

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 58 (1967)

**Heft:** 21

**Artikel:** L'industrie suisse à tournant

**Autor:** Stadler, R.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916290>

#### Nutzungsbedingungen

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

#### Conditions d'utilisation

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

#### Terms of use

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

**Download PDF:** 09.01.2026

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

# BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)  
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

## L'industrie suisse à un tournant

Conférence, donnée à l'Assemblée générale de l'ASE le 27 août 1967 à Lausanne,

par *R. Stadler*, Cossigny-Gare

338.45(494)

Lorsque, en 1947, vous m'avez accueilli au sein de votre Association en qualité de membre d'honneur, j'étais loin d'imaginer qu'un jour viendrait — vingt ans plus tard — où je serais appelé à vous entretenir de problèmes tels que je les aborderai aujourd'hui.

Notre industrie se libérait alors des entraves de l'économie de guerre, mais elle avait l'immense privilège de se trouver avec un équipement de production intact au milieu de pays dévastés par 6 années de conflits. Nos entreprises, après une période d'isolement et de restrictions, reprenaient contact avec l'extérieur, renouaient les liens commerciaux de naguère et connaissaient bientôt une si forte demande que durant de nombreuses années leur préoccupation majeure fut d'accroître leur potentiel de production en constant retard sur les besoins de la consommation. Rares étaient alors les industriels qui se posaient des questions aussi essentielles que celles concernant la structure de notre économie ou l'orientation de son développement. Les circonstances du moment, il est vrai, n'y incitaient guère et on ne peut les blâmer de s'être alors souciés avant tout de faire profiter leur entreprise de l'essor général.

Cette période de croissance continue fut à l'origine d'une surexpansion que l'on appela la «surchauffe».

Depuis lors, une stabilisation relative est apparue et l'on constate qu'un certain nombre de questions restées plus ou moins dans l'ombre jusqu'alors se posent aujourd'hui de manière plus intense. Il est frappant de voir depuis quelque temps combien d'articles, de rapports, de conférences et d'exposés tenus devant les assemblées générales sont consacrés à des sujets tels que l'organisation de nos industries, la dimension de nos entreprises, la concentration. Il semble que dans presque toutes les branches on éprouve soudain la nécessité de repenser certaines données de base et derrière ces propos on perçoit parfois une certaine inquiétude, comme si l'on hésitait sur la direction à prendre.

Parallèlement, les opérations de fusions, d'accords de collaboration, de rachats de sociétés deviennent de plus en plus fréquentes. Lorsque vous discutez avec des dirigeants d'industries, très souvent la conversation s'oriente vers ces problèmes. On sent chez la plupart un besoin de faire le point, parfois même de remettre en cause la politique suivie jusqu'à présent, et cela dans les domaines les plus divers.

Tous ces éléments montrent à mon avis que nous sommes au début d'une phase de transition, de réadaptation,

voire de la création de nouvelles structures, comme il s'en produit périodiquement dans l'économie.

Je ne suis pas le premier à le constater et déjà bien d'autres, mieux qualifiés que moi, ont analysé de façon approfondie les causes de ce phénomène. Mon propos est plus modeste. La documentation économique publiée actuellement prend des proportions gigantesques et ceux qui s'intéressent de près à cette matière ont déjà de la peine à en assimiler seulement l'essentiel. A plus forte raison, beaucoup d'entre vous, qui appartenez à la branche technique et qui — par là même — avez d'autres préoccupations, n'ont peut-être pas la possibilité de suivre de près l'évolution dans ce domaine. C'est pourquoi j'ai pensé qu'un tour d'horizon sur ces problèmes actuels vous intéressera. L'ampleur du sujet et le temps limité à ma disposition m'obligent à rester dans les généralités, mais j'essaierai tout de même d'éclairer certains aspects de ces questions sous l'angle de mes expériences personnelles.

