

RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contradditorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

DA PAG. 329 A PAG. 366 VIENE TRATTATO **DELL'EVOLUZIONE E DELL'ORIENTAMENTO DELLE TECNICHE CINEMATOGRAFICHE IN FUNZIONE DEI PRINCIPI SCIENTIFICI FONDAMENTALI** AVVALENDOSI DELLE MEMORIE DEL XIII CONGRESSO INTERNAZIONALE NEL SALONE DELLA TECNICA E DEL IV CONGRESSO UNIATEC

INFLUENZA DELLE RECENTI SCOPERTE SCIENTIFICHE SULL'AVVENIRE DELLA TECNICA CINEMATOGRAFICA

MIROSLAV JAHODA tratta dei seguenti argomenti: Le tre vie del progresso della tecnica cinematografica - le prospettive nel futuro immediato (nuove sorgenti di luce, registrazione magnetica, amplificatori fotoluminescenti, semi-conduttori) le prospettive di futuro sviluppo (nuovi supporti per la registrazione delle informazioni) - il raccapriccimento delle tecniche cinematografiche con quelle televisive.

Les trois voies de progrès de la technique cinématographique - les perspectives d'avenir immédiat (nouvelles sources de lumière, enregistrement magnétique, amplificateurs photoluminescents, semi-conducteurs) - les perspectives de développement futur (nouveaux supports pour l'enregistrement des informations) - le rapprochement des techniques du cinéma et de la télévision.

La cinématographie représente la technique la plus avancée parmi tous les arts, et c'est par ailleurs un moyen de diffusion d'une portée sociale extraordinaire. Il n'est donc pas possible d'examiner ni de traiter isolément ces deux aspects.

Le développement de la cinématographie en tant qu'art — depuis sa création jusqu'à nos jours — a été directement influencé par les possibilités techniques.

Les progrès de la technique cinématographique suivent trois voies:

1) le perfectionnement constructif et technique des équipements et de la technologie;

2) la mise en œuvre des découvertes nouvelles, en vue de perfectionner les équipements et les méthodes de travail;

3) les modifications de principe des procédés de travail actuels, du fait des découvertes scientifiques récentes.

Les perspectives concernant le développement futur se trouvent dans les deux dernières voies. La mise en pratique des découvertes récentes conduit à l'emploi de nouvelles sources de lumière à l'enregistrement magnétique de l'image, aux applications des amplificateurs photoluminescents et des semi-conducteurs en général.

Par ailleurs, d'autres découvertes, qui en sont encore au stade initial, trouveront ultérieurement leurs applications, par exemple la mise en œuvre des changements structuraux en vue de la création des matériaux présentant des qualités extrémées.

La cinématographie a cherché, jusqu'à présent, à assurer la plus grande quantité d'information, tant pour l'image que pour le son, mais le spectateur peut apprécier différemment la valeur relative des divers paramètres de cette information. Il peut ainsi préférer une plus grande vitesse d'information en tolérant certaines imperfections de la image, ce qui est le cas de la Télévision; d'autres fois, il appréciera, au contraire, une haute qualité de définition de l'image, telle que le lui donne le cinéma.

Jusqu'à ce qu'il lui soit possible de satisfaire au mieux tous les points de vue, il faudra accepter cette différentiation technique des voies dans le rendement des informations.

Le facteur économique intervient également, c'est ainsi que le développement des récepteurs de Télévision a suivi jusqu'ici la voie de la diminution des dimensions, du poids et des prix, sans que, jusqu'à présent, la qualité de l'image soit devenue meilleure. Il est probable qu'après avoir atteint le stade optimal de ces aspects spécifiques, on assistera à l'amélioration des qualités techniques des

récepteurs et, dans le même temps, à une fusion progressive des techniques du cinéma et de la télévision.

Si l'on examine le développement actuel de la technique cinématographique, on s'aperçoit qu'on a surtout recherché jusqu'à présent une amélioration de qualité empirique du spectacle.

L'influence des éléments scientifiques s'y est manifestée pratiquement de deux façons: tantôt on a étudié des dispositifs déjà mis en pratique et l'établissement de leurs lois a permis leur perfectionnement; c'est ainsi que le lecteur optique de son a été employé dans les débuts du cinéma sonore, alors que la «fonction de fente» n'a été connue que quelques années plus tard. Un autre exemple plus récent concerne l'application de la pré-magnétisation ultra sonore en enregistrement magnétique, alors que les règles concernant le choix correct du régime de travail n'ont été établies que dans ces derniers temps.

La théorie de l'information semble devoir apporter beaucoup plus à la technique cinématographique que nombre d'autres découvertes techniques ou scientifiques.

Avant la publication du travail fondamental de SHANN, la technique cinématographique cherchait surtout à reconstituer le signal du côté réception (c'est à dire pour le spectateur), de façon à répondre au mieux au signal du côté émission (c'est à dire à la prise de vues). Le contenu d'information propre du signal n'était pas pris en considération. C'est ainsi que l'on a été amené à multiplier les éléments d'information transmis et à accroître les canaux d'information: on a donc ajouté successivement au canal fondamental de l'image, des canaux d'information de son, de couleurs, et parfois d'espace. Il suffit de comparer l'énorme appareillage actuel de la technique cinématographique avec le dispositif original de LUMIÈRE pour que ressorte clairement le trait principal de ce développement, savoir, l'addition continue d'informations nouvelles aboutissant ainsi à la multiplication des canaux sonores, à l'agrandissement du format de l'écran, etc...

Un tel processus mène certainement à un accroissement réel des informations communiquées, mais la question est de savoir si cet accroissement est économique, en d'autres termes, si la croissance extraordinaire des canaux d'information a été bénéfique pour la transmission du signal essentiel: l'œuvre artistique ou le dessin. Or, il est possible de signaler des cas où la multiplication des moyens techniques peut abaisser la qualité: on en trouve un exemple dans l'emploi d'un nombre exagéré de microphones lors de l'enregistrement monophonique d'un grand orchestre. Les dernières expériences dans le développement de la cinématographie montrent que la technique doit rester sans cesse en contact avec le sujet même du signal transmis; il se révèle ainsi qu'une restitution fidèle n'est pas toujours désirable pour la transmission du contenu du signal; c'est ainsi qu'alors que le film en couleur représente une augmentation sensible de la quantité des informations transmises, il

se révèle qu'en de nombreux cas l'application de la couleur est excessive. La distinction entre le contenu du concept et le volume de l'information prend donc une importance fondamentale. Il faut y voir la vraie raison de la naissance de formules nouvelles comme celle du «Polyécran» où le progrès ne réside pas dans la seule sommation des canaux de transmission, mais plutôt dans une meilleure transmission du contenu effectif du signal.

Les conséquences de la théorie de l'information ne commencent à se réaliser que lentement. C'est le cas pour le cinéma, mais il ne fait aucun doute que dans un avenir proche, il sera nécessaire d'élaborer de façon plus ample ces problèmes d'information, d'autant que la liaison s'établira de façon plus intime entre le cinéma et la télévision; en particulier, le relèvement indispensable de la qualité de la transmission en télévision ne sera acquis que par une analyse profonde de la question à la lumière des lois de la théorie de l'information. Celui-ci est, en effet, capable de montrer quelles sont les possibilités concrètes réelles de n'importe quel canal: le calcul prouve, en particulier, qu'un accroissement linéaire des paramètres qualitatifs des divers éléments d'un canal ne conduit généralement pas à une élévation stable de la capacité de transmission. C'est ce qui résulte de la formule de la limite fondamentale:

$$C = W^2 \cdot \log \left(1 + \frac{P}{N} \right)$$

où C est la capacité de transmission, W la largeur de la bande, T la capacité utile, et N la capacité parasite. Encore doit-on compléter cette relation avec les facteurs représentatifs de l'évaluation subjective du spectateur.

Une analyse des divers canaux permet souvent de limiter les efforts dans les directions où le profit pratique est faible; ainsi, dans le cas d'un canal d'enregistrement magnétique, si l'on considère l'influence d'un bruit parasite blanc comparativement au recul du signal par rapport à ce bruit parasite,

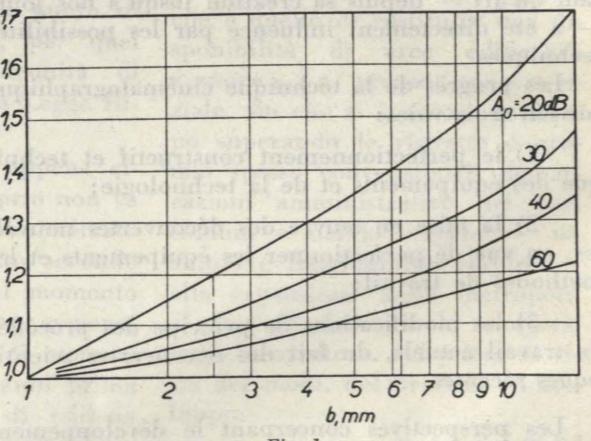


Fig. 1.

on peut évaluer, de façon relativement facile, l'accroissement de la capacité d'information qui en résulte. Le diagramme de la fig. 1 montre l'utilité du procédé.

Il ne fait pas de doute que la théorie de l'information facilitera dans l'avenir la mise au point des solutions techniques et aidera à trouver la limite optimale qu'il faut atteindre dans les applications de la technique cinématographique. Il est donc nécessaire de considérer, dès à présent, la théorie de l'information comme une science dont le développement donnera la possibilité d'une évaluation objective du développement ultérieur des techniques du cinéma et de la télévision.

En partant des conclusions de la théorie de l'information, la première voie de perfectionnement mentionnée en tête de cette étude (savoir le perfectionnement constructif des appareils) a conduit — pour l'introduction du film large — à renouveler la technologie de la production sur la base des principes actuels. Il s'agit là d'un facteur très important dans le développement pratique de la technique cinématographique. Le caractère particulier du cinéma est d'ailleurs souligné par le fait que l'on y a investi des sommes considérables dans des équipements, sur la base de la normalisation internationale et l'exploitation des découvertes et inventions nouvelles dépendra beaucoup de cette base fondamentale.

Dans la voie des efforts effectués pour augmenter le contenu d'information de l'image, il convient de citer les systèmes anamorphotiques, non en ce qu'ils soient meilleurs que d'autres, mais parce qu'ils sont les plus avantageux du point de vue économique par rapport aux autres systèmes fournissant une possibilité d'extension des informations.

De la même façon, l'enregistrement magnétique du son s'est introduit de façon relativement facile et rapide parce qu'il ne demandait que des investissements relativement raisonnables. Pareillement, l'introduction des semi-conducteurs dans les techniques d'amplification et d'automatisme est économiquement univoque.

A l'inverse, une nouvelle technologie peut s'imposer malgré les changements coûteux et compliqués, même si dans une première phase la solution manque d'élégance technique. A titre d'exemple, il faut citer la divergence qui s'est produite dans le développement de la télévision, du fait de la nécessité de transmettre certains programmes à certaines heures, ce qui implique que les reportages doivent être passés avec un certain retard dans le temps, d'où la nécessité de la conservation du signal de télévision. Dans le premier temps, la seule solution de ce problème consistait dans l'enregistrement de l'image du tube cathodique sur un film cinématographique. Malgré les moyens techniques dont on a disposé, le procédé ne s'est pas révélé satisfaisant, en particulier du fait qu'il n'est pas possible de garantir l'identité géométrique des deux balayages à l'enregistrement et à la restitution de l'image après être passé par un intermédiaire optique. Il en résultait donc une perte considérable de netteté et de pouvoir résolvant dans le sens vertical, perpendiculaire à la direction du balayage. En outre, on note une distorsion de l'échelle des gradations introduite à la fois par le tube cathodique et le procédé photographique.

Pendant ce temps, les possibilités offertes par l'enregistrement magnétique se sont accrues de façon continue et rapide. On peut en avoir une idée par l'évolution de la vitesse du support d'enregistrement en fonction de paramètres qualitatifs déterminés.

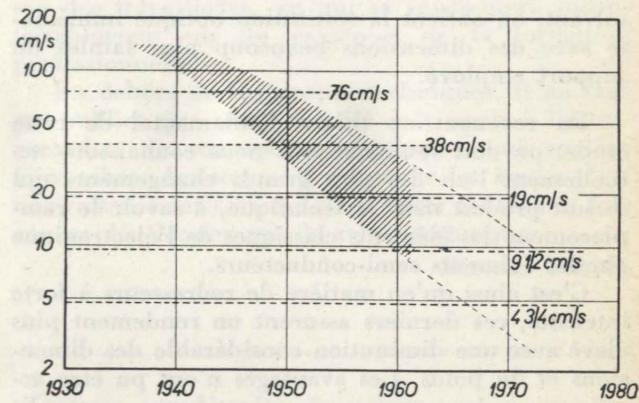


Fig. 2.

Le diagramme de la figure 2 montre comment cette vitesse de défilement du support a baissé de façon continue de 1940 à 1960; c'est ainsi qu'il y a dix ans, la qualité de l'enregistrement magnétique avait augmenté suffisamment pour qu'on puisse envisager de l'appliquer à l'enregistrement des images. La fait qu'il y ait aujourd'hui plus de 1000 appareils en service constitue un succès technique indéniable.

Le procédé d'enregistrement magnétique des images offre l'inconvénient d'exiger une assez grande superficie d'enregistrement, en raison du niveau même du signal enregistré et de la granularité de la couche magnétique elle-même; c'est ainsi que la décomposition mécanique du balayage doit être considérée comme une solution provisoire. Un balayage par déviation magnétique d'un rayon cathodique est aujourd'hui parfaitement possible, du fait des progrès de l'optique électronique et éliminerait les difficultés dues notamment au maintien du contact entre les têtes et le support pendant l'enregistrement et la reproduction; par contre, la nécessité d'entretenir le vide constitue un désavantage certain. Le même désavantage affecte la nouvelle technique proposée de l'enregistrement sur support thermoplastique.

L'idée fondamentale qui préside à ce mode d'enregistrement réside dans l'emploi d'un support d'une structure incomparablement plus fine que celle des couches photographiques ou magnétiques, puisque n'opérant pas à partir de formations cristallines mais à partir de la construction moléculaire d'une substance homogène plastique; comme d'autre part il est possible d'atteindre un très haut pouvoir résolvant par la concentration d'un faisceau d'électrons, on obtient ainsi une augmentation sensible de la densité des informations. C'est ainsi qu'avec un contraste noir/blanc maximal, on peut enregistrer 62.000 signaux par mètre carré alors que l'enregistrement magnétique opérant avec

une largeur de piste de 0,25 mm atteint à peine 1.000 détails par mètre carré.

Si donc on peut résoudre pratiquement la difficulté du travail sous vide, on peut voir dans l'enregistrement thermoplastique la solution d'avenir de l'enregistrement des images. Par emploi d'une chaîne d'enregistrement vidéo à grand pouvoir résolvant, on obtient la restitution optique immédiate avec des dimensions beaucoup plus faibles du support employé.

En revenant au thème fondamental de cette étude, on doit souligner que nous connaissons actuellement l'un des plus grands changements qui se soit produit dans la technique, à savoir le remplacement des éléments classiques de l'électronique par les éléments semi-conducteurs.

C'est ainsi qu'en matière de redresseurs à forte intensité, ces derniers assurent un rendement plus élevé avec une diminution considérable des dimensions et du poids. Ces avantages n'ont pu être acquis que grâce aux progrès scientifiques accomplis dans la préparation des substances d'une pureté élevée, tels qu'ils n'avaient jamais été atteint par aucune technologie de raffinage jusqu'à présent.

L'application des semi-conducteurs dans la technique cinématographique s'applique aux amplificateurs d'enregistrement, aux équipements de reproduction, aux instruments de mesure, aux redresseurs de lampes à arc, etc... Il en résulte une miniaturisation des organes électroniques qui se répercute sur les organes accessoires et les économies de volume peuvent atteindre un rapport de 10^3 à 10^4 .

Les développements de l'électronique ont conditionné l'éclosion d'un domaine scientifique tout à fait nouveau, celui du calcul automatique.

Si les machines calculatrices électroniques existaient déjà avant l'apparition des semi-conducteurs, nul doute que leur développement s'est trouvé subitement accru par les possibilités des techniques miniatures offertes par ceux-ci.

Les méthodes de calcul électroniques peuvent être appliquées en densitométrie pour obtenir le logarithme d'une valeur ou l'intégrale d'une fonction. Les machines calculatrices les plus perfectionnées ont conditionné la naissance de système optiques nouveaux utilisés pour le cinéma et la télévision, en particulier, les objectifs à focale variable. Il n'est pas interdit de penser que les machines calculatrices pourraient être introduites directement dans la chaîne technologique de la réalisation d'un film cinématographique et un exemple type d'application peut être d'ores et déjà envisagé en vue de l'automatisation complète du traitement des procédés en couleur; en effet, aux Congrès UNIATEC tenus à Varsovie et à Paris, le Vuzort avait déjà montré comment il était possible de résoudre théoriquement l'obtention du meilleur rendu des couleurs par un procédé photographique trichrome. Ce procédé est appliqué pratiquement à l'aide de tableaux et de diagrammes, ce qui a éliminé l'influence de tout jugement subjectif et les pertes correspondantes de film pendant les essais. L'introduction de calculatrices automatiques

éliminerait totalement toute erreur dans l'évaluation des valeurs mesurées, en même temps qu'elle apporterait une économie substantielle de temps.

On peut également supposer qu'à l'exemple des autres domaines industriels, la cinématographie sera pénétrée par les méthodes d'automatisation, grâce auxquelles la mobilité des équipements sera conservée tout en augmentant substantiellement les possibilités de travail.

Un autre problème capital dans le cinéma concerne les sources lumineuses, notamment au point de vue du rendement photométrique; un progrès considérable a été acquis par la mise en œuvre de la décharge dans les gaz conduisant à la construction et à l'utilisation pratique des tubes luminescents. Cette nouvelle technique est en plein développement.

Dans une autre voie, on peut espérer améliorer la brillance lumineuse des projections en augmentant le pouvoir réflecteur des écrans (voie qui ne semble pas offrir de grandes espérances) et peut-être en ayant recours à une amplification de lumière sur la base de l'électroluminescence: les essais de laboratoire permettent d'espérer une amplification pratique de l'ordre de 10.

Cependant la science peut nous réservé encore de nombreuses surprises dans le domaine optique: c'est ainsi que le « laser » permet assez simplement le renforcement de la lumière à un degré impensable avec d'autres moyens, tout en assurant la production d'un faisceau cohérent, homogène et monochromatique à haut rendement. Les résultats sont tels que la concentration du faisceau permet d'atteindre 1.000 fois l'illumination obtenue en concentrant les rayons solaires par les moyens classiques de l'optique.

Le « laser » constitue l'exemple d'un dispositif dont la conception a pu être prédictive par les études structurales de la matière, mais cet exemple n'est pas unique, la connaissance des relations structurales a permis de créer des matériaux présentant des qualités entièrement nouvelles, par exemple des matières à dureté plus élevée que le diamant, du fer à poids spécifique double du métal normal, etc... De tels résultats, acquis grâce à une connaissance plus profonde des qualités intimes de la matière permettent de penser que dans le domaine des matières photosensibles, il sera permis d'accomplir des progrès considérables, soit dans la voie du processus photochimique actuel, soit dans des voies entièrement nouvelles.

De la même façon, l'étude physique des structures cristallines permet de prédire des progrès pour les ferrites d'enregistrement magnétiques, car nous savons maintenant que leur maille cristalline contient nombre de magnétions qui ne sont pas utilisés et qui se compensent mutuellement: on n'exploite donc qu'une faible partie des possibilités de magnétisation et il est possible d'envisager des structures nouvelles amenant à une élévation sensible des qualités des supports magnétiques d'enregistrement.

Cette étude ne pouvait et ne voulait donner l'énumération complète et détaillée de toutes les

idées telles qu'elles sont susceptibles d'influer aujourd'hui sur le développement des techniques du cinéma et de la télévision. Son but était plutôt de provoquer quelques réflexions sur les possibilités futures du cinéma en se basant sur quelques principes essentiels.

Nous sommes persuadés que le développement de la technique cinématographique n'est pas arrivé à son terme, mais qu'au contraire il connaîtra une large expansion si l'on veut bien ne pas cristalliser les processus traditionnels mais accepter les possibilités nouvelles qui s'offrent à nous.

Il convient également d'insister sur la liaison de plus en plus étroite des techniques du cinéma et de la télévision, et l'on a pu voir que la plupart des idées émises dans cette étude valent également pour les deux secteurs. C'est certainement à leur

détriment respectif qu'ils ont suivi, jusqu'ici, des chemins propres; leur liaison de plus en plus étroite se reflétera incontestablement dans l'activité future de l'UNIATEC.

Enfin, il est nécessaire de souligner que la complexité croissante des équipements et des processus technologiques exigera une qualification plus poussée des travailleurs, ce qui se répercute incontestablement sur les exigences de la formation professionnelle.

En dehors de ces propos techniques, il ne faut pas oublier que notre activité doit servir à l'interprétation de conceptions artistiques qui veulent faire vibrer les coeurs et émouvoir les âmes: c'est une raison assez sérieuse pour vouer toutes nos forces au développement de notre technique.

Miroslav Jahoda

BASI PSICO-FISIOLOGICHE DEL CINEMA

YVES LE GRAND tratta dei seguenti argomenti: La percezione dell'immagine (acutezza visiva, percezione dei contrasti) - gli effetti temporanei (persistenza e movimento, sfarfallamento, adattamento, stanchezza visiva) - la riproduzione del colore (colorimetria, fattori di adattamento, estetismo) - il campo visivo (tolleranza sulle prospettive visione panoramica, importanza del movimento degli occhi) - il rilievo (parallasse del movimento, effetti monoculari, effetti di costanza).

La perception de l'image (acuité visuelle, perception des contrastes) - les effets temporels (persistance et mouvement phi, papillottement, adaptation, fatigue visuelle) - la reproduction de la couleur (colorimétrie, facteurs d'adaptation, esthétisme) - le champ visuel (tolérance sur les perspectives vision panoramique, rôle du mouvement des yeux) - le relief (parallaxe de mouvement, effets monoculaires, effets de constance).

Il est évident que le Cinéma et la Télévision sont destinés à être vus et entendus lorsqu'ils sont sonores, et que par conséquent le terme final de tous nos travaux, c'est le spectateur avec son appareil psycho-physiologique; il ne servirait évidemment à rien de faire des Congrès de l'UNIATEC dans un univers où tous les sujets seraient sourds et aveugles, ou tout au moins, il faudrait à ce moment là, concevoir des modes de présentation tactiles, odorants ou autres de l'image que nous n'avons pas encore à considérer.

Dans cet exposé, je laisserai le son totalement de côté, parce que d'une part je n'y connais pas grand chose, et d'autre part, ce problème me semble présenter moins de difficultés que les problèmes visuels (peut-être justement parce que je n'y connais moins).

La psycho-physiologie visuelle du spectateur de cinéma ou de télévision repose sur des principes qui ne sont pas les mêmes que ceux de la technique.

Tout d'abord, je crois nécessaire de partir des bases les plus générales et de chercher quel est le but de la télévision et du cinéma; je crois qu'il peut y avoir deux buts très différents, l'un qui est une connaissance scientifique dans son sens le plus

général: le meilleur exemple est l'existence de caméras de télévision dans les spoutniks ou autres dispositifs de l'espace qui ont permis de voir la face inconnue de la Lune. On peut ainsi connaître des réalités que l'on ne pourrait pas voir autrement que par leur intermédiaire. Dans ces cas où le cinéma et la télévision visent à un tel but scientifique, la notion de la quantité et de la qualité de l'information est primordiale, et les points de vue qui ont été développés hier, avec beaucoup de raison, sont fondamentaux; le cinéma ou la télévision, outils de connaissance ou de recherche doivent, premièrement et essentiellement, être l'outil le plus riche, le plus fidèle en information, le plus exact; ils doivent être des instruments de déformation minimum de la connaissance scientifique, mais je crois que, de votre point de vue, c'est quelque chose d'un peu secondaire, car le cinéma ou la télévision dits scientifiques sont réservés à une minorité de chercheurs et les problèmes très importants et très intéressants qu'ils soulèvent ne sont pas ce qui vous intéressent peut-être le plus; pour nous, pour vous ici, le cinéma et la télévision doivent être considérés comme des jeux, dans le sens le plus général c'est à dire des outils de connais-

sance bien sûr, mais de connaissance reposante, agréable, qui ne doit pas aller toujours au fond des choses, car la connaissance du spectateur moyen n'est pas celle du scientifique, heureusement peut-être, car un monde où il n'y aurait que des scientifiques serait un peu ennuyeux.

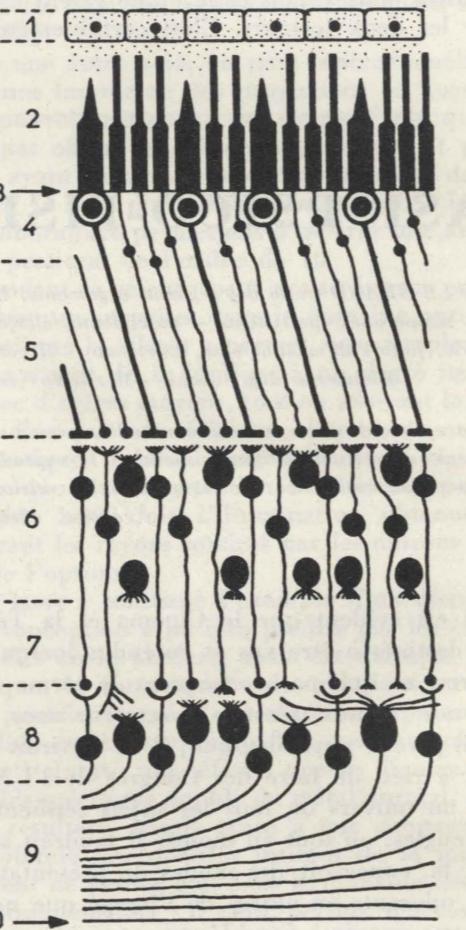
Cette réduction, du point de vue du cinéma et de la télévision, aux jeux, n'est pas du tout à mon sens une critique, au contraire! je suis biologiste essentiellement puisque je travaille dans un laboratoire du Muséum d'Histoire Naturelle, et le jeu est une fonction biologique essentielle; vous avez tous vu jouer de petits animaux et vous savez que même les animaux adultes ont besoin du jeu; on a beaucoup étudié les spectacles que se donnent entre eux les animaux; les troupes de corbeaux, par exemple, ont été étudiés par les psychologues; ils se livrent entre eux à de véritables représentations théâtrales, très complexes et symboliques et je crois qu'il faut voir là un peu les ancêtres biologiques des activités qui nous intéressent. Chez les peuples primitifs, ces jeux de représentation sont de caractère religieux ou guerrier; ce sont, par exemple pour les jeunes gens, des initiations; chez nous, ces trois caractères ont subsisté; le jeu guerrier, heureusement, est en régression, et on évite de trop en parler, bien qu'un certain nombre de films soit encore consacré, si l'on peut dire, au jeu de la dernière guerre mondiale, mais les jeux de l'amour sont le thème quasi favori des représentations cinématographiques, et les jeux théâtraux des divers mobiles humains sont également — à côté de l'amour — les thèmes principaux; je crois qu'il est très important, pour les représentations, de toujours garder dans l'esprit le sens biologique des choses que nous faisons; aussi la notion d'information, de cybernétique, est peut-être moins importante pour cette transcription des jeux, qu'un certain nombre de facteurs que nous allons passer en revue.

