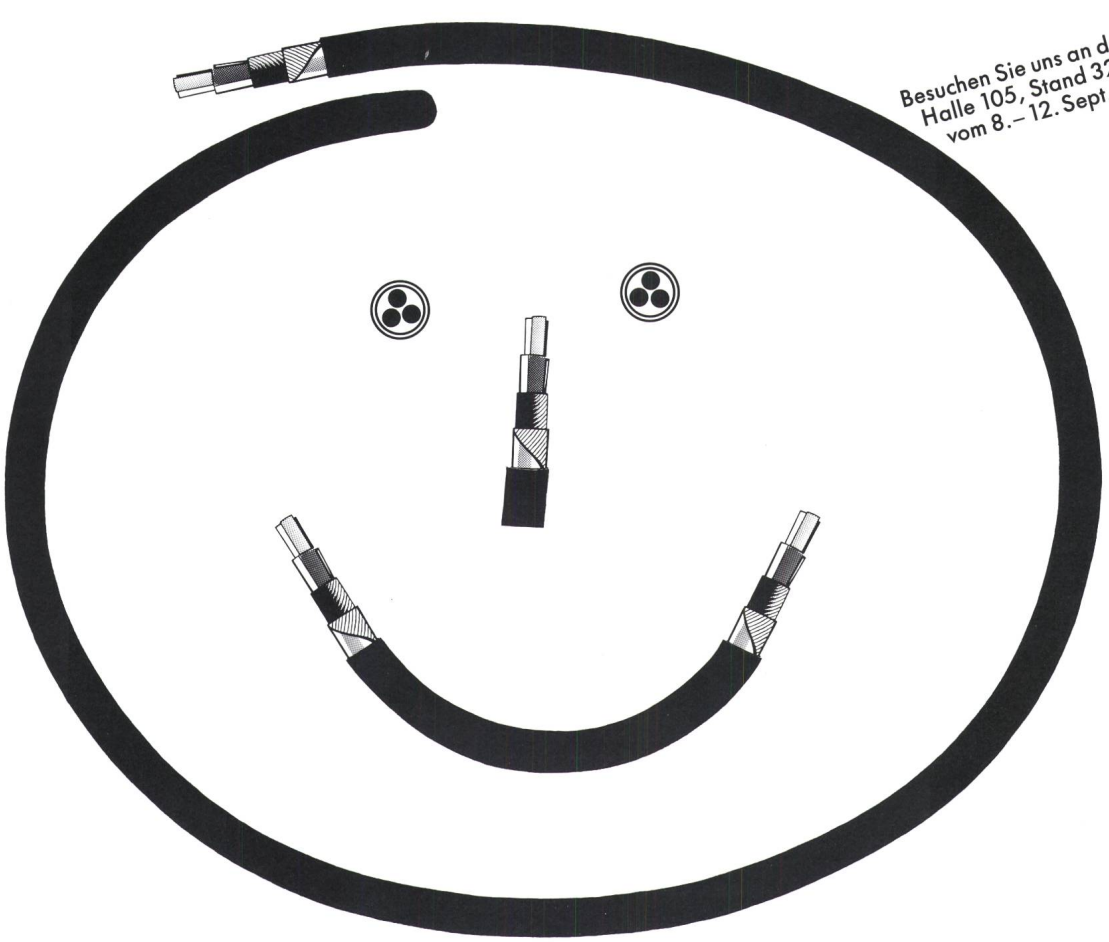
das ausgereifte Aluminium-Panzerrohrsystem für Ihre Elektro-Installationen

- **federleicht**
- **montagefreundlich**
- **glatte Innenfläche**
- **wirtschaftlich**

Verkauf durch Ihren VLE-Grossisten

JANSEN

Jansen AG, 9463 Oberriet SG
Stahlröhrenwerk, Kunststoffwerk
Telefon 071 / 780 111, Telex 77 159, Telefax 071 / 78 22 70



Montagefreundlich

Das neue gummiartige Ceander-Kabel XKT-RADOX verbindet die Eigenschaften eines GKT mit den Vorteilen eines elektronenvernetzten RADOX (hohe Alterungsbeständigkeit, höhere Strombelastbarkeit).

Verglichen mit einem herkömmlichen TT-Kabel gleichen Querschnittes weist das XKT-RADOX einen rund 10% kleineren Aussendurchmesser auf – verbunden mit entsprechend höherer Biegsamkeit, auch bei tiefen Temperaturen.

Eine weichere Isolation gewährleistet die gute Verarbeitbarkeit, ohne dass Weiterreisswiderstand und Schlitzfestigkeit abnehmen. Die Verträglichkeit mit Vergussmassen sowie die Haftung von Schrumpfteilen ist vorzüglich. (Übrigens: HUBER + SUHNER bietet Ihnen ein vollständiges Sortiment von SUCOFIT-Schrumpfschläuchen, -muffen, -endkappen und -endverschlüssen an.)

Diese Vorteile verdanken Sie der langjährigen Erfahrung von HUBER + SUHNER im Bereich der elektronischen Vernetzung. Verlangen Sie unsere Dokumentation oder den Besuch unseres technischen Beraters.

HUBER+SUHNER AG

Geschäftsbereich Kabel

CH-8330 Pfäffikon	CH-9100 Herisau
☎ 01 952 22 11	071 53 41 11
Tx 827 600	77 426
FAX 01 952 24 24	071 53 44 44

Das neue, gummiartige XKT/GKT-RADOX von HUBER + SUHNER

Auf der Ideallinie steuern...

...bedeutet für den Autorennfahrer, das Ziel in der kürzesten Fahrzeit erreichen.
Rittmeyer misst, überwacht, steuert und leitet in Elektrizitäts-, Fernwärme- und Gasversorgungen.
Präzision und ausgeprägtes Qualitätsbewusstsein, Wirtschaftlichkeit, hohe Betriebsicherheit sind für uns eine tägliche Herausforderung bei der Herstellung von Geräten, Systemen und Anlagen für die Wasser- und Energiewirtschaft.

Wir freuen uns
auf Ihren Besuch an der

ineltec
8. – 12. Sept. Basel **87**

Stand 115 Halle 101

rittmeyer

Mess- und Leittechnik für Elektrizitäts-, Fernwärme- und Gasversorgungen.

Rittmeyer AG
Postfach 2143
6300 Zug
042/33 19 91