Si l'on cherche à remonter vers l'origine des principaux problèmes que pose notre époque, on aboutit presque toujours au phénomène à la fois exaltant et inquiétant de l'accélération du progrès scientifique et technique. Vous avez certainement eu connaissance de ces études qui démontrent de façon saisissante que l'évolution dans tous les secteurs subit un rythme de plus en plus rapide, que les découvertes et les performances techniques se succèdent à des intervalles de plus en plus courts. En votre qualité d'ingénieur ces faits vous sont d'ailleurs plus familiers qu'à moi.

D'un autre côté, on est bien obligé de constater que l'esprit humain et les sciences morales ont toujours plus de peine à suivre cette cadence. Pensez que les hommes de mon âge ont assisté au cours de leur existence à plus de progrès que l'ensemble des générations qui les ont précédés. La technique a pris une avance fulgurante, mais nos structures politiques, juridiques et surtout économiques, qui sont le reflet de notre façon de penser, de nos habitudes de vie, ne peuvent pas toujours évoluer aussi rapidement. Il est d'ailleurs heureux qu'il en soit ainsi, car sans une certaine stabilité sur ce plan, notre société courrait le risque de se désagrégner rapidement. L'ingénieur, le savant, qui parfois désespère de voir que les conditions économiques ne sont pas encore réunies pour permettre la réalisation de découvertes parfaitement au point sur le plan technique, doit être conscient du fait que ce décalage n'est pas forcément un mal et

qu'un tel frein donne parfois à l'homme le temps de s'adapter et d'être ainsi mieux préparé pour intégrer dans sa vie les avantages que lui procure le progrès technique.

Le décalage entre l'évolution technique et celle de nos structures économiques me paraît donc presque inévitable, mais il peut arriver qu'il devienne trop important et qu'alors l'économie, après quelques hésitations, s'adapte par à-coup aux conditions nouvelles créées par le progrès technique. Ce phénomène se produit périodiquement dans chaque pays industriel et n'est pas inquiétant en soi. Il révèle tout simplement que — pour une raison ou une autre — les structures économiques sont restées un peu trop longtemps figées. Il est en effet rare qu'une organisation humaine, que ce soit dans un cadre restreint, comme celui d'une entreprise, ou au niveau d'une nation, évolue exactement en parallèle avec le progrès; elle s'adapte plutôt par saccades, laissant s'accumuler un certain retard avant de réagir.

Or, je pense que l'industrie suisse est arrivée actuellement à l'un de ces tournants où certaines transformations s'avèrent inévitables. Ainsi que je l'ai dit, nos entreprises ont connu durant l'après-guerre une prospérité et une croissance rapide et, parant au plus pressé, ont quelque peu négligé de se poser des questions concernant leur organisation de base, leur dimension, leur avenir à long terme. Aujourd'hui, en revanche, on s'aperçoit soudain un peu partout que si nous voulons maintenir notre position parmi les nations industrielles, il faut revoir certaines de ces données fondamentales. S'il ne s'agit pas au vrai sens du terme d'une révolution, on peut parler à tout le moins de l'adaptation accélérée d'un organisme encore sain à de nouvelles conditions et fonctions.

Une autre raison à l'origine des changements auxquels nous assistons est la libéralisation des échanges. Les marchés élargis, issus de la réunion des nations européennes au sein du Marché commun et de l'AELE, placent notre industrie devant des problèmes nouveaux. Je ne m'étendrai pas sur les caractéristiques de ces deux institutions qui vous sont certainement familières. Je tiens seulement à mettre en garde contre une sous-estimation des effets directs que peuvent avoir ces rapprochements entre pays sur le plan économique. Il suffit de voir les modifications intervenues depuis 5 ans dans la composition de nos importations et exportations pour réaliser que nous devenons de plus en plus tributaires du groupe auquel nous appartenons. Certes, au début, la relation entre les échanges avec la CEE et ceux avec l'AELE n'a que peu varié, mais le déplacement fut beaucoup plus marqué l'année dernière et il est probable que depuis la suppression totale des droits dans le cadre de l'AELE, cette tendance va s'accentuer. Il est bien sûr hasardeux d'émettre des prévisions à ce sujet aujourd'hui où la Grande-Bretagne et d'autres pays de l'AELE sollicitent leur entrée au Marché commun. A ce propos, je ne puis m'empêcher de croire, comme bien d'autres chez nous, que ces approches individuelles ne constituent pas forcément la meilleure façon de procéder et qu'il eût été peut-être préférable de raffermir d'abord les liens entre les sept et de développer un véritable esprit communautaire, pour se présenter ensuite comme un interlocuteur plus valable aux yeux des autres blocs économiques. Il n'est d'ailleurs pas exclu que, si la récente demande de la Grande-Bretagne était à nouveau