Tout d'abord, dans ces jeux, il y a un spectacle visuel et dans ce spectacle visuel, le sujet doit reconnaître un certain nombre d'objets qui lui sont plus ou moins familiers; il doit les reconnaître sur le grand écran de cinéma ou le petit écran de télévision, et c'est cette reconnaissance de l'objet et de ses qualités perceptives, couleur et surtout mouvement, position dans l'espace, position apparente, enfin l'objet placé dans un milieu spatial, ce qui est l'essentiel de la représentation; cet objet est naturellement perçu par l'intermédiaire de la vue; le processus visuel est un processus biologique très complexe et je vais vous en parler sommairement.

D'abord, bien entendu, c'est l'œil qui est le premier intermédiaire; à tout Seigneur, tout honneur! Voici un schéma très simplifié de l'œil humain, schéma qui est analogue chez tous les mammifères et aussi d'ailleurs chez la plupart des vertébrés; la lumière traverse d'abord la cornée trans-

parente, puis un liquide qu'on appelle l'humeur aqueuse, ensuite elle est focalisée à travers cette lentille molle appelée le cristallin; puis la lumière traverse le corps vitré qui ressemble à du blanc d'oeuf cru, milieu pas très homogène et un peu visqueux qui remplit tout le globe de l'œil et qui est heureusement transparent chez les sujets normaux; enfin l'image se forme au fond de l'œil et, dans ce creux qu'on appelle la fovéa, la vision est nette; c'est quand l'image se forme sur la fovéa que l'on peut en apprécier tous les détails.

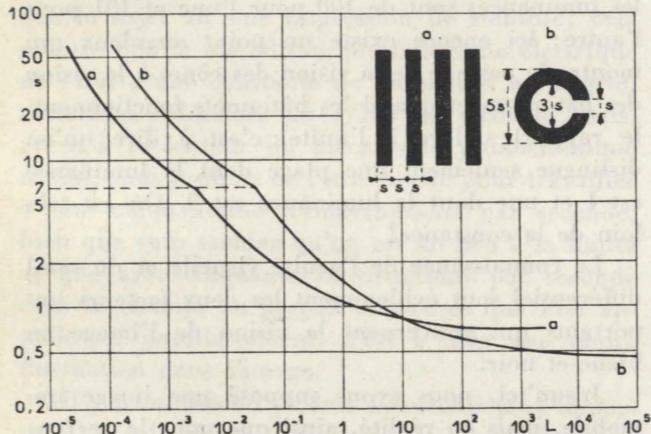
L'œil est un appareil à très grande ouverture et nous voyons presque jusque dans notre dos; il



y a des animaux, comme la girafe, qui voient très bien derrière leur dos; pour nous, nous ne voyons pas à proprement parler derrière notre dos, mais le rayon extrême est très écarté de l'axe, plus de 90°, c'est un angle dont on a peu d'exemples en optique.

Cette importance du champ visuel est considérable dans le cinéma; c'est là l'origine de l'intérêt des grands écrans de ce spectacle panoramique que nous avons encore vu hier; quand l'homme se sent ainsi entouré d'images et que, de plus, il peut remuer l'œil et la tête, il a l'impression d'une plus grande réalité.

Maintenant, un mot de la rétine, cette membrane nerveuse qui analyse l'image: la lumière en arrivant par le corps vitré, traverse toute une série de cellules avant d'atteindre les éléments sensibles tout en arrière, qui sont de deux types, les cônes et les bâtonnets, que l'on distingue par leur forme; les bâtonnets ne servent pas beaucoup au cinéma, sauf quand on veut gagner sa place dans l'obscurité en entrant dans la salle, car ce sont des éléments qui sont sensibles aux faibles lumières, qui servent à la perception dans la nuit et le crépuscule, qui existent, par exemple, chez les oiseaux nocturnes tels que les chouettes; au contraire les cônes sont les éléments de la vision diurne; quand la lumière est absorbée par l'extrémité pointue du cône, elle engendre, par un mécanisme sur lequel nous reviendrons tout à l'heure, un message qui est relayé par les cellules bipolaires, puis par un deuxième relais, celui des cellules ganglionnaires dont les prolongements constituent le nerf optique.



Vous voyez combien la rétine est compliquée; si vous voulez, c'est l'ensemble d'une couche sensible et de deux étages d'amplification; en outre, il existe une liaison entre divers cônes et bâtonnets; ces liaisons sont nécessaires, parce que dans une rétine, il y a plusieurs millions de cônes et plus de cent millions de bâtonnets et qu'il n'y a que 800.000 lignes de communication, qui sont les fibres du nerf optique; il est donc nécessaire que des relais permettent de connecter plusieurs cônes et un grand nombre de bâtonnets sur une seule fibre du nerf optique.

Comment se produit initialement l'action de la lumière sur la rétine? Nous ne le savons pas très bien pour les cônes, nous le savons mieux pour les bâtonnets, où l'on connaît, depuis presque un siècle la substance photochimique initiale, à savoir le pourpre rétinien qui est, au point de vue chimique, un composé de carotène (carbure qui donne la couleur rouge aux carottes); de ce carbure caroténoidé, l'aldéhyde qu'on appelle le rétinène est l'élément chimique qui existe dans les bâtonnets.

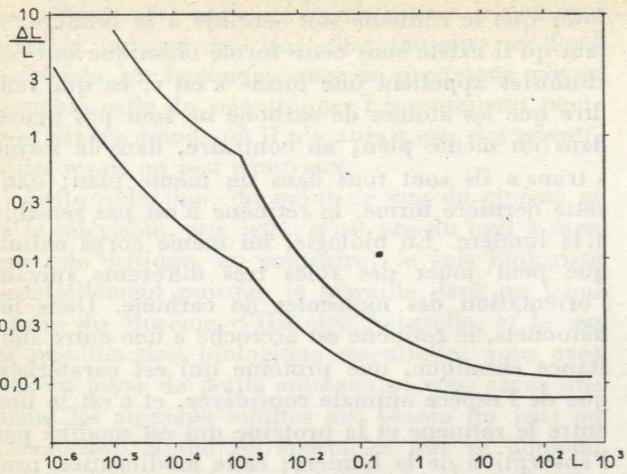
Pour que le rétinène soit sensible à la lumière, il faut qu'il existe sous cette forme chimique que les chimistes appellent une forme « cis », ce qui veut dire que les atomes de carbone ne sont pas placés dans un même plan; au contraire, dans la forme « trans » ils sont tous dans un même plan; dans cette dernière forme, le rétinène n'est pas sensible à la lumière. En biologie, un même corps chimique peut jouer des rôles très différents suivant l'orientation des molécules de carbone. Dans les bâtonnets, le rétinène est accroché à une autre substance chimique, une protéine qui est caractéristique de l'espèce animale considérée, et c'est le lien entre le rétinène et la protéine qui est modifié par l'absorption de la lumière; cette modification produit un changement dans l'équilibre électrique du bâtonnet; cette modification électrique est le premier phénomène qui donne naissance à l'influx nerveux.

Dans les cônes on est moins bien renseigné, mais il est très probable qu'il existe dans les cônes plusieurs pigments qui tous sont analogues, comme structure au pourpre rétinien.

Une fois que l'image s'est formée sur la rétine, il y a un certain nombre de facteurs qu'il nous faut considérer; le premier est ce qu'on peut appeler le pouvoir de résolution ou pouvoir de séparation de la rétine; bien entendu, une image trop fine ne pourra pas être résolue par la rétine. Cette limite de séparation de la rétine a donné lieu à un nombre de travaux considérables. Je vous donne ici un exemple dans le cas de deux tests bien connus, les barres parallèles de la mire de Foucault et l'anneau de Landolt, du nom de l'ophtalmologiste qui en avait imaginé le principe. Le sujet doit reconnaître la position de la brisure qui peut se trouver en haut, à droite, en bas ou à gauche. Dans les deux cas, la luminance du blanc qui constitue le fond sur lequel sont dessinés en noir les tests, est un facteur essentiel. Sur ce dessin la luminance est évaluée sur une échelle logarithmique, en abscisses et en ordonnées les courbes donnent la résolution en min. d'angle; par exemple, I veut dire qu'il y a une minute non pas dans le pas de la mire, mais dans la largeur du trait noir ou la largeur du trait blanc, ou une minute ici dans l'ouverture de l'anneau.

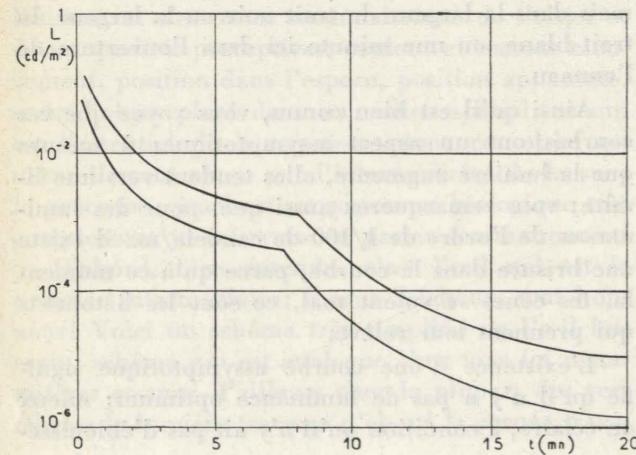
Ainsi qu'il est bien connu, vous voyez que ces courbes ont un aspect assymptotique; à mesure que la lumière augmente, elles tendent vers une limite; vous remarquerez aussi que, pour des luminances de l'ordre de 1/100 de candela/m² il existe une brisure dans la courbe, parce qu'à ce moment là, les cônes se voient mal, ce sont les bâtonnets qui prennent leur relève.

L'existence d'une courbe assymptotique signifie qu'il n'y a pas de luminance optimum; mieux on éclaire, à condition qu'il n'y ait pas d'éblouissement.



ment bien entendu, mieux on voit et meilleure est la séparation possible. Je vous dirai seulement un mot sur l'origine de la séparation; elle est dûe essentiellement à la dioptrie de l'œil et à la lumière qui, étant une vibration, produit une image qui obéit aux lois de la diffraction. La résolution la meilleure de l'œil — celle que l'on obtient dans ces conditions là — est la résolution théorique que donne la théorie de la diffraction pour un objectif de même ouverture que l'œil; ce n'est donc pas, contrairement à ce que l'on raconte dans les ouvrages, la structure discontinue de la rétine qui limite la finesse de la vision; on a plus de cônes qu'il n'est nécessaire pour percevoir l'image et certains oiseaux — comme l'aigle — qui ont l'œil plus ouvert que le nôtre et une meilleure qualité optique, ont effectivement des cônes plus serrés, afin de pouvoir, dans tous les cas, analyser l'image.

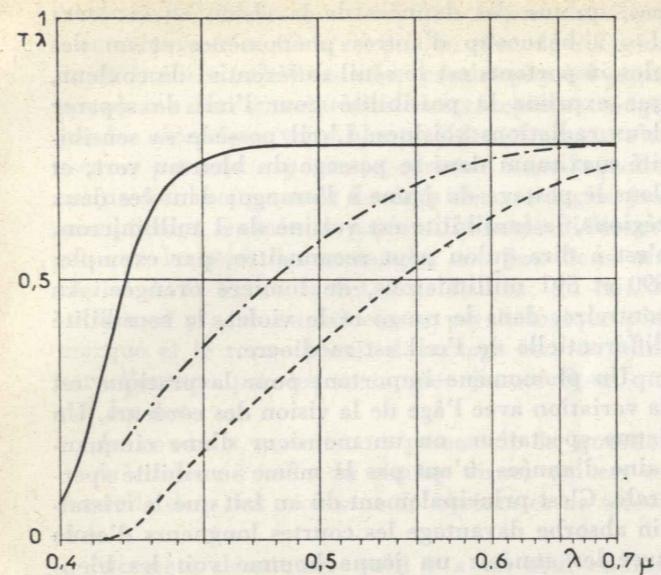
Evidemment, à mesure que la luminance diminue, la qualité de l'image baisse, parce que d'abord la pupille de l'œil s'ouvre davantage et les aberrations gâchent l'image; ensuite l'œil n'est plus capable d'analyser les contrastes de l'image et c'est un second facteur important qui est ce qu'on appelle la séparation possible.



Cette courbe représente la sensibilité différentielle, avec en abscisse la luminance dans une échelle logarithmique comme tout à l'heure, (en candela/m²) et en ordonnées le rapport $\Delta L/L$, les deux plages que l'on doit comparer, l'une ayant la luminance L , l'autre la luminance $L + \Delta L$; ce que l'œil perçoit, c'est cette augmentation relative de la luminance de l'une des plages et c'est ce facteur, ce rapport $\Delta L/L$ que l'on appelle quelquefois la fraction de FECHNER (Fechner était un physiologiste allemand qui vivait il y a un siècle et qui est devenu célèbre parce qu'il a dit beaucoup d'erreurs). La fraction de Fechner, d'après lui, était une constante; or $\Delta L/L$ n'est pas constant, il est minimum dans les valeurs asymptotiques, quand il y a beaucoup de lumière et tombe au dessous de 1/100, on peut donc distinguer entre elles deux plages dont les luminances sont de 100 pour l'une et 101 pour l'autre; ici encore existe un point anguleux qui montre le passage de la vision des cônes à la vision des bâtonnets et quand les bâtonnets fonctionnent, le rapport s'élève à l'unité, c'est à dire qu'on distingue seulement une plage dont la luminance est 1 et une dont la luminance est 2. On est très loin de la constance!

La connaissance de l'acuité visuelle et du seuil différentiel sont évidemment les deux facteurs importants qui gouvernent la vision de l'image en blanc et noir.

Jusqu'ici, nous avons supposé une image immobile, mais en réalité, ainsi que nous le verrons tout à l'heure, l'œil ne reste jamais immobile; d'autre part, le sujet lui-même, dans les cas de cinéma et de télévision, est essentiellement en mouvement. Il en résulte qu'il est nécessaire pour le cinéma de bien connaître ce que les physiologistes appellent les effets temporels; d'abord la persistance qui provient de ce que le mécanisme initial de la lumière est relativement lent, c'est un mécanisme photochimique dont les constantes de temps sont de l'ordre de quelques centièmes de seconde jusqu'à un dixième de seconde. Il est très heureux que ce mécanisme soit lent, sinon le cinéma devrait posséder une cadence beaucoup plus élevée; on peut prouver que cette lenteur relative de la vision est due au mécanisme photochimique, car on peut exciter directement l'œil électriquement en mettant sur l'œil du sujet deux points entre lesquelles on fait passer une petite différence de potentiel, on produit dans l'œil du sujet un éclair, subjectif évidemment puisqu'il ne lui correspond aucune lumière; dans ces conditions le nombre de ces éclairs électriques que l'on produit dans l'œil du sujet doit être de plusieurs centaines par seconde, pour



que le sujet ait une impression de stabilité; cela montre que le mécanisme physiologique électrique de l'œil a une constante de temps qui est courte, nettement inférieure au 1/100 de seconde, mais, grâce à la lenteur du mécanisme photochimique initial, vous profitez de cette inertie pour travailler à une cinquantaine d'interruptions par seconde, bien que vous sachiez qu'on est un peu à la limite et que avec cinquante interruptions par seconde dans le champ, on perçoit encore ce que l'on appelle un papillottement, c'est à dire une petite fluctuation dans l'image.

Il y a un second facteur beaucoup plus important, appelé par les psychologues le mouvement « phi »: si l'on fait apparaître dans le champ visuel deux points lumineux voisins l'un de l'autre, s'ils apparaissent dans l'obscurité l'un après l'autre avec une séparation dans le temps qui est de l'ordre de 1/10 de seconde, le sujet a l'impression d'un mouvement qui part du premier point et se termine au second point; au contraire, si les mouvements sont trop rapprochés, le sujet voit les deux points en même temps; s'ils sont trop éloignés dans le temps, il voit les points s'allumer l'un après l'autre sans impression de déplacement. C'est ce mouvement qui est à l'origine de la reconstitution du mouvement au cinéma; on croit, en général, que la succession discontinue d'images assure le mouvement apparent, mais ce n'est pas exact. La persistance de la rétine explique l'illusion d'une lumière continue, mais elle ne suffirait pas à expliquer le fait qu'on ne voit pas un mouvement saccadé, mais qu'on a l'impression d'un mouvement continu. C'est ce mouvement « phi » que les psychologues ont assez de mal à expliquer et qui est sujet à beaucoup de variations d'un sujet à l'autre et qui est à l'origine de la reconstitution d'un mou-

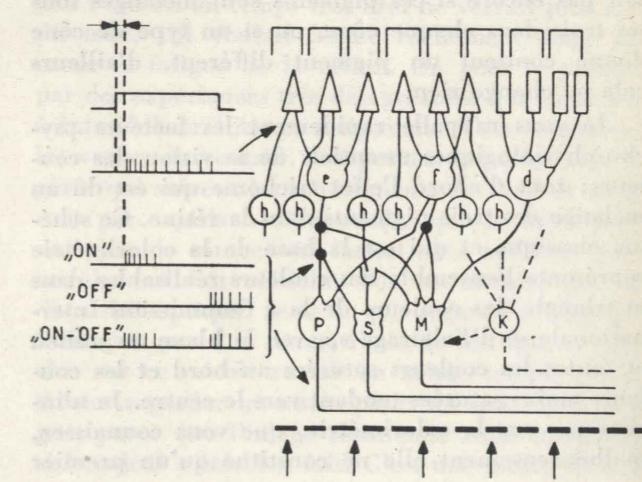
vement en apparence continu par une série de saccades.

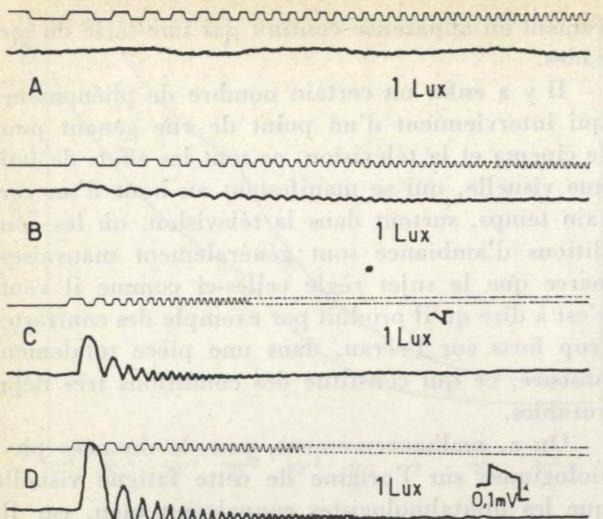
Il y a enfin un certain nombre de phénomènes qui interviennent d'un point de vue gênant pour le cinéma et la télévision, ce sont les effets de fatigue visuelle, qui se manifestent au bout d'un certain temps, surtout dans la télévision, où les conditions d'ambiance sont généralement mauvaises, parce que le sujet règle celles-ci comme il veut, c'est à dire qu'il produit par exemple des contrastes trop forts sur l'écran, dans une pièce totalement obscure, ce qui constitue des conditions très défavorables.

On a, malheureusement, peu de données physiologiques sur l'origine de cette fatigue visuelle que les ophtalmologistes connaissent bien, car ils ont un bon nombre de clients qui viennent les voir en disant: « quand je regarde le cinéma ou la télévision, j'ai la migraine. C'est certainement — ajoutent-ils — parce que l'écran de télévision envoie des rayons nocifs dans mon œil: l'ophtalmologue qui généralement n'est pas très au courant, ne dit ni oui, ni non, mais habituellement l'œil du sujet est affligé d'un astigmatisme mal corrigé, et une fois qu'on a corrigé cet astigmatisme, la plupart du temps, il souffre moins. Le cinéma et la télévision sont de véritables tests pour découvrir l'état de la vision des sujets, beaucoup mieux que ces lettres que l'on vous montre et qu'on reconnaît même dans des conditions très mauvaises.

Il y a une autre cause de fatigue visuelle qui est également fréquente, c'est une mauvaise balance binoculaire: beaucoup de sujets ont ce que les ophtalmologues appellent des hétérophories: cela veut dire que les muscles des deux orbites sont mal équilibrés et qu'au bout d'un certain temps le sujet doit lutter pour conserver la vision binoculaire, et cette lutte est à l'origine de beaucoup de migraines.

Un troisième fait psychophysiologique important est ce qui touche à la perception de la couleur;





biologiquement, ce n'est pas un élément essentiel, car beaucoup d'animaux ne l'ont pas et s'en passent très bien; ainsi les mammifères sont peu nombreux à voir les couleurs; la couleur est réservée aux espèces « riches » en fin d'évolution d'une part, et d'autre part dans des buts pratiques: elle est nécessaire aux abeilles, pour aller chercher le pollen dans les fleurs; pour les oiseaux, elle est utile pour la quête de leur nourriture: mais chez les mammifères, elle n'est devenue nécessaire que chez les primates, singes qui sont d'espèce arboricole et qui mangent des fruits; s'ils ne les voyaient pas dans les arbres, les primates seraient morts de faim; l'intérêt de la couleur au cinéma provient donc de ce que nos lointains ancêtres vivaient dans les arbres et mangeaient des fruits!

La couleur chez nous est un triple mécanisme qui est dû à l'existence dans les cônes de la rétine de trois substances photo-sensibles analogues au pourpre rétinien. Il y a peu d'années encore, c'était une hypothèse; actuellement, on a démontré l'existence, dans la rétine humaine, de ces trois pigments, mais leur teneur est si faible, que jusqu'ici leur structure chimique n'est pas connue. On ne sait pas encore si ces pigments sont mélangés tous les trois dans chaque cône, ou si un type de cône donné contient un pigment différent, d'ailleurs cela ne change rien.

Je vous rappelle rapidement les facteurs psycho-physiologiques essentiels de la vision des couleurs: tout d'abord l'effet trichome qui est dû au mélange des trois pigments dans la rétine. Ce schéma classique et qui est la base de la colorimétrie représente l'ensemble des couleurs réalisables dans le triangle des couleurs de la « Commission Internationale de l'Eclairage », avec le blanc au milieu et toutes les couleurs saturées au bord et les couleurs moins saturées tendant vers le centre. Je n'insiste pas sur la colorimétrie, que vous connaissez, malheureusement elle ne constitue qu'un premier

pas, qu'une des données de la vision en couleur; il y a beaucoup d'autres phénomènes et un des plus importants est le seuil différentiel de couleur, que exprime la possibilité pour l'œil de séparer deux radiations voisines. L'œil possède sa sensibilité maximum dans le passage du bleu au vert, et dans le passage du jaune à l'orange; dans ces deux régions, la sensibilité est voisine de 1 millimicron, c'est à dire qu'on peut reconnaître, par exemple, 590 et 591 millimicrons, de lumière orangée. Au contraire, dans le rouge et le violet, la sensibilité différentielle de l'œil est médiocre.

Un phénomène important pour la pratique est la variation avec l'âge de la vision des couleurs. Un jeune spectateur, ou un monsieur d'une cinquantaine d'années, n'ont pas la même sensibilité spectrale. C'est principalement dû au fait que le cristallin absorbe davantage les courtes longueurs d'onde avec les années: un jeune homme voit les bleus plus lumineux qu'un homme mûr.

Je vous signale en passant que la théorie trichrome qui postule l'existence dans les cônes de trois substances photo-sensibles, n'est qu'un premier pas dans la théorie de la vision des couleurs. Dès les relais des cellules bipolaires de la rétine, il existe déjà des mécanismes compliqués qui vont transformer cette réponse, d'une façon qui ressemble beaucoup à un des procédés que l'on a employés en télévision des couleurs, pour transmettre trois signaux, dont l'un serait un signal en blanc et noir, l'autre pour le couple rouge-vert, et le dernier pour le couple jaune bleu. Effectivement dans les bipolaires, le vert correspond à des potentiels positifs dans la rétine, et le rouge à des potentiels négatifs, d'après les courbes relevées dans la rétine d'un poisson faites par un physiologiste d'Amérique du Sud, le Professeur SVAETICHIN.

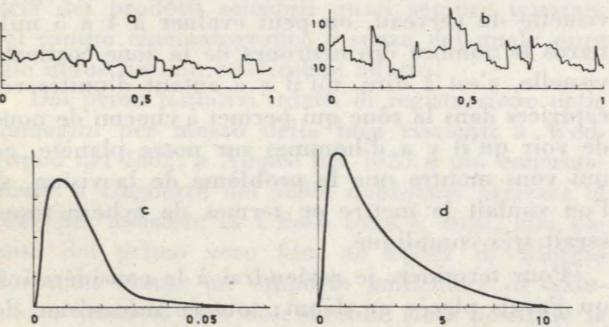
Il existe donc dans la rétine des phénomènes très complexes qui transforment la réponse trichrome en couples antagonistes. Cela permet d'éviter les contradictions apparentes de la théorie trichrome, par exemple le scandale du jaune qui apparaît comme une sensation simple, alors que du point de vue rétinien, il résulte des excitations doubles des cônes rouges et des cônes verts; or, dès l'étage des bipolaires, vous avez effectivement une réponse élémentaire jaune, c'est une réponse fondamentale qui est l'antagoniste de la réponse bleue; de même on comprend pourquoi les complémentaires se neutralisent l'une l'autre, pourquoi l'attribut coloré est un attribut qui disparaît dans les mélanges et qui tend finalement vers le blanc.

Un dernier ordre de fait, dont je voudrais vous dire quelques mots, c'est l'existence à l'intérieur de la rétine d'interactions complexes. Par exemple, si sur un fond rouge existent des points jaunes et des points bleus, par interaction rétinienne le fond rouge au voisinage des points bleus paraît tendre vers le pourpre, au contraire, près des points jaunes, il tend vers le rouge orange, par une sorte de

contraste à l'envers que les psychologues appellent « entraînement ». Ce n'est pas un effet de diffusion de la lumière, c'est un effet psycho-physiologique provenant de l'entraînement des récepteurs rouges par les récepteurs verts bleus voisins. On peut s'en assurer par une expérience curieuse dans laquelle, sur un fond rouge, sont dessinés des rectangles jaunes qui sont les mêmes partout, la seule différence est que le bord des rectangles est flou dans une moitié de la figure et net dans l'autre; du fait de ce flou, il y a un entraînement psychologique plus marqué et le rouge paraît davantage être entraîné vers l'orange par les rectangles jaunes flous que par les nets.

Je voudrais maintenant passer de la question de la couleur à celle du champ visuel qui est essentielle dans les processus de cinéma et de télévision.

On peut démontrer qu'il y a un seul endroit dans la salle où la perspective est correcte, comme vous le savez; en théorie, il y a donc une place qui devrait être vendue un prix considérable, et les



autres quasi rien; heureusement ce n'est pas ce qu'on observe et beaucoup de gens adorent se mettre très loin de l'écran, dans des conditions où l'orthoscopie est mauvaise; d'autre part, la position orthoscopique de perspective dépend de la focale de l'appareil de prise de vues et la place privilégiée devrait changer chaque fois que l'on modifie la focale; on devrait arpenter sans cesse la salle pour jouir de la perspective correcte, créée par Léonard de VINCI au moment de la Renaissance à partir de techniques qui sont la préfiguration de l'objectif photographique, à savoir la chambre claire et la chambre obscure; mais ce n'est pas une perspective privilégiée et, par exemple, chez les peuples orientaux, les Chinois ou les Japonais d'autrefois, il existe d'autres perspectives qui donnent une impression de profondeur et de réalité aussi grande que notre perspective classique. Ainsi dans quelques tableaux chinois qui représentent des maisons, les lignes au lieu de converger sur l'horizon comme dans la perspective de Léonard de Vinci, convergent sur l'œil de spectateur en s'en rapprochant. C'est une autre convention qui n'est

pas plus fausse que la nôtre. Beaucoup de gens croient que la perspective classique est en relation avec l'image rétinienne, ce n'est pas vrai; en effet, cette image ne se projette pas sur un plan, la rétine serait plutôt un fragment de sphère; en outre l'image rétinienne n'est pas vue, personne ne la regarde; beaucoup de gens s'imaginent qu'ils voient leur image rétinienne, c'est une idée enfantine; notre image rétinienne est tout simplement un intermédiaire dans notre vision et la perspective qui se peint sur notre rétine n'est vue par personne, heureusement d'ailleurs car elle est affligée de distorsions considérables qui n'affectent absolument pas notre vision. Nous savons très bien reconnaître une ligne droite dans la partie latérale du champ visuel, quoique la courbe qui se projette sur notre rétine soit une courbe qui n'a rien à voir avec une ligne géométrique; en réalité, la perspective projetée sur l'écran de cinéma est une convention à laquelle on est habitué et dont les distorsions sont rétablies par un certain entraînement et par l'habitude. Au contraire, il est très important d'avoir un grand champ visuel latéral, et c'est dû au fait que l'œil remue constamment; il ne faut pas se représenter l'œil de l'observateur comme une caméra immobile, c'est un dispositif qui ressemble plutôt à une caméra qui ferait un travelling continu, ou bien un balayage qui rappellerait celui de la télévision; par exemple, quand nous lisons, nous sentons que notre œil saute d'un mot à l'autre de la ligne, il saute 4 à 5 fois par ligne, mais même lorsque nous croyons garder l'œil immobile, il ne l'est pas. Grâce à un petit miroir qui suit les mouvements des yeux, on peut effectuer l'enregistrement des mouvements de l'œil d'un sujet, alors qu'il croit garder le regard immobile. Cette courbe représente l'enregistrement des mouvements horizontaux pendant une seconde. L'œil, que se croyait immobile, exécute en réalité un mouvement saccadé dont la fréquence est au voisinage de 100 par seconde, c'est à dire qu'en moyenne votre œil s'agit 100 fois par seconde avec une amplitude de l'ordre de la minute d'angle.

Ce mouvement continual est indispensable, sinon l'œil en un temps très bref ne verrait plus rien du tout, s'il voulait rester véritablement fixe, par usure et fatigue de la rétine. On peut le prouver par des expériences très désagréables qui consistent à immobiliser l'image rétinienne. Vous connaissez les verres de contact, ces petites coquilles très légères qui suivent les mouvements de l'œil et adhèrent par capillarité. Supposons que le sujet porte un verre de contact sur lequel on a taillé un petit miroir; on fait réfléchir sur ce miroir, par un dispositif optique, le test que regarde le sujet; si bien que quand il remue l'œil, le test qui se réfléchit sur ce miroir remue en même temps; quand il veut regarder un autre point du test, il ne peut pas, parce que l'image rétinienne reste immobile, si le calcul a été bien fait. C'est une forme de sup-

plice dont la police, heureusement, n'a pas encore connu l'existence. Ce qui se passe, c'est qu'on constate qu'en un temps assez court, quelques secondes, l'image rétinienne s'efface, parce que chaque cône reçoit constamment la même excitation. Il est donc indispensable, quand on regarde un spectacle quelconque de rafraîchir constamment l'image en remuant l'œil. C'est une des raisons pour lesquelles le sujet doit pouvoir se rafraîchir largement en ayant un champ considérable; supposez qu'on lui projette une scène d'amour et que cela ne lui plaise pas du fait de ses dispositions du moment, il faut qu'il puisse éviter le baiser qui, à ce moment là ne lui convient pas et qu'il puisse regarder les portions latérales du champ où l'œil se reposera physiquement et psychologiquement; il est donc nécessaire que le champ que vous présentez au spectateur comprenne un centre d'intérêt et volontairement des parties non intéressantes qui lui feront plaisir parce que, quand il aura assez de ce que vous lui offrez, il laissera son imagination errer sur ces parties du champ, et en outre, cela lui remplira tout le champ latéral qui est grand et plus ce champ latéral est rempli, plus le spectateur a l'impression de confort parce que son œil est occupé par quelque chose.

Le dernier facteur dont je voudrais vous parler est celui de la perception de la profondeur. On a dit beaucoup d'erreurs là-dessus, parce qu'on a mélangé deux choses différentes. Un premier phénomène est ce que les spécialistes appellent d'un mot barbare, la « stéréopsie » ce qui veut dire la vision binoculaire; chez un sujet dont les deux yeux sont équilibrés, normaux, la vision binoculaire donne une sensation particulière et que l'on ne peut pas expliquer à quelqu'un qui ne l'a jamais vue; grâce à cette stéréopsie, les objets se placent d'eux-mêmes dans un monde à trois dimensions; cette stéréopsie est évidemment un processus cortical, qui se passe dans notre cerveau et qui est dû à la combinaison des deux images rétinianes différentes; il a été beaucoup étudié et il est à la base de notre impression de vivre dans un monde qui a une troisième dimension, alors que nos images rétinianes sont uniquement des projections à deux dimensions.

La stéréopsie est utile dans la nature, parce qu'elle donne une sorte de confiance au sujet quand il doit se déplacer. Cette stéréoscopie a essentiellement un but biologique, celui de permettre à l'animal de se faufiler dans le monde à trois dimensions sans se cogner aux obstacles et en ayant une familiarité avec l'échelonnement en profondeur.

Mais il existe un second phénomène différent, c'est celui de la perception même de cette profondeur, c'est à dire le fait de reconnaître que les objets ne sont pas situés à la même distance du sujet; contrairement à la stéréopsie qui était un

processus direct, il s'agit d'une sorte de reconstitution intellectuelle qui emploie un très grand nombre de procédés différents, dont le plus important est la parallaxe de mouvement; quand on déplace l'œil ou quand les objets eux-mêmes se déplacent, les mouvements relatifs indiquent qu'ils ne sont pas à la même distance. Or, il est classique de confondre au cinéma ces deux choses: la stéréopsie et la perception de la profondeur. La stéréopsie contribue à la perception de la profondeur, bien sûr, mais on peut s'en passer et je crois que le problème qui consiste à essayer de reconstituer la stéréopsie au cinéma n'a pas beaucoup d'intérêt autre que celui d'être un joli problème, un problème difficile qui impose des dispositifs permettant à chaque œil de voir son image, ce qui est compliqué; au contraire, l'utilisation judicieuse d'autres processus monoculaires permettant de percevoir l'échelonnement en profondeur est au contraire possible pour le cinéma.

Bien entendu, la perception de la profondeur, comme toute perception, est liée au fonctionnement du cerveau; si on fait une coupe de la région visuelle du cerveau, on peut évaluer à 4 à 5 milliards le nombre des neurones de la zone corticale visuelle, c'est à dire, qu'il y a autant d'unités réceptrices dans la zone qui permet à chacun de nous de voir qu'il y a d'hommes sur notre planète, ce qui vous montre que le problème de la vision, si l'on voulait le mettre en termes de cybernétique serait très compliqué.

Pour terminer, je reviendrai à la considération qu'avais placée au début; tout ce mécanisme de la vision, dont je vous ai rappelé ici les schémas principaux, ne doit pas nous faire oublier que le spectacle du cinéma n'est pas une simple projection qui a pour but d'amener dans le cerveau du sujet une représentation aussi détaillée, aussi fidèle que possible de la réalité; il y a autre chose, en particulier des éléments d'ordre affectif, et c'est très heureux. Si la télévision ou le cinéma étaient seulement l'étude d'une transformation, point par point, entre le monde objectif et le cerveau, cela serait quelque chose d'un peu ennuyeux, un pur problème de mathématique. Mais, en réalité il s'agit d'un processus beaucoup plus général, quelque chose de plus proche de l'art et de notre sensibilité, c'est pour cela, Messieurs, que votre métier est un beau métier; ce n'est pas l'étude d'une simple transformation mathématique, physique et physiologique entre un objet et une excitation corticale, c'est une création qui met en jeu toutes les données intellectuelles, perceptives, artistiques et esthétiques, et qui met également en jeu cette fonction de délassement et de jeu qui est une des données primordiales de l'espèce humaine comme des autres espèces animales.

Yves Le Grand

LE CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE E MECCANICHE DEI FILMS TERMOPLASTICI PER L'APPLICAZIONE NELLA REGISTRAZIONE DELLE IMMAGINI E DEL SUONO

CARLO ROSSI e GIOVANNI FARAOONE trattano dei seguenti argomenti: Richiamo storico - definizione dei supporti di registrazione e delle loro caratteristiche - produzione dei supporti cellulari tradizionali per la cinematografia e per la registrazione magnetica del suono - proprietà chimiche, fisiche e meccaniche dei supporti di registrazione usati attualmente - nuovi supporti di registrazione atti a sostituire le pellicole cinematografiche e magnetiche attuali.

A chiarimento del titolo di questa conferenza, è meglio dire subito che l'argomento è: — i supporti pellicolari dell'emulsione cinematografica e fotografica nonché quelli dell'emulsione di pigmento magnetico destinata alla registrazione del suono. In altri termini, più poetici, se così è consentito esprimermi, voglio parlarvi della « Cenerentola » della cinematografia, quell'intermedio dell'industria dei prodotti sensibili quasi sempre ignorato nel campo cinematografico e senza del quale pure tale industria non esisterebbe affatto!

Dai primi tentativi infatti di registrazione delle immagini per mezzo della luce risalenti a Wedgwood nel 1802, a Niepce nel 1825 e più concretamente a Daguerre nel 1838, dobbiamo arrivare al 1889 per assistere in « flash back » direi, alla nascita del primo vero film ad opera di Giorgio Eastman, avente un supporto pellicolare di celluloid: senza di esso non sarebbe stata possibile la realizzazione dei fratelli Lumière ed il conseguente poderoso sviluppo dell'industria cinematografica.

Da allora l'industria delle materie plastiche ha compiuto grandi progressi, ma, come vedremo meglio in seguito, la produzione della pellicola cinematografica è stata resa possibile fino al 1955 dallo stesso, se pur perfezionato, supporto di nitrocellulosa e da quell'anno in poi da un suo stretto parente: il supporto di triacetato di cellulosa.

Non sarà forse male definire cosa intendiamo come « supporto » di una pellicola cinematografica (e per estensione di una banda magnetofonica) allo scopo di potere meglio illustrarne le caratteristiche ed esigenze: esso è quel foglio continuo di materiale plastico, sottile ma resistente, chimicamente inerte, trasparente in modo omogeneo, destinato a supportare l'emulsione fotosensibile ed a permetterne la manipolazione, a partire dalla sua applicazione su di esso, sino al suo sfruttamento commerciale, attraverso la ripresa, i trattamenti di sviluppo e fissaggio, il montaggio e la proiezione.

La profusione di aggettivi contenuti in questa definizione non ha questa volta carattere di lirismo; ad ognuno di essi, invece, corrisponde una precisa esigenza tecnica ed una proprietà che i vari supporti pensabili possono o meno possedere.

Basterà accennare, ad esempio, al primo supporto che potrebbe presentarsi alla mente, e cioè la carta: essa può rispondere ai requisiti di continuità, sottilità, flessibilità, ed inerzia chimica, ma la trasparenza non omogenea e/o la bassa resistenza meccanica le impediscono, come è chiaro a tutti, l'impiego come supporto sia per il cinema che per la registrazione magnetica. È superfluo accennare infatti che, proprio in questo campo, la produzione di nastri su carta non ha avuto molto successo.

Era necessario quindi che i tecnici del secolo scorso si rivolgessero all'unica sostanza capace di rispondere a tutte le esigenze, questa era da poco comparsa sul mercato dopo la sua scoperta nel 1864 ad opera dei fratelli Hyatt negli Stati Uniti, ed era: la celluloid.

L'industria, come la vita, è fatta di compromessi e volendo precisare, l'inerzia chimica di tale materiale, non era certo perfetta, pur essendo tuttavia sufficiente allo scopo; quanto agli altri requisiti, però, raramente un materiale ha risposto, così in pieno, agli scopi cui era destinato, ed il suo lungo regno, durato ben 66 anni circa, ne è la prova.

La fine di questa supremazia è dovuta, come è noto, all'inconveniente della sua infiammabilità ed i progressi della chimica hanno finalmente consentito la sostituzione del supporto infiammabile alla nitrocellulosa con quello « di sicurezza » al triacetato di cellulosa.

Questo nel campo della cinematografica; per ciò che riguarda invece altre pellicole fotografiche ed i nastri magnetofonici, al di fuori delle pellicole perforate per uso professionale, l'industria delle materie plastiche, col suo rigoglioso sviluppo, ha fornito altri polimeri filmogeni dotati di proprietà diverse; ad essi accenneremo brevemente in seguito allo scopo di confrontarli col supporto celluloso classico, dal punto di vista che più ci interessa, e cioè del loro uso nel cinema.

Mi sia consentito adesso di darvi un breve cenno della fabbricazione del supporto pellicolare celluloso quale è attualmente.

La figura 1 mostra uno schema sintetico della sua lavorazione, a partire dalle materie prime, per un'industria dei prodotti sensibili.

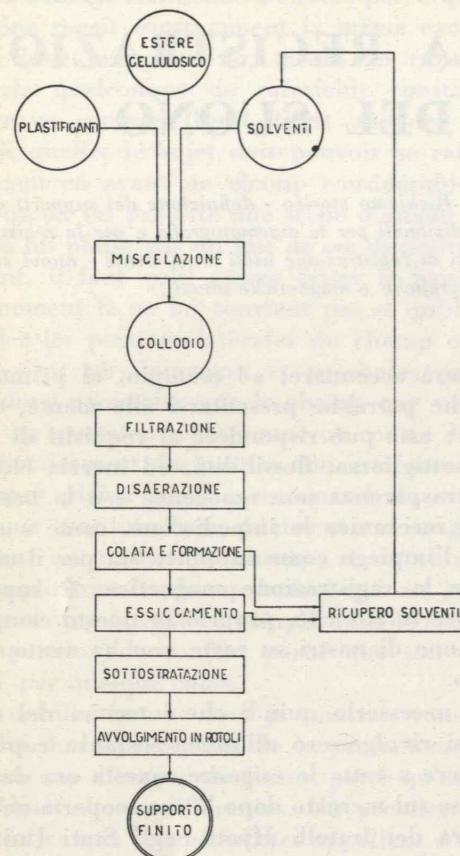


Fig. 1.

L'estere celluloso, e parliamo solo dell'acetilcellulosa poiché è attuale, ma del resto il procedimento era identico per la nitrocellulosa, viene sciolto in solventi organici, in genere idrocarburi clorurati ed alcoli alifatici in rapporti vari, con l'ausilio di macchine mescolatrici; in queste vengono pure aggiunte le sostanze plastificanti, le quali sono in genere esteri arilici dell'acido fosforico ed esteri dell'acido ftalico, che conferiscono al film una maggior flessibilità; essi svolgono anche altre funzioni, quali il deprimere il regime di combustione del film, l'assorbimento d'acqua, ecc.

La soluzione ottenuta, detta «collodio», viene filtrata su filtri pressa forniti di tele di mollettone, da due a tre volte per garantire la perfetta omogeneità del film e la sua trasparenza; il collodio viene quindi disaerato per eliminarne le bollicine d'aria incluse durante la mescolazione, ed infine viene colato su macchine formatrici del film.

Queste macchine (figura 2) consistono in grandi ruote od in nastri metallici ad anello chiuso, dotati di superficie lucidata a specchio, e di larghezza superiore al metro, che ruotano lentamente mentre su di esse si spande mediante un'apposita filiera il collodio. Poiché la ruota o il nastro sono chiusi in

una guaina in cui circola, in contro corrente, dell'aria calda, il collodio perde continuamente solvente e si trasforma da soluzione in foglio solido nel tempo necessario ad una rivoluzione quasi completa del nastro o ruota.

A questo momento, ed in un punto vicino a quello di spandimento del collodio ma situato al di sotto di questo, si stacca il foglio che contiene ancora una certa percentuale del solvente originale, e lo si conduce attraverso delle gabbie dotate di rulli guida, ove viene provvisto di uno strato che permetterà l'adesione dell'emulsione fotografica; tale strato si chiama sottostrato; infine il supporto viene condotto attraverso una stufa sempre a rulli ove se ne completa l'essiccamiento. Al termine della stufa il supporto viene avvolto in rotoli di determinate lunghezze standard.

Naturalmente l'intera operazione è resa economica da uno spinto ricupero dei solventi usati, sino al 95 % e oltre, e dal ricupero, mediante scambiatori, del calore dell'aria usata per l'essiccamiento. Penso che a questo punto il breve estratto di documentario che vi proietteremo vi possa dare una idea più plastica della lavorazione stessa.

Questo procedimento è possibile solo con i polimeri filmogeni solubili in solventi, gli altri polimeri insolubili, che hanno dato origine a supporti speciali, vengono invece trasformati in films con metodi propri dell'industria delle materie plastiche.

In verità con tali metodi si preferisce talvolta produrre anche films da polimeri in sè solubili, per conferire loro determinate caratteristiche.

Queste tecniche sono per esempio la calandratura per i supporti vinilici, e l'estruzione per i supporti poliesteri e polistirolici.

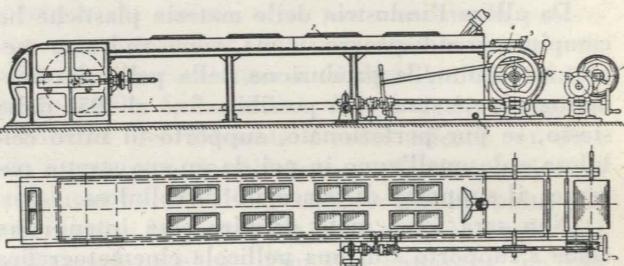


Fig. 2 - Schema di una macchina a nastro per calore supporti. 1, nastro di rame; 2, guaina di essiccamento; 3, uscita aria; 4, tamburo raffreddato; 5, filiera; 6, avvolgimento; 7, entrata aria.

Avendo ora ottenuto il nostro film destinato a servire come supporto, esaminiamone brevemente le proprietà chimiche fisiche e meccaniche necessarie e sufficienti perché esso possa servire allo scopo per cui è stato prodotto.

La figura 3 mostra una tabella in cui sono riportati i polimeri più comunemente usati come materia prima per supporto, le relative solubilità nei comuni solventi industriali e la loro resistenza chimica agli acidi e alle basi.

Queste proprietà sono utili, oltre che per la fabbricazione dei films, per scopi analitici qualora si dovesse procedere al riconoscimento di un tipo di supporto. Oltre a queste proprietà, sono d'aiuto per l'analisi anche la combustibilità e certe reazioni chimiche specifiche, che non è il caso qui di descrivere, nonché l'uso della spettrografia nell'infrarosso.

Per ciò che riguarda le proprietà chimiche dei supporti esiste un denominatore comune, siano essi destinati alle pellicole cinematografiche che ad una qualsiasi, esso è l'inerzia chimica. Il supporto cioè, non deve essere capace di reagire, per la sua natura o per quella dei composti aggiunti (per esempio i plastificanti), né venendo a contatto dei bagni di trattamento, con l'emulsione fotografica. Questa è infatti uno dei reattivi più sensibili che si conoscano: bastano alcune parti per milione di sostanze indesiderabili per cagionare punti di sensibilizzazione o desensibilizzazione rivelabili solo dopo il trattamento della pellicola.

Per questo motivo quando si parla di nitrocellulosa o di polistirolo come supporto, non si può intendere un tipo qualsiasi di questi polimeri, magari perfettamente impiegabili nell'industria delle materie plastiche, ma prodotti fatti appositamente in vista dell'impiego nel campo fotografico, e pertanto dotati di una stabilità chimica superiore al normale, esenti da resti di catalizzatori di polymerizzazione dannosi all'emulsione, esenti da tracce di particolari metalli pesanti, ecc.

Un altro requisito di ordine chimico sarebbe l'idrofilia della superficie del film, onde far sì che l'emulsione fotografica, composta essenzialmente di gelatina e sali d'argento sciolti in acqua, possa bagnarla, ricoprirla edaderirvi saldamente. Questo requisito è il più difficile da soddisfare in quanto la natura chimica dei polimeri usati tende alla idrorepellenza e, spesso, là dove sarebbe possibile ottenere una bagnabilità spontanea della superficie, bisogna invece adoperarsi per evitarla onde non compromettere altre proprietà di ordine pratico; per citarne una: l'assorbimento d'acqua da parte del supporto, che è infine legato alla velocità di asciugamento della pellicola trattata, nonché alla costanza del passo delle perforazioni.

Il problema quindi dell'aderenza dell'emulsione e della idrofilia della superficie dei supporti, va risolto mediante uno strato ausiliario, capace appunto di ancorarsi da un lato al supporto e dall'altro all'emulsione senza compromettere le caratteristiche dei due, e partecipando anzi un po' delle proprietà dei due strati così dissimili tra loro.

Questo strato ausiliario che è poi il sottostrato nominato più indietro, consta essenzialmente di gelatina opportunamente trattata, in miscela con altri polimeri dotati di capacità adesive, il tutto sospeso o sciolto in solventi organici.

A questi requisiti di carattere chimico possono sfuggire i supporti per nastro magnetofonico, in quanto l'emulsione magnetica non ha le proprietà reattive di quella fotografica, ed inoltre, avendo

Comportamento dei vari supporti nei confronti dei normali reagenti e solventi industriali.

REAGENTE O SOLVENTE	Nitro-cellulosa	Acetato di cellulosa	Acetobutirato di cellulosa	Copolimeri vinilici	Polistirolo	Tereftalato polietilenico	Poliammidi	Policarbonati	Metilmelatrilato
Acidi concentrati	—	—	—	+	—	—	+	+	—
» diluiti	—	—	—	+	+	+	+	+	+
Basi concentrate	—	—	—	+	—	—	+	—	+
» diluite	—	—	—	+	—	+	+	—	+
Alcool etilico	I	I	I	I+S	I	I	I+S	I	I
Acetone	S	I+S	S	S+I	S	I	I	I	S
Esteri alifatici	S	I	I	S+I	S	I	I	I	S
Idrocarburi	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Idrocarburi aromatici . . .	I	I	I	I	S	I	I	I	S
Idrocarburi clorurati . . .	I	S	S	S+I	S	prat. I	I	S	S
Etere	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Alcool-etero	S	I	I	I	I	I	I	I	I
Alcool metilico	S	I	I	I	I	I	I	I	I
Fenoli	I	S	S	I	S	S	S	S	I
Dimetilformammide . . .	S	S	S	S	S	I	S	S	S
Tetraidrofuran	S	S	S	S	S	I	I	+	S
Isoforone	S	S	S	S	S	I	I	S	S

I=Insolubile; S=Solubile; +=Inattaccabile; —=Attaccabile.

come corpo di fondo non gelatina idrofila, ma polimeri di per sé polari provvisti di proprietà adesive e solubili spesso nei solventi del supporto, possiede proprietà adesive spontanee e molto spiccate.

Un altro requisito che contrasta con questo appena descritto, è quello dell'assorbimento della acqua.

Un supporto ideale non dovrebbe assorbire acqua dai bagni di trattamento, né dall'atmosfera. Questo comportamento influisce infatti sul tempo di asciugamento della pellicola cinema come si è già accennato, ma, più in generale, influisce anche sulle qualità meccaniche; infatti certi polimeri e i cellulosici in special modo, risentono di una certa azione plastificante dell'acqua assorbita, il che, mentre per certe proprietà può essere vantaggioso (per esempio per la flessibilità), è dannoso per l'abbassamento che ne deriva alla resistenza alla trazione e per l'incremento dato allo scorrimento plastico, dal quale possono conseguire deformazioni permanenti delle pellicole stesse.

Passiamo ora alle proprietà fisiche dei supporti.

Per quelli in ispecie destinati alla cinematografia si richiede: un peso specifico non elevato, per ragioni ovviamente economiche ed anche di magazzinaggio; una trasparenza ottica perfetta (salvo per i nastri magnetofonici in cui non ha importanza) ed infine un limite di temperatura di impiego abbastanza elevato: ciò per resistere al calore sviluppato dagli archi delle macchine di proiezione, ed a quello di eventuali condizioni particolari (incendi o anche clima) per non danneggiare l'immagine con deformazioni dimensionali.

Per via di queste esigenze vengono automaticamente scartati dall'uso come supporto cinema polimeri quali, per esempio, il polistirolo, il metilmelacrilato ed altri che pure possiedono in grado soddisfacente, alcune proprietà tra quelle da noi elencate.

Naturalmente non si deve confondere questo « limite di temperatura d'impiego », con la temperatura di ignizione.

Tutti i supporti attualmente usati, infatti, definiti « di sicurezza » oppure « safety » non si incendiano spontaneamente, nè hanno temperatura di ignizione raggiungibili facilmente, come accadeva con la nitrocellulosa. Sono capaci di bruciare sì, ma entro i limiti delle norme ASA, e solo dopo esser venuti in contatto con una fiamma viva e molto meno facilmente di quanto non farebbe per esempio un foglio di carta.

La maggior parte di essi è anzi definita a « tempo di combustione infinito » in quanto non sono in grado di alimentare la fiamma una volta che quella che ha provocato l'accensione sia stata allontanata.

Vediamo infine le proprietà meccaniche che sono necessarie a un supporto per pellicola cinema o magnetofonica. Per elencarle basta pensare al tipo di cimento cui esse sono sottoposte nell'uso comune per il loro sfruttamento.

È chiaro che una pellicola di questo tipo per

avere una vita commerciale soddisfacente, deve essere resistente alla rottura nella trazione operata dalle macchine di proiezione o dai magnetofoni; deve essere resistente alla flessione ripetuta che in quelle macchine viene praticata ad ogni passaggio sui rulli o ad ogni boucle che esse formano.

Deve inoltre avere una buona resistenza alla continuazione dello strappo, il che è importante nelle perforazioni p.e. della pellicola cinema sollecitate dalla « griffe » del proiettore, o comunque quando, per cause accidentali si verifichi un inizio di strappo sui bordi. Queste sono le caratteristiche meccaniche, potremmo dire macroscopiche; ne esistono poi altre che hanno a che fare con il comportamento visco-elastico proprio delle macromolecole di cui i supporti sono costituiti.

Da questo punto di vista pellicola cinema e pellicole magnetofoniche possono avere requisiti divergenti. Consideriamo per esempio la isotropia delle qualità meccaniche sinora citate.

Una pellicola cinema è bene che sia priva, nel suo supporto di tensioni congelate durante la sua fabbricazione e che possono poi venir rilasciate nel tempo, portando per esempio a distorsioni dell'immagine.

È bene anche che il supporto di una cinematografica non sia estremamente rigido in modo da poter accompagnare in certo modo le espansioni e contrazioni che la gelatina dell'emulsione gli farà subire durante i trattamenti di sviluppo ed il successivo essiccamiento.

Nello stesso tempo il supporto non deve però avere un limite di snervamento (yield point) troppo basso da permettere cioè deformazioni permanenti per carichi e trazioni bassi, quali sono generalmente quelli esercitati da una stampatrice o da un proiettore.

Tutti questi requisiti devono essere soddisfatti in ambedue le direzioni principali della pellicola e cioè nel senso della sua lunghezza e in quello della sua larghezza.

Nel supporto invece per pellicole magnetofoniche, si preferisce talvolta avere una forte anisotropia, per esempio dello yield e della resistenza a rottura, con una loro prevalenza nel senso longitudinale della pellicola; ciò perché le sollecitazioni dei recorders sono molto più brusche di quelle di un proiettore, e perché le deformazioni permanenti giuocano una parte più importante nella registrazione magnetica del suono che in quella fotografica dell'immagine. A questo scopo talvolta i supporti dei nastri sono del tipo orientato preferenzialmente nel senso longitudinale, così da elevarne lo yield point ed il modulo di elasticità in quella direzione. Al limite si potrebbe infatti dire che per un nastro magnetofonico sia meglio che, quando sia sottoposto ad una brusca trazione, si rompa piuttosto che si allunghi permanentemente deformando la resa del suono.

Tutte queste proprietà meccaniche vengono investigative per mezzo di prove dinamometriche statiche e dinamiche, dalle quali si ricavano delle

curve caratteristiche carico-allungamento per cento, come quella che vi mostra la figura 4.

In ascisse del diagramma che vedete è riportato l'allineamento in % rispetto alla dimensione originale del provino, in ordinate il carico in Kg. per mmq. cui esso viene sottoposto durante la prova. In questo grafico sono state riportate le curve di alcuni materiali diversi tra loro per illustrare meglio il concetto di elasticità e rigidità dei supporti.

A seconda degli scopi cui essi sono destinati,

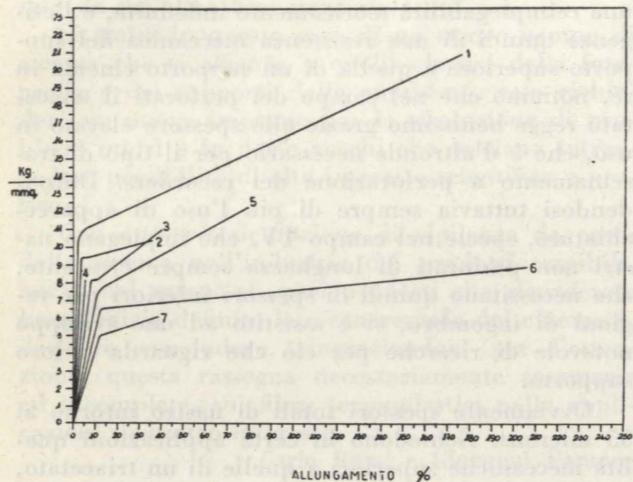


Fig. 4 - 1, poliestere orientato; 2, nitrocellulosa; 3, triacetato di cellulosa; 4, polistirolo orientato; 5, polivinil cloruro orientato; 6, poli-carbonato; 7, acetobutirrato di cellulosa.

si scelgono quelli le cui caratteristiche meccaniche rispondano meglio e addirittura, si cerca ove si possa, di migliorarle o di indirizzarle nel senso voluto.

La figura 5 vi mostra come riassunto, riunite in tabelle, le caratteristiche fisico meccaniche dei supporti usuali in relazione alla loro costituzione chimica, al polimero cioè dal quale essi sono ricavati.

I dati sono ovviamente orientativi e, per alcuni, variabili a seconda del procedimento di fabbrica-

zione e dei post-trattamenti cui il film può essere sottoposto. Ciò vale specialmente per quei fogli provenienti da polimeri che sono suscettibili di orientazione molecolare mediante un procedimento di stiramento a freddo e di cristallizzazione mediante speciali trattamenti termici.

Un altro requisito dei supporti è quello della bassa variabilità dimensionale con le variazioni della temperatura ambiente, della umidità relativa percentuale ambiente e dell'età. A dire il vero questo requisito è molto più importante per altre pellicole che quelle cinema o magnetiche, e cioè per quelle destinate alle riproduzioni per arti grafiche, tuttavia anche in quelle sulle quali verte oggi il nostro discorso bisogna che il requisito venga entro certi limiti soddisfatto.

Poiché la variabilità dimensionale di una pellicola può essere dovuta a fenomeni diversi, esaminiamoli un momento: anzitutto distinguiamo tra variazioni permanenti e variazioni reversibili.

Le prime sono dovute principalmente a tre cause: la perdita di solvente nel tempo, l'eventuale rilasciarsi di tensioni congelate nel supporto al momento della fabbricazione e i maltrattamenti durante lo sviluppo in macchina per le pellicole cinema.

Le variazioni reversibili invece sono dovute alle fluttuazioni della temperatura e dell'umidità relativa percentuale dell'ambiente con la quale una pellicola deve mettersi in equilibrio.

Com'è facile capire, la contemporaneità dei fenomeni accennati e il comportamento proprio di certe emulsioni, complicano il comportamento generale della pellicola; a noi basti accennare che, per quanto riguarda i supporti, si tende a ridurre al minimo la possibilità di tali variazioni; perciò si scelgono i supporti in base alle loro proprietà chimico-fisiche e si adottano i metodi di lavorazione più acconci.

Pertanto si sceglieranno i polimeri col più basso coefficiente di dilatazione termica, col più basso assorbimento d'acqua; si procurerà di privare i supporti, che ne derivano, il più possibile dei sol-

TIPO DI FILM	Spessore usabili mm/100	Peso specifico	Assorbimento di acqua %	Limite superiore d'impiego in °C appross.	Combustione	Resistenza a trazione kg/mm ²	Allungamento a rottura %	Resistenza alle pieghe in spessore 12-14/100 mm	Resistenza alla continuazione del taglio g/cm
Nitrocellulosa	8÷20	1,42-1,46	1,5÷2,0	+120	velocissima	10-13	20-40	50÷150	40÷90
Acetilcellulosa	8÷20	1,28-1,31	3,7	+180	lenta	8-12	20-30	30÷100	40÷70
Acetobutirrato di cellulosa	8÷20	1,19-1,20	1-3	+ 85	lenta	4-7	20-40	20-50	20÷50
Copolimeri vinilici rigidi	14÷25	1,30-1,39	trascur.	+ 70	autoesting.	4-7	2÷10	50÷700	100÷400
Polistirolo	12÷25	1,05-1,06	0,04-0,1	+ 80	lenta	3÷8*	3-10	0÷60	30÷50
Tereftalato di polietilenoglicole	10÷18	1,38-1,40	0,3÷0,6	+150	lenta	12-22*	70-300*	>20.000	150÷400
Poliammide	10	1,08-1,14	1,0-1,5	+190	autoesting.	6-30*	*	—	—
Policarbonati	8÷20	1,2	0,3÷0,5	+135	lenta	6-15*	50÷100	40÷100	50÷200
Metilmelacrilato	20	1,18-1,19	0,3-1,0	+ 85	lenta	8-9	4-12	5÷10	—

* Dipende dall'eventuale orientamento del film.

venti che sono stati necessari per la loro fabbricazione, si sceglieranno, quando è il caso, i trattamenti di stabilizzazione termica più adatti per impedire il rilascio delle tensioni interne. Altri artifici, usati per esempio durante la perforazione dei films in relazione alla misura standard del passo, e soprattutto le normali cautele per ciò che riguarda il trattamento di sviluppo e il clima della loro conservazione, riducono al minimo le variazioni dimensionali per ciò che riguarda le pellicole cinema e magnetofoniche.

Abbiamo esaminato sin qui le caratteristiche dei supporti da un punto di vista teorico e perseguitando quelle ideali, possiamo ora concludere sul terreno pratico tenendo presente ciò che esiste a disposizione sul mercato e che più si avvicina a tale ideale e dare, se possibile uno sguardo sul futuro dei supporti.

Cominciamo dalla pellicola cinematografica: il supporto attualmente dominante è, come già detto, quello di triacetato di cellulosa; la sua stabilità ed inerzia chimica, le sue qualità fisico-mecaniche, ben diverse da quelle del triacetato di cellulosa che aveva fatto la sua comparsa nel campo cinematografico per dilettanti e nella radiografica negli anni 20, consentono ad esso di fornire un supporto che soddisfa pienamente le necessità di una positiva professionale da proiezione. Pertanto il suo uso, consolidato ormai da una decina di anni di pratica, è destinato a proseguire ancora indisturbato per molti anni. Naturalmente non si può forse prevederne un regno altrettanto lungo di quello della nitrocellulosa, poiché i progressi dell'industria delle macromolecole sono tali oggi da riservarci ogni sorpresa.

Ma quali sarebbero i motivi che potrebbero condurre ad una sostituzione del triacetato in questo campo?

Direi di carattere prevalentemente economico: infatti motivi di ordine tecnico, quali per esempio una maggior resistenza meccanica o una ancor migliore trasparenza, non sono davvero fondamentali. Ci sono stati, come saprete, tentativi di introdurre supporti che potevano dare certi vantaggi per applicazioni speciali soprattutto nel campo della cinematografia militare e scientifica, ma i vantaggi offerti (maggior resistenza, maggior flessibilità, minore spessore, ecc.) erano soprattutto dal maggior prezzo, dalle difficoltà di incollatura, e, in certi casi, diciamo pure dalla scarsa utilità, per una cinematografia commerciale, offerta da un supporto pressoché eterno quando l'emulsione, e quindi la immagine, fine ultimo dell'industria cinematografica, è di gran lunga più deteriorabile nella comune pratica.

Questi supporti speciali nel campo di nostro interesse sono films ricavati da aceto propionato di cellulosa, da acetobutirato di cellulosa, dal terfaltato di polietillenglicole e, più recentemente, da policarbonati.

Nessuno di essi per i motivi tecnici già indicati o per motivi economici, e cioè per il loro prezzo ancora elevato, ha sinora minacciato la posizione di primato del triacetato.

Ciò non toglie che l'industria dei prodotti sensibili sia sempre all'erta anche in questo campo e che qualcosa di nuovo possa nel futuro comparire qualora si possa offrire al mercato qualcosa di altrettanto buono per lo meno, e di meno costoso del triacetato.

Per i supporti destinati invece alle bande magnetofoniche, la situazione è diversa, anche qui dobbiamo distinguere tra i tipi perforati (per uso professionale) e quelli sottili e non perforati. Per quanto sia dote comune a tutti i nastri quella di una reimpiegabilità teoricamente indefinita, e l'esigenza quindi di una resistenza meccanica del supporto superiore a quella di un supporto cinema in sé, notiamo che nel campo dei perforati il triacetato regge benissimo grazie allo spessore elevato in uso, che è d'altronde necessario per il tipo di trascinamento a perforazione dei recorders. Diffondendosi tuttavia sempre di più l'uso di apparecchiature, specie nel campo TV, che impiegano nastri non perforati di lunghezza sempre crescente, che necessitano quindi di spessori inferiori per ragioni di ingombro, si è assistito ad uno sviluppo notevole di ricerche per ciò che riguarda il loro supporto.

Ovviamente spessori totali di nastro intorno ai 35 microns, richiedono in certe applicazioni qualità meccaniche superiori a quelle di un triacetato, e così accanto a questo, che pure ha un suo mercato sostenuto, sono comparsi i supporti vinilici prima e poi i supporti da poliestere. Questi ultimi soprattutto si avvicinano al supporto ideale per un nastro magnetico sottile, ed il loro maggior prezzo è compensato realmente dalle prestazioni superiori richieste per quelle determinate apparecchiature e pratiche d'impiego.

Tuttavia anche in questo campo non cessa la ricerca, poiché per esempio i supporti vinilici e, in certo grado anche quelli di poliestere orientati preferenzialmente hanno un nemico potenziale: la temperatura di esercizio, che in certe condizioni potrebbe avvicinarsi a quella della loro stabilizzazione termica, seguente allo stiro dei supporti, e cagionare il rilascio delle tensioni interne causando la deformazione dei nastri.

Il campo della pellicola magnetofonica è comunque quello che vede coesistere ancora i supporti più disparati: diacetato e triacetato di cellulosa, vinilici e poliesteri, orientati preferenzialmente o non. Ciò penso sia dovuto in particolare alla diversità di esigenze dei vari impieghi, ed in parte alla giovane età del settore con la relativa confusione propria di tutte le nascite, ma esistono segni che fanno pensare ad una stabilizzazione anche in questo campo, così come è successo per i supporti cinema.

Si può cioè pensare che venga impiegato da un lato il triacetato di cellulosa per gli usi normali, e il poliestere tipo Mylar, per gli usi richiedenti spessori più sottili.

Anche nel campo della registrazione del suono non si può escludere l'avvento di un supporto nuovo qualora motivi tecnici ed economici lo giustifichino, ma per ora non è dato fare previsioni.

Infine, tralasciando i supporti veri e propri non mi par fuor di luogo accennare, soltanto accennare in quanto si tratta di applicazioni appena nascenti, all'uso di films termoplastici nella registrazione delle immagini con quei procedimenti non convenzionali, in cui la registrazione avviene (secondo quanto descrive l'inventore Dr. Glenn della G.E.) sfruttando la deformazione, ottenuta per mezzo del calore e della forza di attrazione di cariche elettriche di segno opposto, della superficie di un film termoplastico a basso punto di fusione, supportato da un altro film normale.

Si tratta in questo caso di un nuovo campo di ricerca che si affianca a quelli classici della fotografia e dei supporti delle emulsioni, esso richiederà un nuovo impegno per la risoluzione di problemi nuovi e in parte vecchi che lasciano intravvedere possibilità di alto interesse scientifico e pratico.

Con questa assicurazione di vigilanza da parte della ricerca nell'industria dei prodotti sensibili, anche nel campo di quei prodotti che ricorderete ho all'inizio definito la « cenerentola del cinema », desidero concludere, ringraziandovi per l'attenzione, questa rassegna necessariamente sommaria ed incompleta, sui films termoplastici nelle applicazioni di nostro interesse.

Carlo Rossi e Giovanni Faraone

BIBLIOGRAFIA

- L. P. CLERC, *La technique photographique*, P. Montel, Paris, 1950.
- A. H. CUISINIER, *Leçon de photographie théoriques et pratiques*, P. Montel, Paris, 1949.
- J. M. EDER, *Geschichte der Photographie*, W. Knapp, Halle, 1932.
- B. ENDRAND, *L'industrie photographique en France*, Domat-Montchrestien, Paris, 1935.
- P. GLAFKIDES, *Chimie photographique*, P. Montel, Paris, 1957.
- A. HAY, *Handbuch des Wissenschaftlichen und Angewandten Photographie*, J. Springer, Leipzig, 1930.
- E. K. MEES, *Photography*, G. Bell & Sons, London, 1936.
- W. D. MORGAN, *The complete photographer*, National Educational Alliance Inc., New York.
- W. NAUCK - E. LEHMANN, *Fabrikation und Prüfung der photographischen Materialien*, Union Deutsche Verlagsellschaft, Berlin, 1928.
- D. A. SPENCER, *Progress in Photography*, Focal Press Ltd., London, 1954.
- E. STENGER - H. STAUDE, *Fortschritte der Photographie*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1940.
- F. WENTZEL, *Die Fabrikation der photographischen Platten, Filmen und Papieren und Ihre Maschinelle Verarbeitung*, W. Knapp, Halle, 1930.

PROBLEMI POSTI DALLA REGISTRAZIONE SONORA A UNO E A PIÙ CANALI, RIGUARDO ALLA QUALITÀ DI RIPRODUZIONE NEI LOCALI CINEMATOGRAFICI

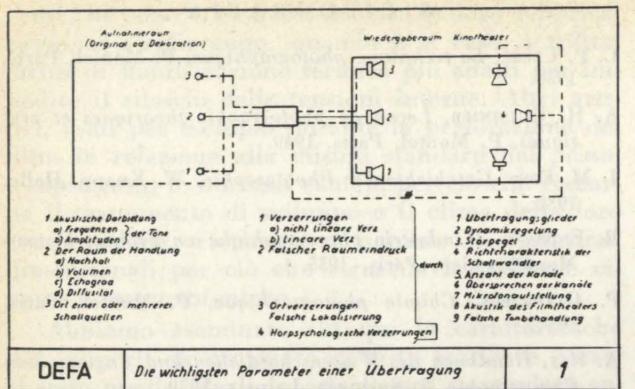
WALTER WÖHLE tratta dei seguenti argomenti: Importanze paragonate all'azione drammatica dell'immagine e del suono dei films - l'evoluzione paragonata del suono e dei formati d'immagine (canali multipli) - i fattori caratteristici della qualità sonora e le distorsioni nella riproduzione - le condizioni di registrazione durante le operazioni di mescolanza - i problemi tuttora in sospeso nel caso della riproduzione a più canali.

Vergleich der Bedeutung der dramatischen Handlung des Bildes und des Tons der Filme - Vergleich der Entwicklung des Tons und der Bildformate (mehrere Kanäle) - die kennzeichnenden Faktoren der Tongüte und der Klirrfaktor bei der Wiedergabe - die Aufnahmebedingungen während des Mischvorganges - die noch schwierigen Probleme bei Wiedergabe auf mehreren Kanälen.

Einleitung.

Das Ziel bei der Vorführung eines Filmes ist es, dem Zuschauer im Kinotheater die Illusion zu vermitteln, er befindet sich mitten in der Spielhandlung. Zur Erzeugung dieser Illusion sind in den letzten Jahren immer neuere Filmverfahren erdacht und zur Anwendung gebracht worden. Dabei sind die Bildwände immer grösser, vorwiegend breiter geworden und die Tonkanäle sind von zunächst 1 auf 3, 6 und sogar auf 9 gestiegen, ohne

dass damit schon mit Sicherheit ein Ende abzusehen ist. Es ergibt sich sofort die Frage, ob sich ein solcher Aufwand überhaupt lohnt. Nicht zu unrecht wird immer wieder darauf hingewiesen, dass die Hauptwirkung eines Filmes auf seiner Handlung beruht. Das ist sicher richtig, vor allen Dingen bei Spielfilmen mit dramaturgischer Handlung. Jede Filmhandlung wird jedoch dem Zuschauer über die Sinnesorgane Augen und Ohren übermittelt, wobei sich darüber streiten lässt, bis zu welcher Höhe die Güte dieser Übermittlung ge-



DEFA Die wichtigsten Parameter einer Übertragung 1

Bei der Betrachtung der damit verbundenen Probleme muss man jedoch die Tonaufnahme immer in Zusammenhang mit der folgenden Wiedergabe sehen. Aus der Tatsache, dass Filmhandlung und optischer Eindruck an erster Stelle stehen, kommt der Tonaufnahme die Aufgabe zu, das im Bild sichtbare Spiel akustisch so zu untermauern, dass dem Zuschauer auch akustisch die Illusion des Einbezogenseins vermittelt wird.

Dazu ist jedoch nicht in jedem Falle eine einfache unverzerrte Tonübertragung, wie in den Anfängen der Tontechnik vermutet wurde, nötig. Man muss grundsätzlich zwei Arten von Schallereignissen unterscheiden:

1) Solche Schallereignisse, die am Aufnahmestandort den gewünschten Charakter haben, und bei denen also die Aufgabe besteht, sie möglichst unverzerrt dem Kinobesucher zu bieten. Sie sollen als ausgewogene Schallereignisse bezeichnet werden und kommen in der Praxis der Filmtechnik selten vor. Zu ihnen gehören hochwertige Musikaufnahmen aus dem im Bild gezeigten Originalraum.

In der letzten Zeit hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass ein wesentlicher Parameter zur Übertragung des richtigen Raumeindrucks das Verhältnis R/D von reflektierter Schallenergie zur direkten Schallenergie, die beim Hören eintrifft, ist. Um den Ort der Schallquellen zu übertragen, ist eine stereofonische Übertragung erforderlich. Ich möchte mich nicht mit allen hier aufgezeigten Parametern beschäftigen, sondern nur einige mir besonders wichtig scheinende herausgreifen. Die Begriffe Echograd und Diffusität sind noch sehr umstritten und sollen deshalb auch nicht behandelt werden.

Es muss aber noch auf die unter Punkt 4) genannten hörpsychologischen Verzerrungen hingewiesen werden, die vor allem von Burkowitsch einer eingehenden Analyse unterzogen wurden. Sie treten auf,

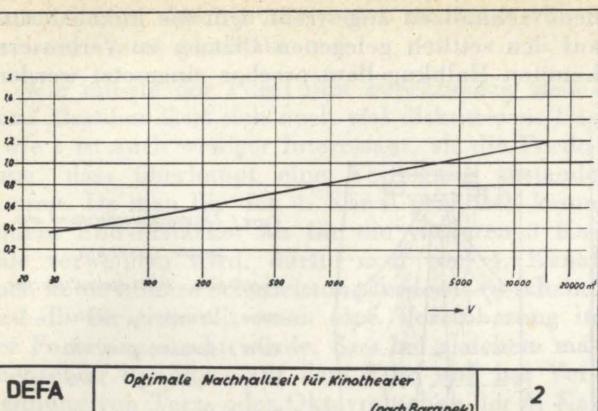
sobald von einer exakten und unverzerrten 1:1-Übertragung des Schallfeldes abweichen wird. Sie sind in der Praxis mehr oder weniger immer vorhanden, besonders wenn eine falsche Tonbehandlung vorgenommen wird. Der ganze Fragenkomplex ist darum jedoch noch lange nicht ausgereift und wird im Moment offenbar auch von den Akustikern noch zu wenig beachtet.

trieben werden muss. Genügt das zur Zeit hauptsächlich angewendete klassische Verfahren mit einem Seitenverhältnis 1:1,37 und einem Lichttonkanal zur Wiedergabe einer guten Spielhandlung, so dass die erweiterten Filmverfahren dem Dokumentarfilm bzw. speziell dafür geeigneten Spielfilmen vorbehalten bleiben? Diese Frage kann man nicht voll bejahen. Beim jetzigen Stand der Filme und ihrer Wiedergabe liegt natürlich der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Spielhandlung, in zweiter Linie rangiert das Bild, während der Ton ohne Zweifel er an dritter Stelle kommt. Trotzdem darf seine Bedeutung nicht unterschätzt werden. Der Zuschauer, der intensiv der Handlung des Filmes folgt, wird immer feststellen, dass schon nach kurzer Zeit die Ton- und Bildqualität nicht mehr bewusst beachtet wird, wenn sie nicht etwa gar zu schlecht ist. Das geht selbst dem Techniker so, der bewusst auf die Qualität achten will und den Film zum ersten Malesieht. Nach psychologischen Gesetzen verschmelzen jedoch beide Wahrnehmungen, sowohl die des Bildes als auch die des Tones, mit der Handlung zu einem Ganzheitseindruck. Man nimmt bei schlechter Übertragungsqualität unbewusst eine Beeinträchtigung des Genusses wahr, ohne immer sofort sagen zu können, was die Ursache dafür ist. So wird eine Verbesserung der Übertragung der Schallereignisse ohne Zweifel bei jeder Art eines Filmes zu einer Erhöhung des Ganzheitseindrückes führen.

A) Einkanalige Aufnahme.

Wir wollen zunächst nur die einkanalige Übertragung betrachten. Leider ist hier trotz des schon sehr hohen Standes der Technik die Übertragung der akustischen Darbietungen immer noch mangelhaft. Immer wieder erleben wir es, dass sich der Tonmeister die Haare rauft, wenn er seinen Film in irgendeinem Theater sieht, wo z.B. viel zu wenig hohe Frequenzen wiedergegeben werden. Der Grund solch grosser linearer Verzerrungen ist die Unterschiedlichkeit der Frequenzgänge in den verschiedenen Theatern sowie der Unterschied zwischen den Theatern und Abhörvorrichtungen beim Filmproduzenten. Dabei spielt die raumakustische Ausgestaltung des Filmtheaters in den meisten Fällen eine untergeordnete Rolle. Die Hauptursachen sind bei den verwendeten Lautsprechern zu suchen. Über die optimale Nachhallzeit von Theatern sind schon genügend Versuche durchgeführt worden.

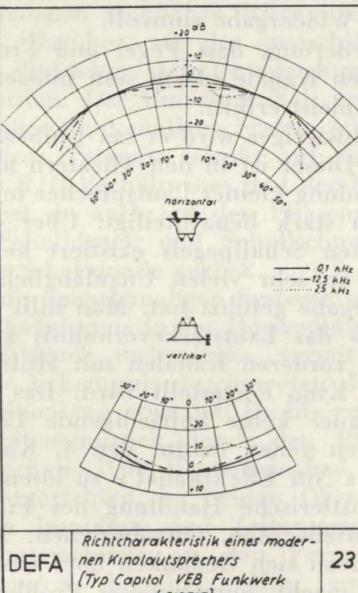
Aus dem gleichen Grunde sollte auch ein gerin-



DEFA Optimale Nachhallzeit für Kinotheater (nach Beranek) 2

Bild Nr. 2 - Bild 2 zeigt die optimale Nachhallzeit für Kinotheater nach Beranek. Es handelt sich dabei um langjährige Erfahrungswerte, und grössere Abweichungen davon sind nicht zu empfehlen. Bei zu hoher Nachhallzeit sinkt die Verständlichkeit der Sprache, die vom Publikum erzeugten Grundgeräusche werden lauter und verringern Störabstand und Dynamik. Bei zu niedriger Nachhallzeit dagegen wird das Gefühl des Kollektiverlebnisses der Zuschauer zu stark beeinträchtigt, es kommt nicht mehr zum gegenseitigen Aufschauen der Freude am Erlebnis, die Wirkung der Filmhandlung verlässt. Außerdem wird das Verhältnis von reflektiertem zu direktem Schall bei vielen Szenen, vor allem bei der Wiedergabe grosser Räume, zu ungünstig, was zu starken hörpsychologischen Verzerrungen führt.

ger Anstieg der Nachhallzeit bei tiefen Frequenzen angestrebt werden. Der für Sprache günstigste Verlauf ergibt ab 250 Hz einen Anstieg der Nachhallzeit um den Faktor 1,5 bei 64 Hz. Die dadurch im reflektierten Schallfeld hervorgerufene Änderung im Frequenzgang beträgt weniger als 2 dB und ist zu vernachlässigen. Leider haben viele Theater einen viel stärkeren Anstieg, der außerdem bei noch höheren Frequenzen beginnt und die Wiedergabe stark beeinträchtigt.



DEFA Richtcharakteristik eines modernen Kinolautsprechers (Typ Capitol VEB Funkwerk Leipzig) 23

Bild Nr. 3 - In Bild 3 wird die Richtcharakteristik eines Lautsprechers gezeigt, die dieser Forderung schon sehr nahe kommt. Der Lautsprecher erzeugt in einem Winkel von ±40° nach beiden Seiten für alle Frequenzen bis zu 12,5 kHz einen Schalldruck, der max. 10 dB vom Mittelwert abweicht. Damit ist auch die Gewähr gegeben, dass auf allen Plätzen und für alle Frequenzen das gleiche Verhältnis R/D von reflektiertem zu direktem Schall vorhanden ist. Diese Forderung wäre praktisch noch leichter zu erfüllen, wenn man Kugelstrahler nullter Ordnung verwenden würde. Dies ist jedoch nicht ratsam, weil dann der reflektierte Schall zu sehr hervorgehoben wird. Man muss ja dabei berücksichtigen, dass die im Bild zu sehenden Schallquellen alle mehr oder weniger gerichtet strahlen und versuchen, das von ihnen erzeugte R/D-Verhältnis nachzuahmen.

Der schon erwähnte sehr unterschiedliche Frequenzgang vieler Kinoteatres wird in erster Linie von den Lautsprechern verursacht. Dadurch, dass die meisten Lautsprecher noch eine stark frequenzabhängige Richtcharakteristik besitzen, ist der Frequenzgang schon auf verschiedenen Plätzen eines Theaters sehr unterschiedlich. Die vordersten Besucher eines Theaters befinden sich bei stark gerichteten Lautsprechern, besonders bei hohen Frequenzen, oft noch im Bereich, in dem der direkte Schall überwiegt. Für sie ist der Frequenzgang des Schalldruckes massgebend, der auf der Hauptachse oder in deren Nähe im reflexionsfreien Raum gemessen wird. Die meisten Zuschauer befinden sich jedoch in dem Bereich, wo der reflektierte Schall überwiegt. Für sie ist deshalb der Frequenzgang der abgestrahlten Schall-Leistung massgebend. Es ist deshalb in jedem Falle anzustreben, dass diese beiden Frequenzgänge gleich sind. Das bedeutet jedoch, dass die Richtcharakteristik der Lautsprecher für alle übertragenen Frequenzen möglichst gleich sein muss.

Wenn die hier besprochenen Forderungen vom Lautsprecher erfüllt sind, bleibt nur noch der reine Frequenzgang übrig. Dieser ist nicht so kritisch, da er im Zusammenhang mit dem Endverstärker betrachtet werden muss. Beide, nämlich Lautsprecher und Endverstärker, sind als eine Einheit zu betrachten, die hinsichtlich Frequenzgang, abstrahlbarer Leistung und Aufwand zu einem Optimum gemacht werden muss. Leider wird auch dagegen in vielen Fällen verstossen, wie die Erfahrung zeigt. Vom Deutschen Fachnormenausschuss Kinotechnik sind deshalb schon seit einigen Jahren Anstrengungen unternommen worden, um einheitliche Frequenzgänge in Kinos oder wenigstens in den Abhörräumen der Filmhersteller zu erreichen.

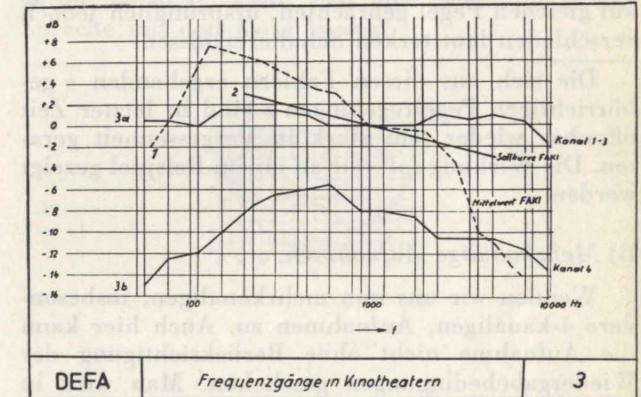


Bild Nr. 4 - Bild 4 zeigt mit Kurve 1 den Mittelwert des Frequenzgangs einer ganzen Reihe von Filmtheatres nach Angaben von Orlich. Diese Ergebnisse wurden mit gewobbelten Tönen und einem Lichtton-Frequenzfilm auf verschiedenen Plätzen im Theater erhalten. Von 125 Hz zu 7 kHz tritt dabei nach hohen Frequenzen zu einem Pegelverlust von über 20 dB ein. Da es sich um Mittelwerte handelt, ist dieser Pegelverlust bei guten Theatern zwar geringer, aber in vielen Theatern auch noch höher. Kurve 3 zeigt den mit Terzrauschen gemessenen Frequenzgang eines Theaters für 4-Kanal-Magnettonwiedergabe, welches mit Lautsprechern der im vorigen Bild gezeigten Richtcharakteristik bestückt ist. Die Kurve zeigt, dass ein gerader Frequenzgang durchaus möglich ist. Die Frage, ob ein solcher angestrebt werden soll, ist jedoch noch sehr umstritten. Es dürfte wohl auch selbst bei grossen Anstrengungen kaum gelingen, die vielen vorhandenen Theater in wenigen Jahren derart zu verbessern. Deshalb schlägt Orlich als guten Kompromiss den unter Nr. 2 gezeigten Frequenzgang zur Normung für die Abhörvorrichtungen der Filmhersteller vor.

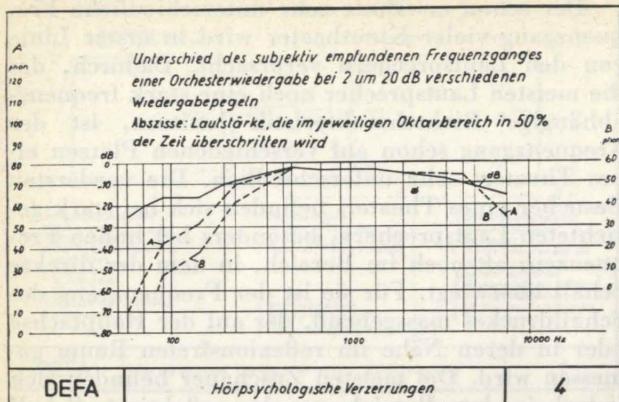


Bild Nr. 5 - In Bild 5 stellt die ausgezogene Kurve die Amplitudestatistik einer Orchesteraufnahme dar. Auf der Ordinate ist der Pegel in dB aufgetragen, der länger als 50 % der Gesamtzeit vorhanden ist. Die Registrierung erfolgte in Oktavbereichen. Kurve A zeigt die dazugehörige Lautstärke als Funktion der Frequenz bei einer Wiedergabefrequenz von im Mittel 83 phon. Wird der Pegel dieser Darbietung bei der Mischung frequenzunabhängig um 20 dB gesenkt, so entsteht die Kurve B mit der dazugehörigen Ordinate B auf der rechten Seite. Man sieht hier, dass dabei tiefe Frequenzen um 150 Hz gegenüber mittleren und hohen Frequenzen um 13 phon leiser zu hören sind. Frequenzen unterhalb 85 Hz fallen schon unter die Hörschwelle. Noch viel merklicher werden diese Verzerrungen, wenn der Pegel bei der Mischung noch mehr reduziert wird.

Da der ganze Fragenkomplex auch für den internationalen Filmaustausch äußerst wichtig ist, wäre es gut, wenn die Filmtechniker diesen Problemen in Zukunft ihr besonderes Augenmerk widmen würden.

Es erscheint zweckmäßig, nochmals kurz auf die wichtigsten hörpsychologischen Verzerrungen einzugehen. Es gibt dafür nach Burkowitz drei Hauptursachen:

- 1) Frequenzunabhängige Mischung unausgeglichenener Schallvorgänge
- 2) Frequenzunabhängige Dynamikregelung
- 3) Zeitliche Folge von frequenzunabhängig auf gleichen Pegel gebrachten, ursprünglich jedoch verschieden lautstarken Schallereignissen.

Die sich aus diesen Fehlern ergebenden « gehörrechten Pegelregelungen » sind in letzter Zeit offenbar wieder sehr stark in Vergessenheit geraten. Die Wirkung soll nur an einem Beispiel gezeigt werden.

B) Mehrkanalige Aufnahmen.

Wenden wir uns nun mehrkanaligen, insbesondere 4-kanaligen, Aufnahmen zu. Auch hier kann die Aufnahme nicht ohne Berücksichtigung der Wiedergabebedingungen geschehen. Man wird in jedem Theater, welches für 4-Kanal-Wiedergabe eingerichtet ist, auch 1-Kanal-Filme spielen, jedoch nicht umgekehrt. Da man außerdem die gleichen Lautsprecher und Endverstärker verwendet, sind Nachhallzeit, Richtcharakteristik der Lautsprecher und Frequenzgang den gleichen Bedingungen unterworfen, wie bei 1-kanaliger Wiedergabe, obwohl für 4-kanalige Wiedergabe eine Änderung dieser Übertragungsglieder zweckmäßig scheint. Es soll deshalb auch kurz darauf eingegangen werden. So wird für 4-Kanal-Wiedergabe zur Verbesserung der Verständlichkeit die Verkürzung

der Nachhallzeit angestrebt. Um die Lokalisierung auf den seitlich gelegenen Plätzen zu verbessern, könnten Halbkugellautsprecher eingesetzt werden.

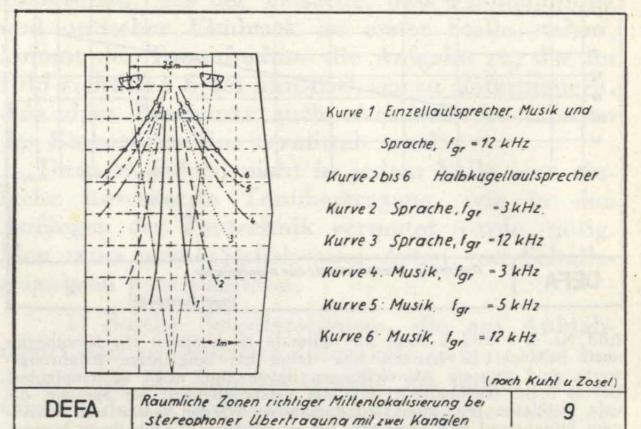


Bild Nr. 6 - Bild 6 zeigt experimentelle Ergebnisse von Kuhl und Zosel zur richtigen Mittlenlokalisierung bei 2 Kanälen. Die kleinste Zone, in der eine richtige Mittlenlokalisierung beobachtet wird, entsteht bei der Verwendung von üblichen Konuslautsprechern mit einer oberen Grenzfrequenz von 12 kHz. Bei Verwendung von Halbkugellautsprechern entsteht eine viel grössere Zone richtiger Mittlenlokalisierung. Dafür werden die einzelnen Urteile der Versuchspersonen unsicherer. Interessant ist, dass dieser Effekt durch Beschneidung der hohen Frequenzen wieder verringert werden kann. Eine Erklärung dafür könnte von den Verfassern nicht gegeben werden. Es scheint jedoch möglich, dass durch die Erhöhung des R/D-Verhältnisses bei der Verwendung von Halbkugellautsprechern eine gewisse Verwirrung der Lokalisierung eintritt. Die schlechten Ergebnisse bei der Verwendung von Konusinzellalautsprechern könnten zum Teil auf deren ausgeprägte Richtcharakteristik zurückzuführen sein.

Die anfangs schon besprochene Lautsprecherform mit frequenzunabhängiger Richtcharakteristik, wobei vorwiegend in den horizontalen Winkel von $\pm 40^\circ$ gestrahlt wird, scheint deshalb auch für 4-kanalige Wiedergabe sinnvoll.

Die Forderung, dass Pegel und Frequenzgang der vorderen Kanäle gleich sein müssen, wird in der Praxis meist erfüllt.

Weit schwieriger wird es bei Einbeziehung des 4. Kanals. Dieser ist in den Theatern meist durch die Verwendung kleiner Lautsprecher in den tiefen Frequenzen stark benachteiligt. Über die Grösse des erzeugten Schallpegels existiert keine Norm, was schon zu sehr vielen Unzulänglichkeiten bei der Wiedergabe geführt hat. Man hilft sich z. Zt. damit, dass das Lautstärkeverhältnis zwischen 4. und den 3 vorderen Kanälen mit Hilfe des Saalreglers im Kino eingestellt wird. Das ist jedoch für die Dauer keine befriedigende Lösung. Die Bestrebungen gehen dahin, den 4. Kanal immer mehr vom « Nur Effektkanal » zu lösen und mehr in die künstlerische Handlung des Filmes, auch für Musikwiedergabe, einzubeziehen. Dies erfordert, dass man sich Gedanken über eine sinnvolle Festlegung macht, zumal dieses Problem für den internationalen Filmaustausch von grösster Bedeutung ist.

Betrachten wir dazu noch einmal das Messergebnis eines für 4-kanalige Wiedergabe eingerichteten Kinos in Bild 4. Man stellt fest, abgesehen vom schlechten Frequenzgang dass der 4-Kanal im Mittel 8 dB weniger Pegel liefert, als einer der 3 vorderen Kanäle. Dabei wurde diese Messung mit

Terzrauschen durchgeführt, und es wurde über mehrere Plätze gemittelt.

Wie müsste der Pegel nun zweckmäßig aussehen? Darüber lässt sich noch viel diskutieren. Das « wie » ist auch weniger interessant, als die Forderung, dass überhaupt eine Festlegung zustande kommt. Da man für den 4. Kanal praktisch kaum andere Endverstärker als für die vorderen 3 Kanäle verwenden wird, dürfte man vom 4. Kanal auch keine höhere Schalleistung fordern. Es scheint deshalb für sinnvoll, wenn eine Vereinbarung in der Form angestrebt würde, dass bei gleichem magnetischen Bandfluss auf dem Film und bei Verwendung von Terz- oder Oktavrauschen der 4. Kanal an jedem Zuschauerplatz den gleichen Schallpegel erzeugt wie jeder der 3 vorderen Kanäle. Natürlich müssten genügende Toleranzen festgelegt werden. Ohne eine solche Festlegung wird es aber schwer werden, den 4. Kanal noch mehr als bisher in die künstlerische Handlung des Filmes einzubeziehen.

Wenden wir uns nun der Aufnahme zu. Die mehrkanalige Tonaufnahme und Tonwiedergabe dient der Befriedigung eines wesentlichen Teiles derjenigen Empfindung, die Flechter als Hörperspektive bezeichnet hat. Es sind dies:

1. Die Vermittlung der räumlichen Ausdehnung der Schallquelle, sofern eine grössere räumliche Ausdehnung vorhanden ist und

2. die Lokalisierbarkeit der Schallquellen.

Tonsysteme, welche diese Empfindungen vermitteln, nennt man stereofonische.

Bei der Lokalisierung der Schallquelle müssen die verschiedenen möglichen Richtungen betrachtet werden. Darüber, wie das menschliche Gehör lokalisiert, sind schon viele Untersuchungen durchgeführt worden. Der Eindruck Nah und Fern ist auch mit einem einkanaligen System schon zu vermitteln. Diese Tatsache beruht auf einer Veränderung des R/D-Verhältnisses und der Klangfarbe. Békésy fuhr sie auch auf den Phasenunterschied zwischen Schalldruck und Schallschnelle in der Nähe einer Schallquelle zurück.

Durch die mehrkanaligen Systeme wird vor allem die Lokalisierung in der Horizontalen, also der richtige Eindruck rechts-links, vermittelt. Dabei hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass bei reinen Sinustönen von etwa 300 Hz bis zu etwa 1000 Hz der Seiteneindruck durch den Phasenunterschied, oberhalb 1000 Hz vorwiegend durch den Intensitätsunterschied, an beiden Ohren entsteht. Bei kurzen Impulsen sind Zeitunterschiede und Intensitätsunterschiede an der Vermittlung des Seiteneindrückes beteiligt. Man unterscheidet grundsätzlich kopfbezogene und raumbezogene Stereofonie. Die erstere erfordert die Verwendung von Kopfhörern und hat sich nicht durchsetzen können. Es soll deshalb nicht näher darauf eingegangen werden. Bei der jetzt im Film angewandten raumbezogenen Stereofonie unterscheidet man bei der Aufnahme und Tonbehandlung Laufzeitstereofonie, also Aufnahmen mit n Mikrofonen, oder Intensitätsstereofonie, Aufnahmen mit einem Mi-

krofon und Verteilung mit verschiedenen Intensitäten auf die einzelnen Kanäle.

Beide Verfahren sind üblich, wobei die Intensitätsstereofonie nur bei einzelnen Schallquellen brauchbar ist. Eine wichtige Frage ist nun, wo man am zweckmäßigsten welches aufnahmeverfahren anwendet. Zur Beantwortung dieser Frage muss etwas näher auf die bisher vorhandenen Erkenntnisse eingegangen werden. Die ersten genaueren wissenschaftlichen Erkenntnisse stammen von de Boer und von Warnke.

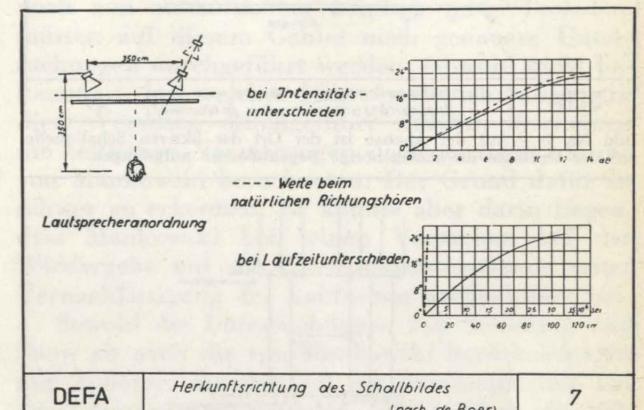


Bild Nr. 7 - Bild 7 zeigt Versuchsanordnung und Ergebnisse eines die Herkunftsrichtung als Funktion des Laufzeitunterschiedes, hier ist auf der Abszisse die Schallpegeldifferenz der beiden Lautsprecher aufgetragen, die Ordinate zeigt den Winkel der Herkunftsrichtung. Der Zeitunterschied war dabei gleich Null. Das untere Diagramm zeigt die Herkunftsrichtung als Funktion des Laufzeitunterschiedes, hier ist der Intensitätsunterschied gleich Null. Man sieht daraus, dass es sehr gut möglich ist, allein mit Intensitätsunterschieden das Schallbild von einem Lautsprecher zum anderen zu verschieben.

Warnke hat versucht, für den Ort der fiktiven Schallquelle zwischen beiden Lautsprechern eine Formel zu finden. Er greift dabei auf Versuche von SIVIAN und WHITE zurück, die den Pegelunterschied gemessen haben, der zwischen beiden Ohren entsteht, wenn sich eine Schallquelle mit Sprache um den Kopf bewegt.

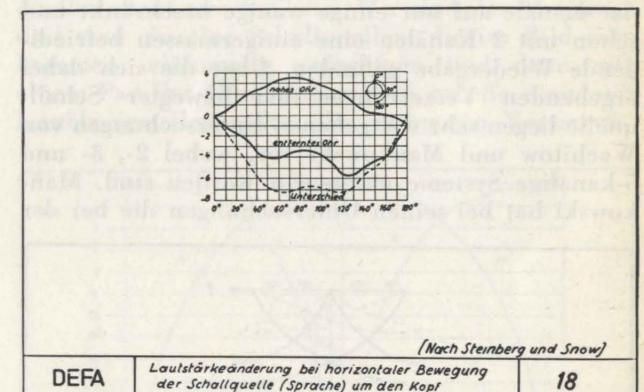
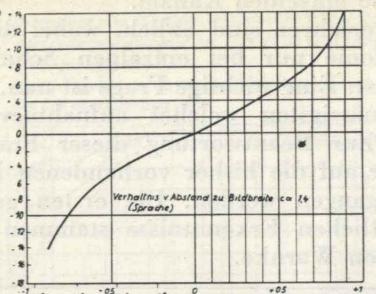


Bild Nr. 8 - Das Ergebnis dieses Versuches ist in Bild 8 dargestellt. Die obere Kurve zeigt den Pegel des dem Lautsprecher zugewandten Ohres, die untere Kurve den Pegel des entfernten Ohres. Die gestrichelte Kurve gibt die Pegeldifferenz an.

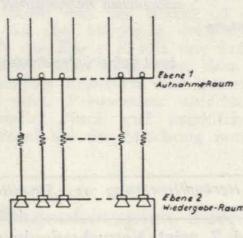
Den damit errechneten Verlauf der fiktiven Schallquelle zeigt Bild 9.

Liesse sich ein solches System praktisch verwirklichen, so würde es bei einer genügend hohen Anzahl von Kanälen eine sehr gute Lokalisation in der Vertikalen für alle Plätze des Wiedergabe-



DEFA Summenlokalisierung auf Grund von Intensitätsunterschieden (nach Wärneke) 21

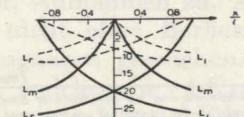
Bild Nr. 9 - Auf der Abszisse ist der Ort der fiktiven Schallquelle, auf der Ordinate die dazugehörige Pegeldifferenz aufgetragen.



DEFA Raumbezügliche Übertragung mit n Kanälen (nach Wärneke) 20

Bild Nr. 10 - Bild 10 zeigt das Prinzip einer raumbezüglichen stereofonischen Übertragung mit n -Kanälen nach Wärneke. Danach befinden sich im Aufnahmeraum n Mikrofone mit scharfer Richtcharakteristik, so dass jedes Mikrofon nur einen schmalen Streifen vor sich erfasst. Jedes Mikrofon ist über einen gesonderten Kanal mit einem Lautsprecher des Wiedergaberaumes verbunden. Wandert eine Schallquelle an der Mikrofonlinie entlang, so wird sie sozusagen von Kanal zu Kanal weiter gereicht und wandert im Wiedergaberaum von Lautsprecher zu Lautsprecher.

raumes ergeben. Leider ist der dazu notwendige Aufwand viel zu gross. Man hat deshalb die Anzahl der Kanäle auf nur einige wenige beschränkt und schon mit 2 Kanälen eine einigermaßen befriedigende Wiedergabe gefunden. Über die sich dabei ergebenden Verzerrungen bei bewegter Schallquelle liegen sehr weitgehende Untersuchungen von Wachitow und Mankowski vor, wobei 2-, 3- und 5-kanalige Systeme untersucht worden sind. Mankowski hat bei seinen Untersuchungen die bei der

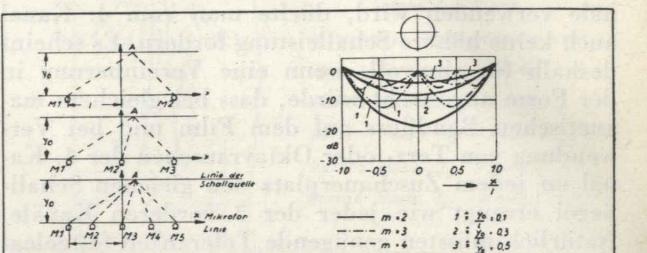


Pegel des linken (L_1) mittleren (L_m) und rechten (L_r) Kanals beim dreikanaligen System (nach Mankowski)

DEFA 11

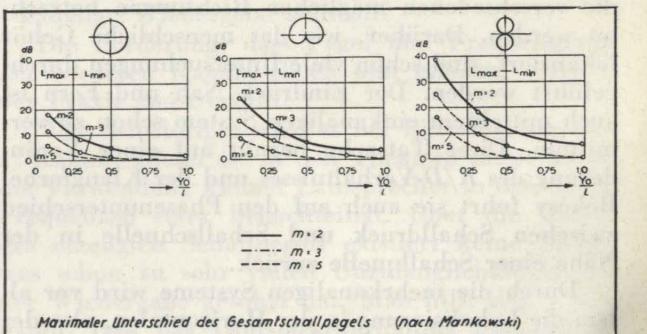
Bild Nr. 11 - In Bild 11 sind als Beispiel die Pegel der 3 Kanäle als Funktion der primären Schallquelle gezeigt.

Aufnahme an den einzelnen Kanälen entstehenden Pegel berechnet. In einem Wiedergaberaum wurden dann die einzelnen Lautsprecher mit den so berechneten Pegeln gespeist und der Ort der fiktiven Schallquelle wurde mit Hilfe von 25 Versuchspersonen experimentell ermittelt. Die zwischen den Mikrofonen auftretenden Laufzeiten wurden dabei vernachlässigt.



DEFA Gesamtschallpegel als Funktion der Lage der primären Schallquelle (nach Mankowski) 12

Bild Nr. 12 - Bild 12 zeigt die Anordnung der Mikrofone und der primären Schallquelle bei den Untersuchungen von Mankowski. Außerdem sind die errechneten Gesamtschallpegel als Funktion des Ortes der primären Schallquelle angegeben. Die Schallquelle bewegt sich im Abstand y_0 vor der Mikrofonlinie. Die beiden äussersten Mikrofone haben jeweils einen Abstand von 21. Die Anzahl der Kanäle ist mit m bezeichnet. Man erkennt deutlich, dass immer dann, wenn sich die Schallquelle zwischen 2 Mikrofonen befindet, ein merklicher Rückgang des Gesamtschallpegels zu verzeichnen ist. Diese Pegelverminderung ist umso grösser, je geringer der Abstand Schallquelle/Mikrofonlinie ist und je weniger Kanäle das System besitzt. Dieser Pegelrückgang führt bei Aufnahmen im Freien zu einer Lautstärkeverminderung. Im geschlossenen Raum, wenn sich die Schallquelle schon ausserhalb des Grenzradius befindet, tritt eine Ahnnahme des direkten Schallpegels ein, die Aufnahme wird halliger. Beide Erscheinungen führen zu dem Eindruck, als würde sich die Schallquelle nicht auf einer geraden Linie, sondern in einem Bogen von einem Mikrofon zum anderen bewegen. Der Effekt ist sehr störend.

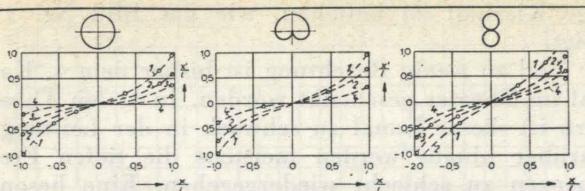


DEFA 14

Bild Nr. 13 - Bild 13 zeigt die max. auftretende Pegeldifferenz als Funktion des Abstandes der Schallquelle von der Mikrofonlinie. Das Symbol über jedem der 3 Diagramme zeigt die jeweilige Richtcharakteristik der verwendeten Mikrofone. Die Pegelverzerrung ist für ungerichtete Mikrofone am geringsten und für zweiseitig gerichtete Mikrofone am grössten.

Wir können allgemein feststellen, dass man von den beiden auftretenden Fehlern Pegelverzerrung und Ortsverzerrung jeweils einen auf Kosten des anderen vermindern kann. Je schärfere die Richtwirkung der Mikrofone ist, umso genauer wird die Lokalisierung und umso grösser werden die Pegelverzerrungen.

Man ist also zu einem sinnvollen Kompromiss gezwungen. Daran ändert sich auch nichts, wenn bei gerichteten Mikrofonen die Aufnahmerichtun-



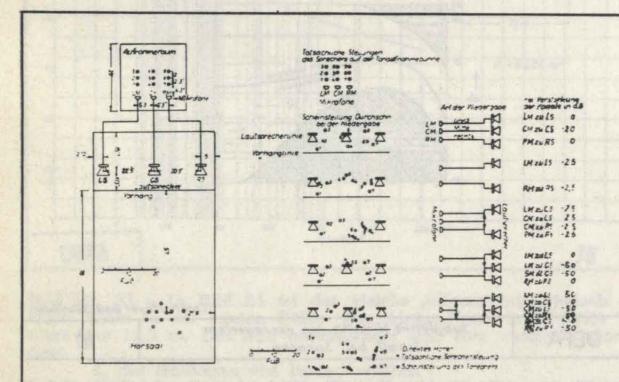
Die Abhängigkeit der Lage ξ der scheinbaren Schallquelle von der Lage ξ_1 der primären Schallquelle (nach Mankowski)
Kurve 1 — $\frac{y_0}{l} = 0.1$
2 — $\frac{y_0}{l} = 0.3$
3 — $\frac{y_0}{l} = 0.5$
4 — $\frac{y_0}{l} = 1.0$

DEFA 13

Bild Nr. 14 - Bild 14 zeigt den Zusammenhang zwischen der Lage der sekundären Schallquelle und der Lage der primären Schallquelle für 3-kanalige Systeme. Die Lokalisierung beim 3-kanaligen System ist nach den Rändern zu schlechter als bei 2 Kanälen. Diese Erscheinung lässt sich erklären, wenn man vom 2-kanaligen System ausgeht. Eine sich am Rande befindliche Schallquelle wird durch das Hinzukommen eines pegelführenden mittleren Kanals in jedem Falle ein Stück nach der Mitte verschoben. Mit Hilfe der Diagramme für gerichtete Mikrofone lässt sich erkennen, dass die beste Lokalisierung beim zweiseitig gerichteten Mikrofon eintritt.

gen verändert werden, wie Wachitow und Mankowski für 2-kanalige Systeme gezeigt haben. Die zulässige Pegelverzerrung liegt bei weniger als 3 dB. Für 3-kanalige Systeme ergibt sich dafür bei zweiseitig gerichteten Mikrofonen eine Entfernung $\frac{y_0}{l}$ von 0,5.

Die seitliche Bewegung erscheint dabei schon um 30 % verkürzt. Bei einseitig gerichteten und besonders ungerichteten Mikrofonen werden die Verzerrungen noch grösser. Eine generelle Verbesserung lässt sich nur noch durch Erhöhung der Anzahl der Kanäle erreichen.



DEFA 24

Bild Nr. 15 - Bild 15 zeigt die Ergebnisse der Teste. Im Aufnahmeraum wurden von 15 Sprechern Texte gesprochen, die von 12 Versuchspersonen im Wiedergaberaum zu orten waren. Die Lautsprecher waren durch einen schalldurchlässigen Vorhang verdeckt. 9 dieser 15 Sprecherpunkte wurden ausgewertet.

Der obere Test stellt die Ergebnisse einer reinen 3-Kanal-Übertragung dar. Hier werden die einzelnen Sprecherstellungen verhältnismässig gut wiedergegeben. Man muss dazu die Ergebnisse beim direkten Hören vergleichen, bei dem auch gewisse Fehlortungen zu stande kommen. Da in der Kinotechnik bei mehrkanaliger Übertragung immer mindestens 3 Kanäle für Lautsprecher hinter der Leinwand vorhanden sind, interessiert hier nur noch die 4. Testanordnung. Dort wurde nur mit 2 Mikrofonen aufgenommen und der Pegel des mittleren Kanals mit davon abgeleitet. Das Ergebnis ist insofern weniger befriedigend, als dass eine zu grosse Verzerrung des Gesamtpegels auftritt. Man erkennt dies daran, dass die mittleren Sprecherstellung viel zu weit hinten geortet werden. Die Punkte liegen alle auf einem Kreisbogen. Ähnliche Verhältnisse zeigen sich beim 2-kanaligen System. Dort werden jedoch die äusseren Punkte noch besser geortet als bei der 4-Versuchsanordnung.

Mit den Verzerrungen bei der Wiedergabe feststehender Schallquellen haben sich Steinberg und Snow beschäftigt. Sie haben 2- und 3-kanalige Systeme sowie Kombinationen zwischen beiden untersucht.

Aus der letzten Beobachtung kann man auch schon grosse Schlüsse auf die Einflüsse eines Übersprechens von Kanal zu Kanal ziehen. Ein Übersprechen führt offensichtlich zu einer Einengung der Basis, dürfte aber bei den jetzt schon üblichen Übersprechdämpfungen von mehr als 20 dB kaum noch von wesentlichem Einfluss sein. Trotzdem müssen auf diesem Gebiet noch genauere Untersuchungen durchgeführt werden. Obwohl nicht bekannt ist, mit welcher Mikrofonrichtcharakteristik diese Versuche durchgeführt wurden, erscheinen die seitlichen Verzerrungen doch geringer als die von Mankowski berechneten. Der Grund dafür ist schwer zu erkennen. Er könnte aber darin liegen, dass Mankowski bei seinen Versuchen bei der Wiedergabe nur die Intensitätsunterschiede unter Vernachlässigung der Laufzeiten nachgebildet hat.

Sowohl die Untersuchungen von Steinberg und Snow als auch die von Mankowski berücksichtigen nur Zuhörer, die sich auf der Symmetrielinie vor den Lautsprechern befinden. Für Zuhörer, die sich weiter ab davon befinden, sind die Verzerrungen noch wesentlich grösser. Die Berechnungen dieser Verzerrungen sind sehr kompliziert. Für 2-kanalige Systeme hat Tager versucht, dem Problem durch die Berechnung von Kurven gleicher Schallpegeldifferenz und gleicher Laufzeitdifferenz näherzukommen. Fest steht, dass das Schallbild nach der gleichen Seite verschoben wird, nach der sich auch der Beobachter von der Symmetrielinie aus bewegt.

Auf Grund der somit auftretenden Verzerrungen, sowohl Pegelverzerrungen als auch Ortsverzerrungen, scheint die Anwendung von Laufzeitstereofonie für die Wiedergabe einzelner Schallquellen nicht zweckmässig. Wir sind der Meinung, dass man einzelne Schallquellen, die im Bild vorkommen, einkanalig aufnehmen und dann mit einem Pan-Pot (Panoramaregler) auf die einzelnen Kanäle verteilen sollte. Die geringsten Verzerrungen

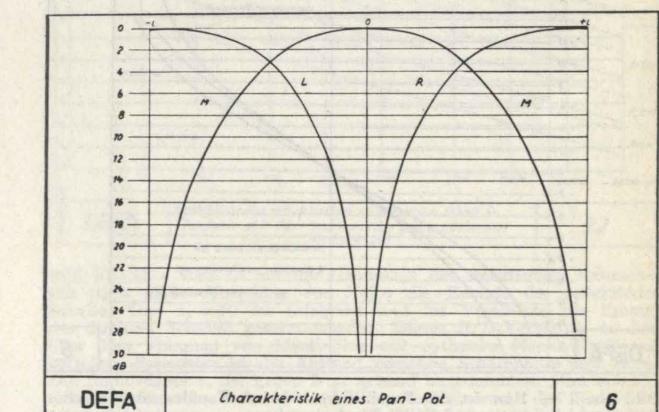


Bild Nr. 16 - Bild 16 zeigt die Charakteristik eines solchen Pan-Pot. Bei einer solchen Art der Tonaufnahme ist garantiert, dass mindestens an 3 Punkten der Leinwand die Schallquelle exakt wiedergegeben wird. Gemeint ist damit die Mitte und die beiden Randpunkte, wo jeweils nur ein Kanal Pegel führt.

gen treten dabei auf, wenn das Pan-Pot so ausgelegt wird, dass nie mehr als zwei der vorhandenen Kanäle Pegel führen.

Man muss dabei beachten, dass diese 3 Punkte für alle Plätze des Theaters richtig wiedergegeben werden. Dazwischen liegende Schallquellen können zwar bei unsymmetrisch sitzenden Zuhörern seitlich verschoben erscheinen, werden aber immer zwischen den beiden Lautsprechern geortet, welche Pegel führen.

Dagegen können bei Laufzeitstereofonie für ungünstige Sitzplätze noch grössere Verschiebungen auftreten, da dort immer alle Kanäle Pegel führen und sich nur in der Höhe des Pegels unterscheiden.

Demzufolge lässt sich durch Anwendung von reiner Intensitätsstereofonie, also einkanaliger Aufnahme, die Ortsverzerrung für den Mittelwert der Kinobesucher verringern, während sich eine Pegelverzerrung ganz vermeiden lässt. Bei Erhöhung der Anzahl der Kanäle werden die Fehler noch geringer. Selbst wenn mehrere wenige Schallquellen gleichzeitig im Bild vorhanden sind, lassen sich bei Verwendung mehrerer Pan-Pot, also für jede Schallquelle eines, sehr gute Erfolge erzielen.

Im DEFA Studio für Spielfilme in Babelsberg werden bei der Mischung bis zu 3 Pan-Pot verwendet, von denen 2 mit Lichtzeigern gekuppelt sind, welche einen Lichtstrahl auf diejenige Stelle der Leinwand werfen, an der die Schallquelle geortet wird. Die Verwendung nur eines Mikrofones bei der Tonaufnahme ist auch wesentlich einfacher, unproblematischer und billiger als eine mehrkanalige Aufnahme.

Lediglich für die Aufnahme eines grösseren Klangkörpers, z.B. bei Musikaufnahmen, empfiehlt sich die mehrkanalige Aufnahme, also die Anwendung der Laufzeitstereofonie.

Die richtige Auslegung des Pan-Pot erfordert allerdings noch einige Untersuchungen. Wie schon gesagt, sollte so verfahren werden, dass immer nur max. 2 Kanäle Pegel führen. Dann lässt sich auch das Problem immer auf ein 2-kanaliges zurückführen. Aber auch dabei scheint noch keine endgültige Lösung gefunden zu sein.

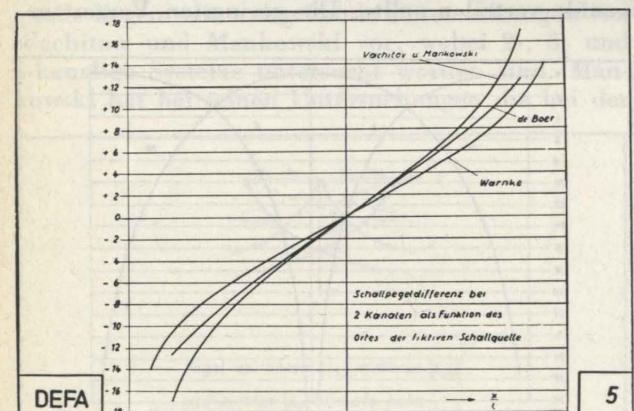
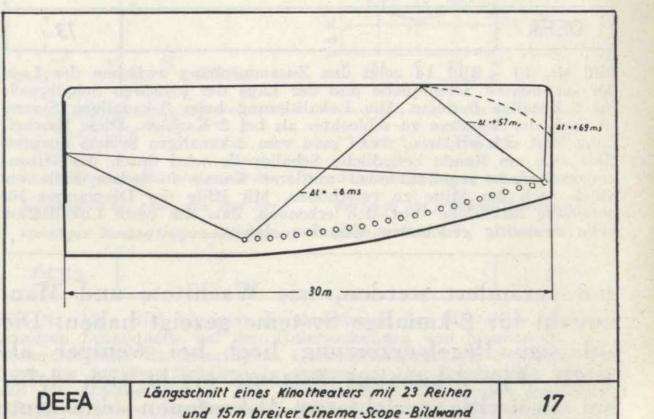


Bild Nr. 17 - Hier ist die Pegeldifferenz bei 2 Kanälen als Funktion des Ortes des fiktiven Schallquelle angegeben. Die einzelnen Kurven entsprechen verschiedenen Autoren. Die unterste Kurve ist von Warnke aus den Messungen über die Ohrrichtcharakteristik von SIVIAN und WHITE berechnet worden. Die mittlere Kurve wurde von de Boer experimentell ermittelt; die obere Kurve wurde durch Tests an 30 Versuchspersonen von Vachitow und Manowsky gefunden.

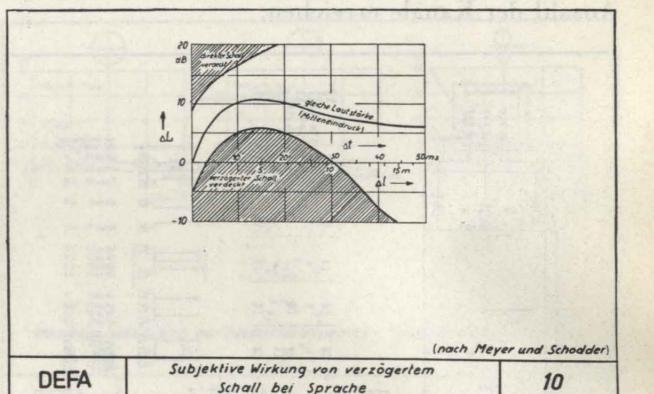
tige Klarheit zu bestehen, wie das Bild Nr. 17 zeigt.

Viel zu wenig Beachtung ist bisher dem 4. Kanal im Theater geschenkt worden. In vielen Theatern ist dieser Kanal zu schwach in der Leistung, darüber hinaus werden meistens die tiefen Frequenzen zu schlecht wiedergegeben. Eine besonders Beachtung verdient das Übersprechen vom Kanal 3 auf den Kanal 4, besonders wenn mit immer geöffnetem 4. Kanal gearbeitet wird. Dazu wollen wir uns kurz die Verhältnisse in einem Kinotheater ansehen.



DEFA | Längsschnitt eines Kinotheaters mit 23 Reihen und 15m breiter Cinema-Scope-Bildwand | 17

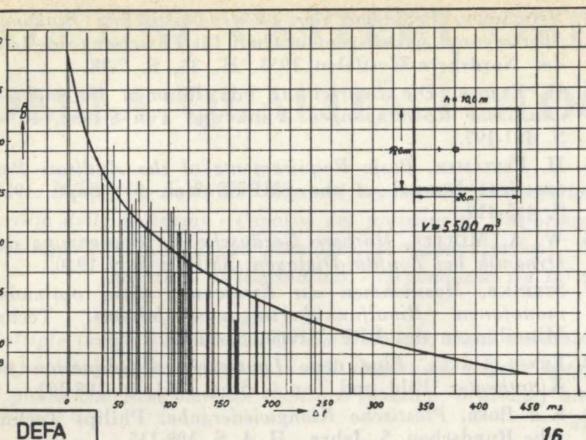
Bild Nr. 18 - Ein in den hinteren Reihen sitzender Zuschauer ist von den 3 Hauptlautsprechern viel weiter entfernt, als von den Lautsprechern des 4. Kanals. In Bild 18 ist der Längsschnitt eines Kinotheaters mit 23 Reihen und einer 15 m breiten CinemaScope-Leinwand aufgezeichnet. Ein Besucher der letzten Reihe empfängt den Schall des 4. Kanals etwa 60 ms zu früh, während der Schall in den vorderen Reihen etwa richtig eintrifft. Bei ungenügender Übersprechdämpfung führt dies dazu, dass nach Haas die hinteren Zuschauer den Schall nicht von vorn, sondern aus dem Effektkanal kommend orten.



DEFA | Subjektive Wirkung von verzögertem Schall bei Sprache | 10

Bild Nr. 19 - Bild 19 zeigt dazu die Wirkung von verzögertem Schall bei Sprache. Als Ordinate ist die Pegeldifferenz zwischen verzögertem Schall und direktem Schall aufgetragen. In dem hier betrachteten Fall ist dies der Übersprechdämpfung gleichzusetzen. Auf der Abszisse ist die Zeitverzögerung aufgetragen. Denkt man sich dieses Diagramm nach oben noch ein Stück fortgesetzt, so lässt sich abschätzen, dass zur Vermeidung solcher Effekte bei 60 ms Laufzeitdifferenz eine Übersprechdämpfung von mehr als 30 dB gefordert werden muss.

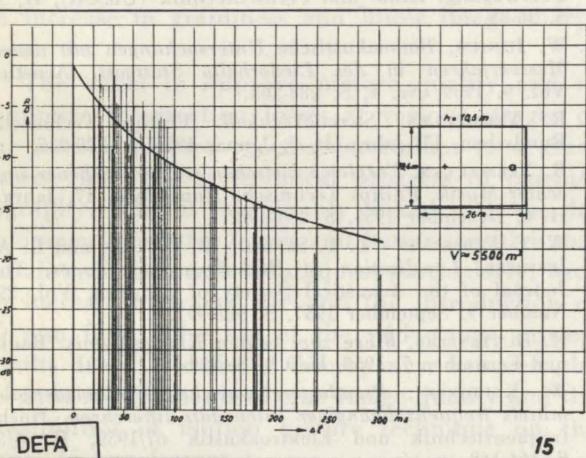
Im letzten Teil soll nochmals auf den Begriff der Hörperspektive eingegangen werden. Ausser Hörwinkel und stereofonem Effekt gehört noch eine 3. Empfindung dazu: Die akustische Atmosphäre, der Eindruck, mitten im Raum des akustischen Geschehens zu sitzen. Man hat erkannt, dass sich dieser Eindruck durch Verwendung stereofoner Systeme noch nicht in genügendem Masse erzielen lässt. Die Erzielung eines richtigen Raum-



DEFA | 16

Bild Nr. 20 - Bild 20 zeigt den Verlauf der Reflexionen bis einschließlich der 4. Reflexion in einem Raum von 5.500 m³ Volumen, 26 m Länge und 19,6 m Breite. Auf der Ordinate ist das Verhältnis R/D, reflektierte Schallenergie zu direkter Schallenergie, in dB aufgetragen. Der 1. Strich bei 0 dB ist der von vorn kommende Direktschall. Auf der Abszisse ist die Zeit aufgetragen, nach der die reflektierten Impulse nach dem Direktschall am Hörer eintreffen. Das Kreuz in dem eingezeichneten Grundriss stellt die Schallquelle dar, das Mikrofonssymbol den Hörer. Der Abstand beträgt 4 m. Die Berechnung wurde für einen auf allen Wänden gleichen winkelunabhängigen Schallabsorptionsgrad $\alpha = 0,8$ durchgeführt. Alle einfachen Reflexionen liegen dabei auf der eingezeichneten Hülle, mehrfache Reflexionen entsprechend darunter.

Als Impulsdauer ist 1 ms angenommen worden. Bei Reflexionen, die zur gleichen Zeit eintreffen, wurden die Energien addiert. Aus dem Bild erkennt man folgendes: Kurz nach dem Direktschall kommt zunächst die Reflexion vom Fußboden. Dann geschieht etwa 35 ms nichts, wonach sich in dichter Reihenfolge die weiteren Reflexionen anschliessen.



DEFA | 15

Bild Nr. 21 - In Bild 21 ist das gleiche aufgezeichnet, jedoch für einen Hörer in der letzten Reihe. Der Abstand zur Schallquelle beträgt hier 12,5 m. Das Bild unterscheidet sich vom vorigen dadurch, dass

1. die Hülle viel flacher verläuft
2. die Laufzeit bis zum Eintreffen der weiteren Reflexionen geringer ist.

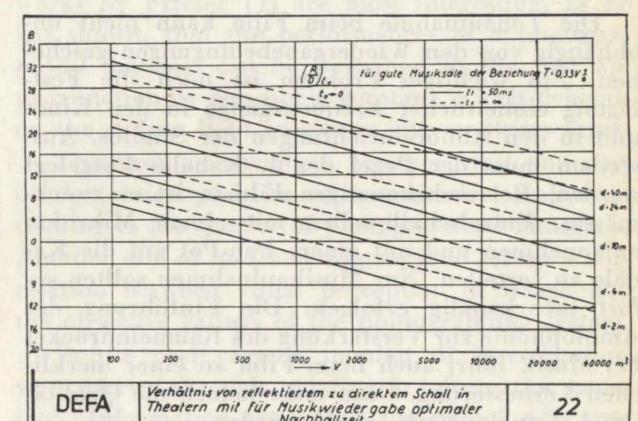
Es lässt sich nachweisen, dass der Verlauf der Hülle nur vom Abstand zwischen Schallquelle und Hörer abhängt, während sich die Raumgrösse auf den Abstand der einzelnen Reflexionen und die Raumform auf deren Verteilung auswirkt.

meindruckes ist aber gerade bei Musikwiedergabe wichtig und wird als Ambiphonie bezeichnet. Der massgeblichste Parameter zur Erzielung dieses Eindruckes ist nach den neuesten Erkenntnissen das Verhältnis R/D, der reflektierten, von allen Seiten einfallenden Schallenergie zur direkten, von der Schallquelle herkommenden Schallenergie. Es sind deshalb eine ganze Menge Verfahren zur Erzeugung eines Raumeindruckes mit Hilfe von zusätzlich im Wiedergaberaum verteilten Lautsprechern vorge-

schlagen worden. Vor kurzem hat sich nun Keibs zum Zwecke besserer Rundfunkübertragungen wissenschaftlich mit diesem Problem befasst. Die dabei erzielten Ergebnisse sind so gut, dass wir einige Versuche unternommen haben, um diese Erkenntnisse auch für die Filmtechnik auszunutzen.

Es ist schon allgemein üblich geworden, die Hörsamkeit an verschiedenen Plätzen eines Theaters mit Hilfe von Impulsmethoden zu beurteilen und so die Schallfeldverhältnisse im Raum zu studieren. Anhand eines geometrisch einfach idealisierten Rechteckraumes lässt sich die Wirkung eines abgestrahlten kurzen Schallimpulses mit Hilfe von Spiegelquellen berechnen.

Die mehrkanaligen Tonsysteme im Film eignen sich durch das Vorhandensein des 4. Kanals sehr gut zur Nachahmung eines solchen Schallfeldaufbaues. Wir haben einen solchen Versuch durchgeführt. Bei einer üblichen 3-kanaligen Musikaufnahme wurde mit Hilfe eines weitentfernten Raum mikrofones eine zusätzliche Information für den 4. Kanal erhalten. Dabei wurde darauf geachtet, dass die drei Hauptmikrofone möglichst viel, das Raummikrofon möglichst wenig direkten Schall aufnimmt. Durch entsprechende Pegelregelung und Zeitverschiebung der Informationen zueinander lassen sich die verschiedensten Sitzplätze imitieren. Nehmen wir z.B. an, das letzte Bild sei die Information des Raummikrofones, welches im Saal ganz hinten angebracht war. Die vorderen 3 Mikrofone erhalten eine Information nach dem vorhergehenden Bilde. Mischt man beides ohne Pegelveränderung und ohne Zeitverschiebung, so entsteht der Eindruck, den ein Hörer dicht vor der Schallquelle hat. Der am Raummikrofon eintreffende Direktschall hat ja einen Laufweg von 16,5 m zurückgelegt und wird deshalb bei der Wiedergabe auch erst später abgestrahlt. Er trifft gleichzeitig



DEFA | 22

Bild Nr. 22 - Hier ist auf der Grundlage der statistischen Raumakustik nach einem Vorschlag von Keibs die Energie des reflektierten Schalles über $t_0 = 50$ ms integriert und ins Verhältnis zur Energie des direkten Schalles gesetzt worden. Dieses R/D-Verhältnis ist hier über dem Volumen von Musikräumen mit optimaler Nachhaltzeit aufgetragen. Parameter ist der Abstand zwischen Schallquelle und Hörer. Die Impulsdauer t_0 ist gegen Null gehend angenommen. Man erkennt, dass Vergrößerung von Abstand oder Verkleinerung des Raumvolumens gleichsinnig ein Ansteigen des R/D-Verhältnisses bewirken. Eine Halbierung des Abstandes ist etwa gleichbedeutend einer Vervierfachung des Raumvolumens. Man erkennt anhand dieses Bildes auch, wie wichtig das R/D-Verhältnis ist. Bei einem Raum von 5.000 m³ Volumen und bei 10 m Abstand ist der reflektierte Schall, der innerhalb der ersten 50 ms eintrifft, bereits 5 dB höher als der Direktschall.

mit den Reflexionen zusammen, die von den 3 Hauptkanälen abgestrahlt werden. Durch den Laufweg wird auch der Pegel so weit herabgesetzt, dass er genauso gross ist, wie der Pegel der von den 3 Hauptkanälen abgestrahlten Reflexionen. Im Wiedergaberaum kommt also zunächst von vorn der Direktschall, und nach etwa 35 ms von allen Seiten der Raumschall.

Will man einen Platz in der hintersten Reihe imitieren, so muss der 4. Kanal in seinem Pegel entsprechend erhöht und gegenüber den 3 Hauptkanälen zeitlich vorgezogen werden. Bei unserem Versuch waren das etwa 6 dB und 35 ms.

Man hat bei der Wiedergabe durchaus den Eindruck, dass die Darbietung voller wird und fühlt sich mehr in den Aufnahmeraum versetzt, sobald der 4. Kanal hinzugeschaltet wird. Durch andere Verschiebungen beim Mischprozess lassen sich innerhalb gewisser Grenzen auch noch grössere Räume imitieren.

Um den Zusammenhang mit der Raumgrösse zu erkennen, muss das Bild 22 betrachtet werden.

Leider genügt die Qualität der Kanäle in den Kinotheatern noch nicht für solche Aufnahmen. Einerseits ist die Qualität der Wiedergabe durch die schlechten Lautsprecher und die schmale Magnettonspur für Musikwiedergabe noch nicht ausreichend. Ein weiteres Problem bilden die schon erwähnten 60 ms, die der Schall des 4. Kanals in den letzten Reihen zu früh ankommt. Dadurch werden die hier aufgezeigten Möglichkeiten in gewissem Umfange eingeengt, und man ist gezwungen, den 4. Kanal zu verzögern. Ob es einmal gelingen wird, diesem Übel abzuhelfen, kann man noch nicht sagen. Zunächst müsste versucht werden, erst einmal die Wiedergabe auf dem 4. Kanal zu verbessern.

Zusammenfassung.

Die Tonaufnahme beim Film kann nicht unabhängig von den Wiedergabebedingungen geschehen. Ein wichtiges Problem ist noch die Festlegung einheitlicher Frequenzgänge in den Kinos und in den Abhöreinrichtungen der Studios. Außerdem muss der Pegel des 4. Kanals festgelegt werden. Bei mehrkanaligen Filmen ist es zweckmässig, Einzelschallquellen mit einem Mikrofon aufzunehmen und mit einem Pan-Pot auf die Kanäle zu verteilen. Nur Musikaufnahmen sollten sofort mehrkanalig erfolgen. Die Einführung der Ambiophonie zur Verstärkung des Raumeindrückes bei Musik führt auch beim Film zu einer merklichen Verbesserung. Dazu muss jedoch die Qualität des 4. Kanals noch erhöht werden.

Walter Wöhle

LITERATUR

1. W. EHRENSTEIN, *Probleme der ganzheitspsychologischen Wahrnehmungslehre*. 3. Auflage, Barth-Verlag, Leipzig 1954.
2. PETER BURKOWITZ, *Beitrag zu einer wissenschaftlichen Grundlage der Einkanalübertragung*. Funk und Ton, Nr. 11, 1952, S. 561-580, Nr. 1, 1953, S. 10-26.
3. VIASCHOFF, *Probleme der elektroakustischen Einkanalübertragung*. Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen 1953, H. 33, S. 7-38.
4. H. ETZOLD, *Die Beurteilung von Räumen für elektroakustische Übertragungen*. Funk und Ton 6/1952, H. 4, S. 191-197.
5. H. FLETCHER, *Basic Requirements of the Auditori Perspective*. Journal of the SMPTE Vol. 61, Sept. 1953, S. 415-419.
6. W. A. MÜLLER, *Hörbare Geräusche als Begrenzung der Dynamik bei Tonfilm-Dialogen*. SMPTE July 1940.
7. STEINKE, *Massnahmen zur Erreichung eines optimalen monofonen Rundfunkübertragungsverfahrens*. Techn. Mitteilungen des BRF 1/1960, S. 21-32.
8. ERNST UNGER, *Eine neue Lautsprecherkombination für Kinotheater*. Bild und Ton 6, Juni 1961, S. 188-191.
9. K. d. BOER, *Plastische Klangwiedergabe*. Philips Technische Rundschau, 5. Jahrg., H. 4, S. 108-115.
10. H. WARNECKE, *Die Grundlagen der raumbezüglichen stereophonischen Übertragungen im Tonfilm*. Akustische Zeitschrift 6. Jahrg., Mai 1941, S. 174-189.
11. I. C. STEINBERG - W. B. SNOW, *Physical Factors in Auditory Perspective*. SMPTE IX 1953, S. 420-430.
12. I. G. TAGER, *Das Sekundärfeld bei der zweikanaligen stereofonischen Übertragung und einige festgelegte Anordnungen der Schallquelle im Primärfeld*. Akustisches Journal UdSSR 1955, H. 3, S. 286-293.
13. J. S. WACHITOW - W. S. MANKOWSKIJ, *Die Verzerrung der Übertragung von Schallquellenbewegungen bei der stereofonischen Tonübertragung*. Akustisches Journal UdSSR 1957, H. 2, S. 115-126.
14. W. S. MANKOWSKIJ, *Die Bewegung der scheinbaren Geräuschquelle bei der mehrkanaligen stereofonischen Übertragung*. Kino- und Fernsehtechnik (UdSSR), H. 9, S. 26-35.
15. W. JUNIUS, *Raumakustische Untersuchungen mit neuen Messverfahren in der Liederhalle Stuttgart*. Acustica Vol. 9, 1959, Nr. 4, S. 288-303.
16. R. VERMEULEN, *Stereo-Nachhall*. Philips Technische Rundschau, 17. Jahrg. H. 7, Januar 1956, S. 229-237.
17. R. VERMEULEN, *Vergleich zwischen wiedergegebener und echter Musik*. Philips Technische Rundschau, 17. Jahrg., H. 6, Dezember 1955, S. 191-198.
18. W. E. FEDDERSEN - T. T. SANDEL - D. C. TEAS und L. A. JEFFRESS, *Localization of High-Frequency Tones*. The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 29, Number 9, September 1957, S. 988-991.
19. H. BUTTENBERG, *Wege zum echten Klang erlebnis*. Radio und Fernsehen 7, 1958, Heft 9, S. 289-292.
20. W. KOLTONSKI, *Pseudostereofonische Schallwiedergabe mittels frequenzabhängiger Intensitäts-differenzen*. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik 67/1959, H. 4/5, S. 164-168.
21. H. KRIET, *Das räumliche Hören*. Acustica, Vol. 3/1953, S. 73-86.
22. A. W. WATKINS, *Stereophonic Sound*. British Kinematography, Vol. 24, Nr. 3, March 1954, S. 64-71.
23. J. MORR, *Stereophonic SOUND Reproduction in the Cinema*. British Kinematography, Vol. 24, Nr. 6, June 1954, S. 161-168.
24. G. v. BÉCÉSY, *Über die Entstehung der Entfernungsempfindung beim Hören*. Akustische Zeitschrift 3 1958, S. 21-31.
25. D. KLEIS, *Experimente zur Verbesserung der Raumwirkung von Schall*. Elektronische Rundschau 9. Jahrg., 1955, Nr. 2, S. 64-68.
26. L. KEIBS, *III. Polytechnische Tagung der Technischen Hochschule Dresden v. 17.-19. November 1960*.
27. L. KEIBS, *Perspektiven für eine raumbezogene Rundfunkübertragung*. Technische Mitteilungen des BRF 1/1960, S. 2-20.
28. L. KEIBS, *Zur Frage der Schallfeldverhältnisse in Aufnahmeräumen und ihre Abbildung in der Wiedergabe raum*. Technische Mitteilungen des BRF 4/1960, S. 125-129.

ALCUNI CRITERI OBIETTIVI DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ FOTOGRAFICA DELLE IMMAGINI

G. A. ISTOMIN tratta dei seguenti argomenti: Il trasferimento multiplo dell'immagine (trasformazione, trasmissione tonale, perdita della nettezza) - l'analisi del processo di trasformazione (caratteristiche fisiche obiettive, valutazione dei particolari, dispersione diffusa, struttura granulare, percezione visiva) - le proprietà fisiche dei materiali fotochimici (funzione di contrasto, intervallo di luminosità) - rispondenza tra le caratteristiche fisiche obiettive e gli apprezzamenti visivi.

Multiple image transference (transformation, tonal transmission, loss of clarity) - An analysis of the transformation process (objective physical features, detail definition, diffuse spraying, granular structure, image perception) - The physical properties of photo-chemical material (contrast function, brilliancy interval) - Correlation between objective physical features and visual appreciation.

1. Introduction.

The motion picture process is a typical means providing for the multiple transference of image, from the moment of making the negative and intermediate printing up to screen projection. In the process of image transference each stage includes transformation of image, accompanied by variable tone rendition in the photographed object, an inferior rendition quality of fine and gross detail, an increase in graininess and lower image sharpness.

The effect to improve picture quality and to minimize information losses at various stages of the motion picture process determines to a great extent the ways of technical progress in cinematography. This is unavoidably linked with the development of better lenses and better sensitive materials and other new techniques, particularly, with an increase in frame size and the introduction of 70 mm film. The use of the wide-gauge process results from a definite discrepancy between the modern requirements of cine image quality and the possibilities of motion picture technique on the usual 35 mm format.

In this connection it is of special importance to develop better evaluation methods for the pictorial qualities of materials and of the photographing system as a whole. It is not on occasion, that at present there is ever wider interest in these problems in various countries.

It must be noted, how very complex and manifold the aim is, concerning quantitative evaluation of the photographic and, especially, of the cinematographic image quality. Investigation in these areas necessarily urges to resort to some reservations and simplifications.

The main characteristic of cinematography is, that the image perceived by the observer is built up from a sequence of shots, rapidly following each other on the screen. This is known to essentially lower the effect of grainy structure upon the

discernibility of image detail. This factor should play a lesser role than in static observation. In this study, therefore, the stress shifts to the comparison of instrumental evaluation methods for the pictorial qualities of sensitive materials, which is founded on the contrast function. The function of contrast transfer determines the decrease in image contrast with detail size. The end result is measured by the product of the contrast reproduction ratios referring to the individual units of the system, i.e.: the lens, negative and positive material, receiving and transmitting systems in television, and the like.

The development of instrumental evaluation methods for photographic materials and optical systems and the measurement of their functions of contrast transfer are subject to the investigations by Frieser, Ingelstam, Lamberts, Asheulov and many other authors (1-4, 24). Among these the works by Frieser (1) are most interesting, as he has shown, that the performances of a photographic material can be described in the first approximation by one single constant, which depends on the diffuse light scatter in the emulsion layer.

This method envelops, however, just one part of the entire problem of quantitative evaluation relating to the quality of photographic materials. Another aim of no lesser import is to set up a correlation between visual perception of image and the objective ratings of the photographing system.

In the past years a number of investigations were carried through, relating to information capacity. Information capacity is understood as a sum of informations about the subject being photographed, that are made available by the light sensitive layer. These questions were investigated by Kardas, Gorokhovsky and Vifansky, Derstuganov, Istomin and different other authors (7-10, 19-21, 23). Herein, beside purely physical features of the photographing system (lens - sensitive layer) the last element of the photographic process is participating (visual perception of image detail by the

observer, subjective estimation of contrast, detail outlines and image sharpness).

The investigations into information capacity allowed to discover some laws of prime importance.

In the first place it has been found, that detail rendition in a given brightness interval, that is, the record of detail in shadows, half-tones and highlights of the object image is determined by the curve shape of the photographic material only in the first approximation. Optimal detail rendition is obtained on the central part of the curve with optical density in the order of 0.6 to 1.0 beyond fog. The best information capacity for the most of films corresponds to moderate contrast ratios in the order of 0.5 to 0.7. As stated by various authors, the role of the positive process is to create conditions for the best negative detail rendition. The positive process cannot yield more information than the negative picture was capable of.

The results of this research point plainly at the variability of information capacity in photographic materials, which fact is important for practice. Nevertheless, this variability does not permit to tie it to the objective physical characteristics. The few data published about functions of contrast transfer and information capacity of photographic materials do not allow to bundle them into an entirety. They are obtained by different methods and under various conditions and, hence, are not comparable to each other.

To solve the problem it is necessary to apply a method of study, which would allow to confront visual perception of image and the objective instrumental evaluation of photographic material performances. Such kind of comparison would be rational to draw on sufficiently variegating materials of productions from different countries. This aim in view, 23 negative films as object were drawn from the USSR, Great Britain, the German Democratic Republic, Belgium, Italy, the USA, France, the Federate Republic of Germany and Japan.

One and the same exposure device was used, namely, the CS-2 sensitometer in combination with different test objects and various measuring methods for objective and subjective (visual) characteristics.

Beside determining conventional sensitometric characteristics (light sensitivity, contrast and fog) and the information capacity of photographic materials two objective criteria of image quality were used. Both of these are founded on purely instrumental evaluation. One is the above mentioned contrast function and Frieser's constant, that allows to describe it by one number in an approximate manner. For the other criterion, that is immediately connected with visual perception, an objective image sharpness measure was applied, as suggested by Jones and Higgins (11).

2. Methods of Study.

Any filming subject is a sum of detail symbols, varying in shape, brightness and size. The difference in detail brightness determines the main characteristics of the subject, namely, brightness interval and detail contrast relatively to background, on which detail is located. The brightness interval (13, 14) can vary in a wide range, but whatever the subject may be, small contrast detail is the most typical and the most frequently experienced. Hence, in the investigation of information capacity the film subject can be represented as a sum of varying size detail of just one typical contrast. In this case the numbering measure for the performance of a layer in respect to detail rendition is detail size or, opposite to the latter, — resolving power. As the purpose of the photographic process is confined to the record of low contrast detail in some brightness interval, it is rational to use as information capacity criterion the amount of the exposure range, within which the photographic materials provide for a pre-determined record of image detail. Such a criterion describing the volume of information is closely linked with the pictorial capabilities and the practical utilization of sensitive materials. It is obvious, that the wider the exposure range, the higher the sum of informations obtained from the photographic layer, and the higher its information capacity.

In a similar way information light sensitivity can be represented. It is defined by an amount reverse to the light quantity, at which the required information level is reached. These principal performances of great practical value can be measured through a combination of the sensitometric and the resolution metering research method (8, 10, 19).

The main point in these methods is, that along with exposing a sensitogramme on the test layer fine low-contrast detail is recorded. As test object a line target of 18 line groups was used, having a difference in optical density between the dark lines and the light background, which is 0.12. According to data available (14) this amount refers to the most typical contrast of different photographed objects. Exposure takes place in contact with the emulsion layer. The scale of illumination is established by decreasing the light flux with a grey wedge in the range of 1:30,000. To shut out the influence of the record degree all test materials were processed in the Agfa-12 developer, until the contrast ratio of 0.65 ± 0.05 was reached.

After laboratory processing of image the targets are watched in turn by two observers. Observation is binocular, while image is projected onto a reflecting screen with tenfold magnification. The optical densities on the sensitogramme, which are free of target image, are measured on a densitometer. Two comparable curves result, that present

graphically the dependence of resolving power and optical density of log of exposure.

To quantitatively characterize sensitivity and photographic latitude, which are closely connected with information capacity, it is necessary to choose some amount of resolving power. This kind of choice is sufficiently deliberate and depends upon the requirements to image, that is, upon the requirements to the information level obtained from the sensitive layer.

Following different considerations we have taken the resolving power of 15 mm^{-1} as criterion. This amount corresponds to a sufficiently high information level and to an absolutely satisfactory detail record in the shadows and the highlights of image. It should be remembered, that this study uses a low contrast object. For absolute contrast, as it happens in conventional resolution meters, this corresponds to a resolving power of about 40 mm^{-1} .

Fig. 1 shows, how in this way measurements can be made of information speed number amounts and of exposure range, within which the required information level is reached. Simultaneously, the usual sensitometric performances are defined (emulsion speed with the criterion of 0.2 beyond fog, contrast ratio etc.).

It should be taken into consideration, that the predetermined resolving power amount corresponds to a definite value of the gradient in the left part of the characteristic curve. This value, as we shall see, is closely related to the pictorial qualities of materials and their physical characteristics.

For the objective evaluation of light diffusion and light reflection in the emulsion layer methods were used, as described before (2). These methods allow to measure the contrast function and to give

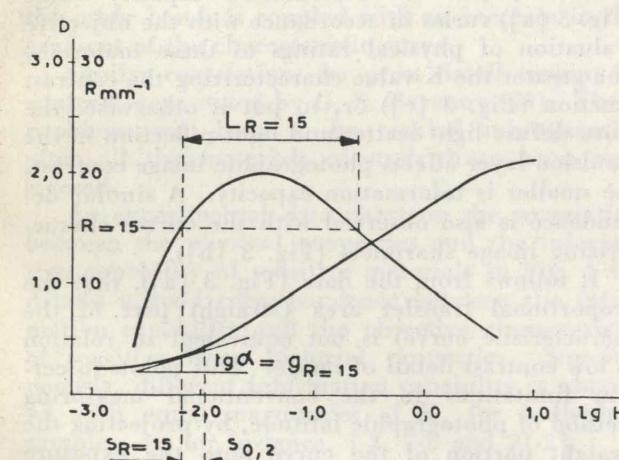


Fig. 1 - Characteristic curve of negative material and transfer curve of low-contrast image detail

$L_{R=15}$ = exposure range, governing information capacity;
 $S_{R=15}$ = information speed;
 $S_{0,2}$ = emulsion speed referred to 0.2 beyond fog criterion;
 $g_{R=15}$ = characteristic curve gradient, corresponding to the magnitude of 15 mm^{-1} resolving power.

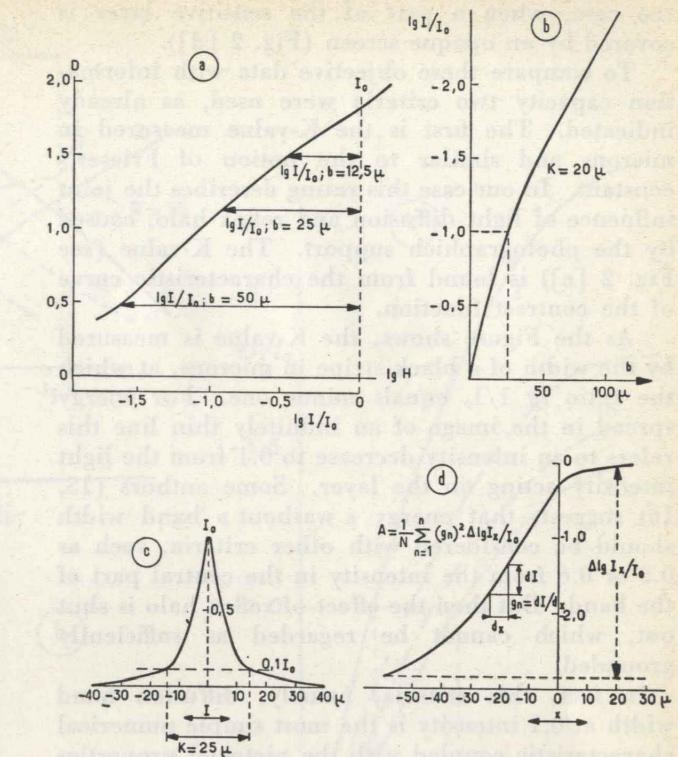


Fig. 2 - [a] Photographic photometrical determination of $\lg 1/I_0$ value variation versus black stripe width « b ». - [b] Contrast function and K -value measurement diagram. - [c] Intensity spread in the image of an infinitely thin luminous line. - [d] Edge response, from whose data the objective characteristic of image acutance is computed.

a numerical characteristic of image blur and sharpness. A high-contrast test object consists of a series of isolated black stripes 12.5, 25, 50 and 100 m. wide. Optical density variation between these stripes and the ambient background is not less 3.

After exposure and laboratory processing are accomplished test object image and sensitogramme edges are measured on a microphotometer. From the characteristic curve and the optical density value as measured on the axis of the black stripes the expression $\lg = 1/I_0$ is found by photographic photometry, as shown in Fig. 2 [a].

The physical content of this characteristic, which is of fundamental importance, rests on the following grounds.

A black stripe screens off the sensitive layer entirely from an I_0 intensity striking its surface.

An intensity « I » appearing on the stripe axis originates from light diffusion and light reflection in the emulsion layer. The $\lg 1/I_0$ ratio determines the degree, to which these factors influence photographic image contrast. Variations of $\lg 1/I_0$ versus stripe width characterizes the contrast function (1, 2, 15) is in its turn directly connected with energy distribution in the image of an infinitely thin luminous line (fig. 2 [c]) and with the edge response, that characterizes energy distribution for

the case, when a part of the sensitive layer is covered by an opaque screen (Fig. 2 [d]).

To compare these objective data with information capacity two criteria were used, as already indicated. The first is the K-value measured in microns and similar to the notion of Frieser's constant. In our case this rating describes the joint influence of light diffusion and reflex halo, caused by the photographic support. The K-value (see Fig. 2 [c]) is found from the characteristic curve of the contrast function.

As the Figure shows, the K-value is measured by the width of a black stripe in microns, at which the ratio $\lg I/I_0$ equals minus one. For energy spread in the image of an infinitely thin line this refers to an intensity decrease to 0.1 from the light intensity acting on the layer. Some authors (15, 16) suggest, that energy « washout » band width should be considered with other criteria, such as 0.5 or 0.6 from the intensity in the central part of the band. But then the effect of reflex halo is shut out, which cannot be regarded as sufficiently grounded.

In fact, this criteria, namely, diffusion band width at 0.1 intensity is the most simple numerical characteristic coupled with the pictorial properties of photographic materials. Speaking figuratively, this value corresponds to the thickness of the « pencil », by means of which the sensitive layer draws the manifold detail symbols of the film objects.

As the second criterion the objective sharpness measure A (Acutance) was accepted, according to the ideas developed in the studies by Jones and Higgins (11). This is a non-dimensional value. It is determined by the root-mean-square gradient of the curve in Fig. 2 [d] and the log exposure variation interval between its higher and its lower section.

As follows from the above considerations, both the criteria in this investigation are immediately connected with image blur and with the physical properties of photographic materials. The application of the first criterion, as will be seen later, permits to calculate in uniform terms the effect of the grain structure of blackening on the visual perception of detail. The second criterion should be expected to have a better accordance with information capacity, but this supposition is proved by the experimental materials only in the first approximation.

3. Experimental Data and Analysis of Test Materials.

Test materials include a great variety of photographic and motion picture film samples, beginning with such low speed layers as IFF Agfa, Contapan-14, Pan-F Ilford, and medium and high speed layers as, for example, Panatomic-X, Plus-X, Tri-X Kodak, Altipan Ultra Lumier, FP-3, HP-3 Ilford, the Am, C4 and B type cine negative materials (USSR) and other ones. Their sensitivity

varies in a wide range from 10 to 460 GOST-0.2 units at a contrast ratio in the order of 0.65 with small deviations from this average. The principal characteristic of information capacity is the exposure range, within which a pre-determined detail record (15 mm^{-1} resolving power) is achieved, and this varies between 2.08 and 0.54 to correspond to the exposure range from 1:120 to 1:3.5 (in arithmetical measure). The K-value defining the effect of diffuse light scatter and light reflection for the materials tested lies within the range between 19 to 52 μ , whereas their numerical characteristic of acutance varies from 24.0 to $3.9 \cdot 10^{-3}$. Thus, the assortment under test rendered a difference in information capacity and physical performances, that was sufficient for our purposes.

In consideration of the resulting data the most prominent fact is a lack of definite dependence between information capacity and sensitometric speed. Among the samples tested there are high information capacities in the order of 2.0 in materials of different speed, as for instance: IFF Agfa, Adox KB-14, Pan-F, FP-3 Ilford. Neither is there a constant correlation between sensitometric and information speed. The ratio between them changes from 0.7 to 2.7. The same sensitometric speed, as f. ex. 100 GOST-0.2 units, may correspond to different information speeds of 100, 150 and 200. The magnitude of this ratio will be shown later to be related to the joint effect of light scatter and the grain structure of photographic image.

Keeping in mind the main purpose of the investigation, we should first of all consider the experimental data on subjective and objective evaluation of pictorial properties of cine and photo materials. That there is a certain correlation between them, is clearly shown by the data in Fig. 3, including most typical cases. It must be noted above all, that the information capacity value (Fig. 3 [a]) varies in accordance with the objective evaluation of physical ratings of these materials. The greater the K-value characterizing the contrast function (Fig. 3 [c]) or, to put it otherwise, the more diffuse light scatter and light reflection in the emulsion layer affects photographic image contrast, the smaller is information capacity. A similar dependence is also observed with the curves characterizing image sharpness (Fig. 3 [b]).

It follows from the data (Fig. 3 [a]), that the proportional transfer area (straight part of the characteristic curve) is not equivalent in relation to low contrast detail of image. This points to certain limitations in the conventional measuring method of photographic latitude, by projecting the straight portion of the curve onto the exposure axis.

The Figure also testifies, that one and the same resolving power value (15 mm^{-1}) versus information capacity is achieved at different gradients on the initial part of the characteristic curve. This is clear evidence of the physical performances of a material, as diffuse light reflection in particular, to in-

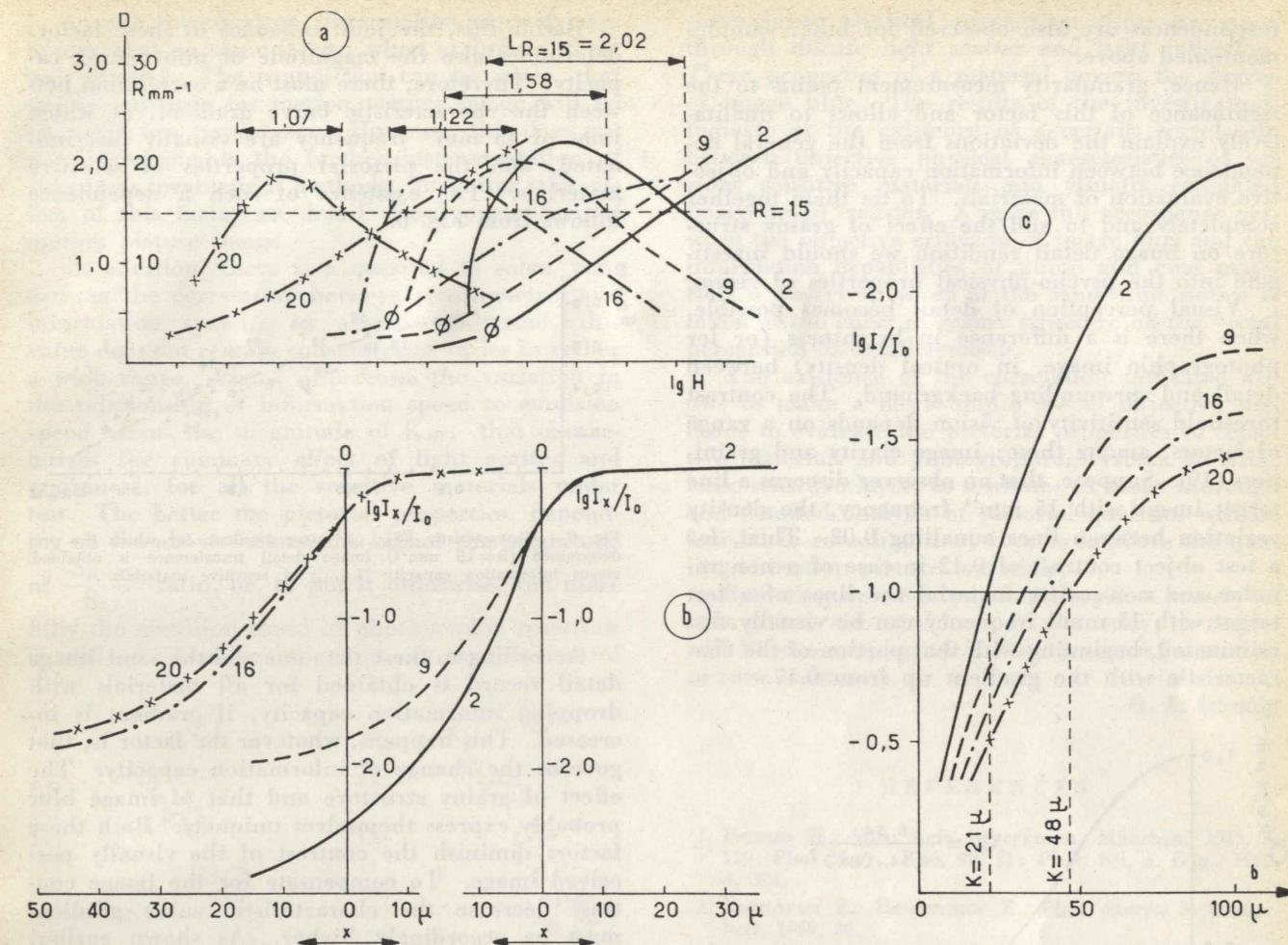


Fig. 3 - [a] Characteristic curves and information capacity $L_{R=15}$ - value of some sensitive materials. The symbol \odot at the bottom of the curves indicates the $R=15 \text{ mm}^{-1}$ point. - [b] edge responses and [c] contrast function for the same sensitive layers.

fluence visual perception. To compensate for these factors image must be more contrasty, which, on the other hand, is coupled with an increase in the gradient of the characteristic curve.

Similar correlations for gross detail varying in contrast were stated by G. S. Baranov (23). These problems will have to be tackled subsequently, after all the materials of study have been considered.

An experimental data chart on the correlation between the physical properties and the information capability of sensitive materials in Fig. 4 indicates a good correspondence between the information capability and the objective characteristic of sensitive layer pictorial properties. Simultaneously, different information capability is obtained with equal magnitudes of K, for individual samples, as, for instance, 1-2, 7-8 and 21-22.

In static image observation, as we had it in our experiments, beside image blur from light scatter and light reflection there is image grain structure, that influences visual perception.

For some samples of sensitive materials graininess was determined instrumentally by a recording microphotometer. The meanroot-square deviation of the record factor was measured. According to

data submitted by authors (17, 18, 22) such a characteristic can be applied as an objective measure for graininess. These measurements proved, that graininess uniquely alters in the first approximation versus the K-value, characterizing image blur. In some cases, however, essential deviations are observed. Thus, the materials 7 and 8 possess actually an equal K-value (31 and 32 μ), whereas granularity varies approximately by one and a half times. This explains the information capacity variation between them, which equals 1.82 for the sample 7 and 1.40 for the sample 8. Similar cor-

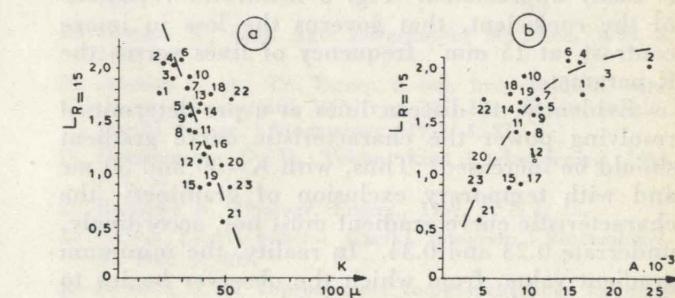


Fig. 4 - The dependence between $L_{R=15}$ information capacity of materials and the objective parameters: the K-value (a) and the acutance A (b).

respondences are also observed for other samples mentioned above.

Hence, granularity measurement points to the significance of this factor and allows to qualitatively explain the deviations from the general dependence between information capacity and objective evaluation of materials. To tie them together completely and to add the effect of grainy structure on image detail rendition we should investigate into the psycho-physical properties of vision.

Visual perception of detail becomes possible, when there is a difference in brightness (or for photographic image, in optical density) between detail and surrounding background. The contrast threshold sensitivity of vision depends on a range of factors, among these: image clarity and graininess (19). Suppose, that an observer discerns a line target image with 15 mm^{-1} frequency, the density variation between lines equalling 0.02. Then, for a test object contrast of 0.12 in case of a nongranular and non-scatter material the lines of a test target with 15 mm^{-1} frequency can be visually discriminated, beginning with that portion of the characteristic with the gradient up from 0.17.

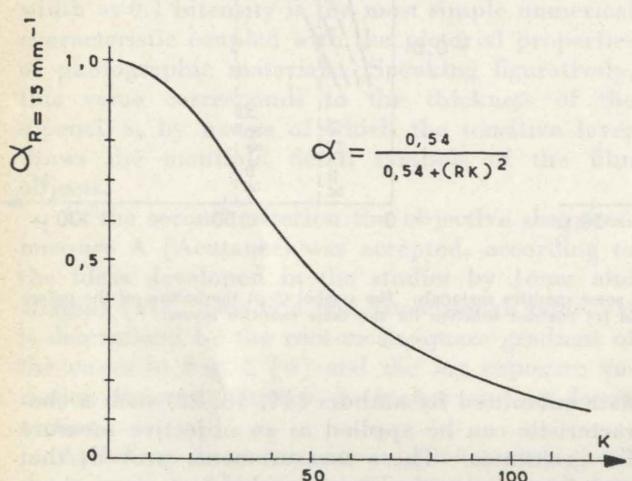


Fig. 5 - Transference ratio alteration of α -function of contrast transfer from the K -value at $R=15 \text{ mm}^{-1}$.

The actual photographic image contrast will be lower for the reason of light scatter and light reflection in the emulsion layer, whereas the characteristic curve gradient will be accordingly higher versus the K -value. The role of this factor is easily appreciated. Fig. 5 illustrates variations of the coefficient, that governs the loss in image contrast, at 15 mm^{-1} frequency of lines versus the K -parameter.

Evidently, to discern lines at a pre-determined resolving power the characteristic curve gradient should be increased. Thus, with $K=30$ and 50 mc and with temporary exclusion of graininess, the characteristic curve gradient must not, accordingly, underrate 0.23 and 0.34. In reality, the minimum gradient value, from which the observer begins to discriminate lines of 15 mm^{-1} frequency, is related to the joint effect of light scatter and the grainy structure of photographic image.

Beside this, the joint influence of these factors determines also the magnitude of information capacity. Therefore, there must be a correlation between the characteristic curve gradient, at which lines of 15 mm^{-1} frequency are visually discriminated, and the pictorial properties of sensitive materials. The existence of such a dependence follows from Fig. 6.

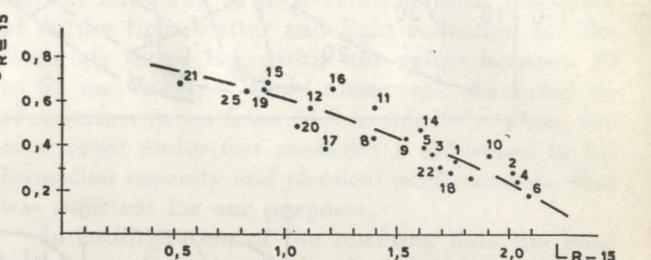


Fig. 6 - Characteristic ($S_{R=15}$) curve gradient, for which the pre-determined ($R=15 \text{ mm}^{-1}$) image detail transference is obtained, versus information capacity ($L_{R=15}$) of sensitive materials.

According to these data one and the same image detail record is obtained for all materials with dropping information capacity, if gradient is increased. This happens, whatever the factor is, that governs the change of information capacity. The effect of grainy structure and that of image blur probably express themselves uniquely. Both these factors diminish the contrast of the visually perceived image. To compensate for the image contrast decrease the characteristic curve gradient must be accordingly higher. As shown earlier, gradient increase versus the K -value can be calculated. This in combination with the data of Fig. 6 permits to find out the joint influence of grainy structure and K -value for all the sensitive test materials.

It is rational to describe this joint effect by one single value K_{eff} , supposing the role of each factor under consideration to affect the drop in image contrast uniquely and to require an according increase in gradient. If the effect, that is determined by diffuse light scatter and light reflection, is defined by the coefficient α (K) and the grainy structure effect is given by α (g), then their product defines the α_{eff} -value and the corresponding K_{eff} -rating. Accepting for a non-grainy and non-scatter emulsion layer a gradient of 0.17 and knowing the actual gradient and the K -value from experimental results, it is possible to estimate the summary effect of graininess and of diffuse light scatter and light reflection on information capacity. This mode of work obviously allows to discover the degree of influence of each factor separately.

A K_{eff} -value, that was obtained in this way, is plotted versus information capacity in Fig. 7 [a]. These data describe the joint effect of image blurring and image graininess for all the test materials.

Introducing the graininess effect does not alter the loci of the materials on the graph, but it eliminates deviations in experimental data caused by this factor.

In our investigation, information capacity was appreciated on static image, when graininess effect was greatest. The supposition can be made, that grainy structure for motion picture image will be of rather less importance. However, this does not turn unreasonable the further instrumentation of graininess evaluation methods, including the effect of this factor on detail visual perception of motion picture image.

In addition, there is a question to solve, concerning the correlation between sensitometric and information speed. As already indicated, this value does not remain constant, but varies in rather a wide range. Fig. 7 [c] shows the variation in the relationship of information speed to emulsion speed versus the magnitude of K_{eff} , that characterizes the summary effect of light scatter and graininess, for all the sensitive materials under test. The better the pictorial properties, depending on the above factors, the higher the magnitude of $\frac{S_{R=15}}{S_{0.2}}$ ratio, or, to put it otherwise, the more fully the emulsion speed of photographic materials is utilized. The first to point out the absence of

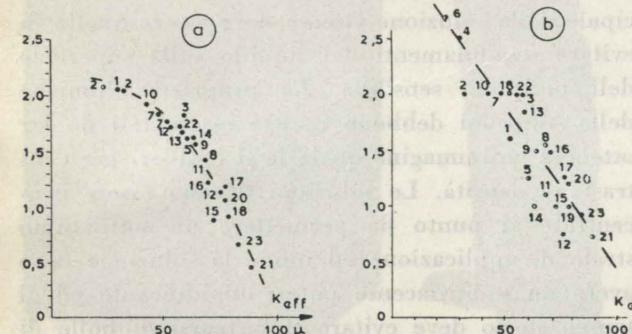


Fig. 7 - [a] Information capacity of sensitive materials versus the K_{eff} -value, that incorporates the joint effect of light scatter and light reflection in the emulsion layer and the grainy structure of detail image. - [b] The ratio of information ($S_{R=15}$) speed to emulsion speed ($S_{0.2}$) versus the K_{eff} -value.

correlation between emulsion and information speed was Kardas (7). But his data, that were obtained apart from the physical evaluation of sensitive materials, did not allow to indicate the cause of these deviations.

Conclusion.

Test results from 23 various negative film samples were compared by two methods differing in their principle. The first one rests on visual perception and is a subjective method. Eliminating the influence of the optical system, it reproduces the real conditions of photography of typical subjects and the visual evaluation on photographic image detail record by the observer. This method provides a quantitative characteristic for the information capacity of a photographic material in the respect of the object detail rendition volume.

The second method is an instrumental and objective one and is entirely independent of image visual perception. This method characterizes sen-

sitive layer physical properties, that are given through diffuse light scatter and light reflection. These properties of a material govern the degree of image blur. The results of the investigations indicate at the existence of a certain correlation between objective physical characteristics of various sensitive materials and visually estimated image detail transfer. A more full accordance between the objective criterion of image blur and the information capabilities of photo and cine materials is observed, when at the same time notice is taken of the effect of grainy structure on the visual perception of detail symbols.

The existence of the correlation indicated allows to make a more ample use of objective methods to evaluate the pictorial properties of sensitive materials and photographing system, to with, lense-sensitive layer, as a whole. A more thorough and detailed analysis of pictorial qualities will be fruitful in revealing new ways to improve the quality of motion picture materials.

Summing up we hope, that despite a variety of reservations admitted by us in our study, its results will be encouraging to further progress in motion picture technique.

G. A. Istomin

REFERENCES

- FRIESER H., Mitt. Agfa Leverkusen, München, 1955, I, 129; Phot. Morr., 1956, 92, 51; Phot. Sci. a. Eng., 1960, 4, 324.
- INGELSTAM E., HENDENBERG Z., Phot. Morr., 3. Sonderheft, 1959, 26.
- LENDEBERG L., Arkiv für fysik, 1960, 16, N 9, 38, 417.
- LAMBERTS R., JOSA, 1959, 49, 425.
- LINDBERG F., Optica Acta, 1954, 1, 80.
- BYER J., JOSA, 1958, 48, 938.
- KARDAS R., Photogr. Engng., 1954, 5, 91.
- ISTOMIN G. A., Uspekhi nauchn. fotogr., 1955, 4, 17.
- VIFANSKY YU. K. and GOROKHOVSKY YU. N., Zhurn. nauchn. i prikl. fotografii i kinematografii, 1959, 4, 276.
- ISTOMIN G. A., DAN USSR, 1952, 82, 897.
- JONES L. and HIGGINS G., JOSA, 1948, 38, 398; JSMPT, 1952, 58, 227; PSA Journ., B, 1953, 55.
- ISTOMIN G. A., Tekhn. kino i televizionnyi, 1961, N 2, 1.
- JONES L. and CONDIT H., JOSA, 1941, 31, 651.
- CARMAN P. and BROWN H., JOSA, 1959, 49, 629.
- JONES C., JOSA, 1958, 48, 934.
- WOLFE R. and TUCCI S., Phot. Sci. a. Engng., 1960, 4, 330.
- JONES L., HIGGINS G. and STULTZ K., JOSA, 1955, 45, 107.
- FRIESER H., Mitt. Agfa Leverkusen, München, 1958, 2, 249.
- ISTOMIN G. A., Tr. Tsentr. n.-issl. inst. geodezii, aero-syomki i kartografii, 1955, vyp. 107, 139; Zhurn. nauchn. i prikl. fotogr. i kinematogr., 1958, 3, 271.
- DERSTUGANOV G. V., Tekhn. kino i televizionnyi, 1960, N 4, 53.
- BARROWS R., Photogr. Engng., 1957, 1, N 1, 15.
- ROMER, Zhurn. nauchn. i prikl. fotografii i kinematografii, 1960, 5, 463.
- BARANOV G. S., Voprosy teorii fotograficheskogo vosproizvedeniya, Goskinotekhizdat, 1949.
- ASHEULOV A. T., Zhurn. nauchnoi i prikl. fotograf. i kinematografii, 1960, 5, 148.

IL PROCEDIMENTO EASTMAN VISCOMAT

GIOVANNI TOMASSONI tratta dei seguenti argomenti: 1) Necessità di poter disporre di una macchina da sviluppo rapidissima. 2) Caratteristiche principali e descrizione della macchina. 3) Caratteristiche del rivelatore e del fissatore viscoso. 4) Prove comparative effettuate tra films sviluppati nelle normali macchine e films sviluppati nell'Eastman Viscomat Process.

Il procedimento di cui darò succinta comunicazione è stato solamente accennato, a titolo informativo, dalla rivista S.M.P.T.E.

Prima di entrare nel vivo della conferenza, vorrei schematicamente riassumere alcuni passaggi del tutto evidenti.

Se partiamo da un soggetto qualunque, ripreso da una telecamera e riprodotto in negativo su video, la cui immagine venga ripresa da una macchina cinematografica opportunamente sincronizzata, ed il film sviluppato in una macchina continua, per poi essere proiettato, questo nuovo procedimento dimostra come dalla ripresa del soggetto alla sua riproduzione su schermo possano intercorrere solamente 60". È del tutto evidente che dal soggetto alla ripresa cinematografica non vi sono misteri, trattandosi di passaggi che richiedono tempi incomprensibili, del resto brevissimi; né dal film sviluppato alla riproduzione su schermo del soggetto; quindi la novità è limitata alla svilupatrice.

I mezzi convenzionali di sviluppo non hanno permesso finora l'uso della pellicola cinematografica in quei casi in cui si richiedeva una grande rapidità tra la ripresa e la sua riproduzione su schermo; i diversi parametri dello sviluppo sono compresi in tolleranze talmente rigorose, che se superate per eccesso o per difetto, portano a risultati scarsi o del tutto negativi; d'altra parte l'uso della registrazione delle immagini su pellicola magnetica ha dato buoni risultati, per cui è stato ad un certo punto necessario orientare i tecnici verso l'uso della pellicola cinematografica, fornendoli di un sistema rapidissimo di sviluppo che alla rapidità di trattamento unisce anche una qualità indiscutibile. Questo nuovo procedimento, denominato Eastman Viscomat Process, è quello che sottoporrò brevemente alla vostra attenzione.

La macchina svilupatrice è larga 150 cm. circa, profonda 46 cm.; la velocità di sviluppo è di 36 piedi al min., quindi, trattandosi di 16 mm., velocità di proiezione; finora questa macchina è espressamente studiata per sviluppare l'« Eastman Television Recording Film » 7374 e l'« Eastman Fine Grain Positive Film » 7302, il tempo di sviluppo va da 2,7 a 7". Un fotogramma del film può essere trattato « dry to dry » in soli 60".

La macchina è del tutto autosufficiente, in quan-

to richiede solamente un'alimentazione in corrente alternata a 110V.-14 ampères e una presa di acqua calda a circa 51° centigradi.

Il processo Viscomat prende nome dalla consistenza viscosa dei suoi componenti; il rivelatore e lo sviluppatore hanno un aspetto fisico del tutto simile a quello degli olii densi da lubrificazione. Le caratteristiche principali dello sviluppatore sono quelle di consentire una qualità fotografica del tutto uguale a quella ottenibile dai normali standards e di non richiedere la preparazione dei bagni in quanto i bagni stessi sono già confezionati in contenitori cubici; il ciclo di 1 min. non richiede alcuna cura o preparazione. La caratteristica principale della soluzione viscosa deve essere quella di evitare sconfinamenti del liquido sulla superficie dell'emulsione sensibile. Le proprietà chimiche delle soluzioni debbono inoltre essere tali da far ottenere un'immagine quale la si desideri per contrasto e densità. Le soluzioni devono essere concentrate al punto da permettere un sottilissimo strato di applicazione ed infine la soluzione deve avere un soddisfacente potere umidificante ed al tempo stesso deve evitare il formarsi di bolle di aria in seno alla soluzione stessa.

La macchina si compone di due parti: la parte superiore dove avvengono le operazioni di sviluppo, si compone a sua volta di 3 parti: un armadio di preparazione, un armadio centrale dove avviene il vero e proprio sviluppo e infine una terza parte dove avviene l'essiccamiento della pellicola.

Questa viene caricata in uno chassis posto superiormente alla macchina dopo di che passa nell'armadio di preparazione dove è collocata una giuntatrice per consentire gli attacchi della pellicola, e attraverso un tubo, passa nella parte di sviluppo. Nella parte in basso sono sistemati gli estrusori di applicazione per mezzo dei quali il liquido vischioso viene posto sulla pellicola. In alto a sinistra un ascensore regola il tempo di sviluppo. Bisogna permettere che lo sviluppo avviene in un'atmosfera preparata; nella camera di sviluppo è spruzzata sotto pressione acqua a 51° C., in modo da saturare l'ambiente con atmosfera adatta allo sviluppo stesso, la pellicola infatti deve essere preparata per ricevere le soluzioni di sviluppo e di fissaggio.

Intanto nella camera di sviluppo avviene la pri-

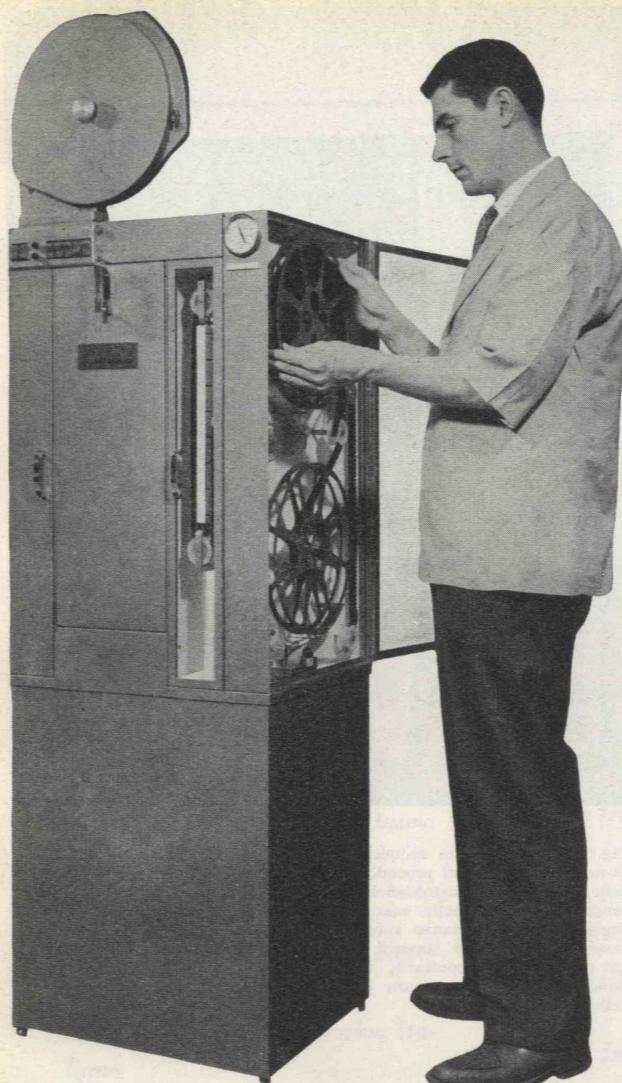


Fig. 1 - La macchina per sviluppo e stampa Eastman Viscomat Processor ha le dimensioni di un classificatore a quattro cassetti. Il tempo occorrente per lo sviluppo completo di una pellicola cinematografica da 16 mm, da secco a secco, è di circa un minuto primo. A parte la velocità, il procedimento consente una produzione di ottima qualità commerciale.

ma applicazione, per mezzo degli estrusori, di un sottilissimo strato di sviluppo di 2/100 di centimetro di spessore; la pellicola prosegue il suo cammino fino alla ruota superiore indi discende; al punto finale di discesa un getto di acqua consente l'asportazione del rivelatore che ormai ha finito il suo compito e la preparazione della pellicola per la successiva applicazione del fissatore viscoso. Vicino e parallelo all'estrusore dello sviluppo è l'estrusore per l'applicazione del fissaggio. I tempi di fissaggio sono compresi tra i 12 ed i 17". La pellicola col fissatore viscoso applicato compie due giri e passa di nuovo attraverso un lavaggio a pressione, dopo di che la pellicola si può definire pronta per l'operazione di lavaggio finale che avviene nella seconda parte dell'armadio centrale; la 2^a parte è divisa

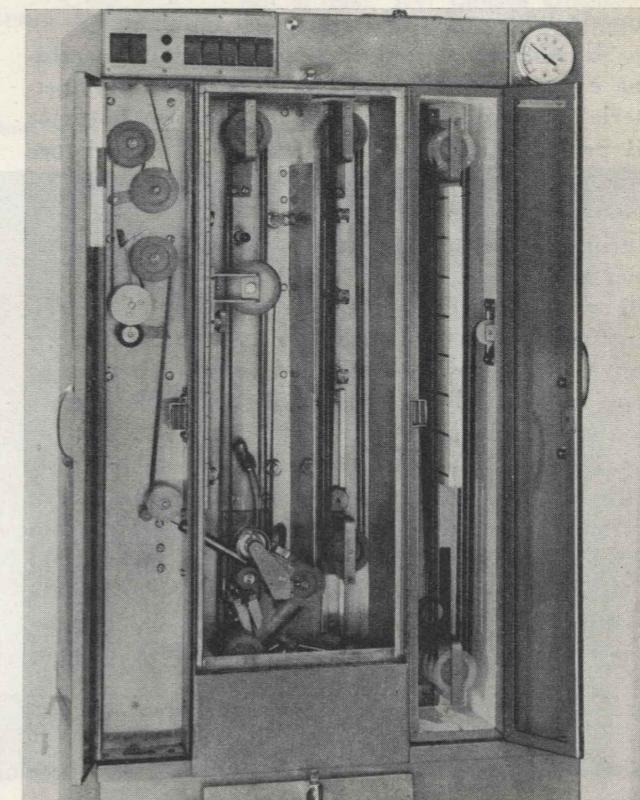
dalla 1^a parte da una parete di acciaio inossidabile per evitare che gli schizzi di sviluppo vadano sulla pellicola in fase di lavaggio finale. Tre getti d'acqua consentono il lavaggio finale della pellicola. Il primo estrusore dello sviluppo passa attraverso un circuito riscaldatore perché il liquido deve essere preriscaldato alla temperatura di 51° C. per acquisire la consistenza e la viscosità necessarie per adequare perfettamente alla pellicola. Il 2^o estrusore, parallelo al primo, è quello del fissaggio che non richiede operazioni di preriscaldamento.

Un soffiatore consente tra le due operazioni di sviluppo e fissaggio di ridurre la pellicola ad uno stato semiseco ed un aspiratore del tutto analogo entra in funzione dopo l'operazione di fissaggio.

Nella 3^a parte dello sviluppatore, cioè nell'armadio di essiccamiento, è sistemato un apparecchio a cellule che emette una corrente d'aria alla velocità di 600 m. al min. e alla temperatura di 43° C. Il tempo di essiccamiento è di 20".

Prima dell'avvolgimento sulle bobine raccoglitrici, la pellicola viene laccata dalla parte della emulsione per proteggerla da eventuali rigature. Il sistema di applicazione del laccaggio è semplicissimo: il liquido è ricevuto e contenuto in una valigetta nella quale ruota ad una velocità di 14

Fig. 2 - La fotografia mostra in sezione il funzionamento della macchina Eastman Viscomat Processor per sviluppo e stampa. La pellicola entra in macchina nella camera a sinistra. La camera di lavaggio e fissaggio è al centro. L'essiccamiento avviene nella camera a destra.



giri/min., un tamburo in acciaio rivestito da un velluto in nylon. Applicata la protezione laccante, il rullo viene avvolto finalmente nei rulli di ricezione. A titolo informativo, si può precisare che il consumo del rivelatore vischioso è di 1 cm³ al piede ed il consumo di acqua è di circa 1 gallone al min.

Nella parte inferiore della macchina sono sistemati i contenitori cubici con il rivelatore ed il fissatore viscoso; questi contenitori da un gallone hanno una rivestitura interna in poliestene flessibile. Una sonda punzone viene immessa in ciascuno dei contenitori rispettivamente per lo sviluppo e per il fissaggio. Man mano che il liquido scende di livello, i contenitori si comprimono per la pressione esterna e alimentano il flusso del rivelatore e del fissaggio. Quando un contenitore sta per esaurirsi, un campanello di allarme avverte l'operatore che provvede a togliere il punzone sonda dai contenitori esauriti per applicarlo a nuovi contenitori.

La macchina è completamente chiusa; da ciò deriva la certezza di pulizia e l'impossibilità che della polvere possa raggiungere la superficie sensibile del film. I recipienti che contengono i prodotti chimici, ermeticamente chiusi, garantiscono assoluta impossibilità di contaminazione e di ossidazione. Altro vantaggio della macchina, è quello di fornire alla superficie della emulsione soluzione sempre fresca e comunque non ossidata, perchè il sottile strato applicato sulla emulsione una volta che ha esaurito il suo compito, viene scartato dal lavaggio ed attraverso lo scarico, eliminato dalla macchina. Quindi tutti i controlli dei bagni che normalmente si fanno nella comune pratica, con questo nuovo procedimento, sono eliminati.

Un'altra importante caratteristica della macchina è costituita dal fatto che l'operatore per metterla in funzione deve solo premere un bottone; il primo infatti mette in funzione il riscaldatore e dopo 10' la saturazione della camera di sviluppo con vapore acqueo è completata. Il 2° bottone mette in moto la macchina; gli altri comandi servono per la pulizia automatica, una volta finito il ciclo di sviluppo; premendo il relativo bottone, entrano in funzione gli spruzzatori d'acqua che lavano gli estrusori e tutte le pareti della macchina, in modo che la stessa sia pronta ed efficiente alla ripresa delle operazioni.

Un cenno sulle caratteristiche di questa macchina: sono state fatte delle prove comparative di sviluppo di positivo di granafina trattato nelle più moderne macchine convenzionali e altro trattato con il procedimento Viscomat; il positivo è stato sviluppato nelle comune macchine a 3',8 e nella macchina Viscomat a 5",8; i risultati sono stati

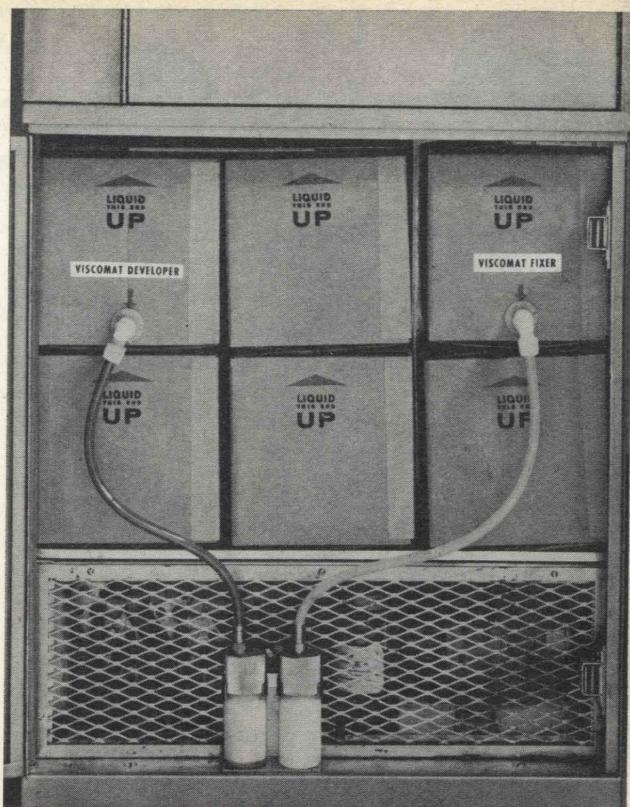


Fig. 3 - Le sostanze chimiche viscose, che rappresentano la novità di maggior rilievo nel procedimento Eastman Viscomat per lo sviluppo delle pellicole cinematografiche nel tempo di un solo minuto primo, vengono immesse nella macchina mediante il dispositivo qui illustrato. Le varie sostanze vengono estratte mediante sonde a perforazione, inserite negli appositi contenitori « Cubitainer ». Si tratta di un procedimento continuo, e le sostanze chimiche possono essere rinnovate o cambiate senza che si debba arrestare il funzionamento della macchina.

giudicati del tutto uguali; anzi si può dire che nello sviluppo effettuato con il Viscomat, si è notata una maggiore definizione, specialmente verso il piede della curva caratteristica, una grana perfettamente uguale a quella consentita dalle altre macchine convenzionali ed infine una lievissima maggiore rapidità dell'emulsione.

Dopo il lavaggio finale, la concentrazione residua di iposolfito è stata giudicata del tutto adatta per lunghissima conservazione, quindi anche dopo lunghissimo tempo c'è la sicurezza che i residui di iposolfito sull'emulsione non siano tali da poter danneggiare l'emulsione stessa.

Questa macchina è stata ideata per il momento solo per lo sviluppo del « Telerecording » e per pellicola granafina positiva. Sono attualmente allo studio una macchina del tutto simile per lo sviluppo dell'invertibile e del negativo sempre bianco e nero.

Giovanni Tomassoni