repoussée par le Marché commun, l'on s'acheminât vers cette solution.

Dans cet ordre d'idée il convient aussi de mentionner le succès partiel du Kennedy-Round comme un nouveau pas vers l'ouverture des marchés. De tels accords englobant l'ensemble des pays occidentaux sont sans aucun doute souhaitables pour atténuer la discrimination entre les divers blocs économiques.

Il est toutefois évident que ces différentes réductions de tarifs nous mettent de plus en plus en concurrence directe avec les industries des autres nations occidentales, qui presque toutes font un effort de rationalisation considérable. Dès lors, il est naturel que nos entreprises se préoccupent d'adapter leurs possibilités à ces nouvelles conditions.

On peut d'ailleurs tirer une parallèle entre ce qui se passe aujourd'hui en Europe et ce qui s'est passé autrefois aux Etats-Unis. Les entreprises américaines ont eu depuis toujours à leur disposition un marché à l'échelle d'un continent. C'est pourquoi, elles ont réalisé il y a longtemps déjà certaines réformes de structure dont l'industrie européenne ne voit la nécessité que depuis l'apparition de marchés de dimensions continentales.

Il existe encore une troisième cause aux transformations auxquelles procèdent nombre d'industries européennes. Je la cite en dernier lieu, car elle ne se manifeste pas en Suisse dans la même mesure que dans certains pays voisins. Il s'agit de l'intervention plus ou moins directe de l'Etat qui entend structurer l'économie selon ses vues. La planification systématique apparaît de plus en plus dans certains pays occidentaux comme étant la panacée à toutes les difficultés.

L'exemple le plus discuté actuellement est fourni par la France, où le gouvernement oriente systématiquement l'économie vers des objectifs à la fois économiques et politiques. Pour atteindre ces buts, il n'hésite pas à intervenir dans l'organisation même des industries en provoquant notamment des regroupements sur une grande échelle. S'étant assuré dans une large mesure le contrôle des moyens de financement, il dispose d'un argument efficace pour parvenir à ses fins. Le succès de ces efforts est cependant inégal. Des changements imposés trop brusquement depuis l'extérieur ne sont pas toujours bénéfiques à l'économie.

Si la France est le pays d'Europe occidentale où cet interventionnisme apparaît le plus ouvertement, d'autres le connaissent sous une forme plus discrète. En Italie, par exemple, l'Etat dispose de participations importantes dans un bon nombre des plus grands groupements industriels, ce qui lui permet d'agir efficacement sur l'organisation économique du pays.

Souvent les interventions de l'Etat sont même suscitées par les milieux économiques eux-mêmes. Un exemple récent et bien connu est la réorganisation de l'ancien empire industriel de Krupp en Allemagne.

Les organes du Marché commun cherchent également à favoriser des regroupements d'entreprises. Ainsi, une récente information nous apprenait qu'une commission de cette organisation préconisait différentes mesures économiques, juridiques et fiscales pour accélérer ce processus sur le plan intercommunautaire.

Enfin, je ne cite que pour mémoire les pays nordiques où, depuis longtemps, le gouvernement influence fortement le développement des entreprises.

Sans vouloir m'étendre sur cette question, je tiens néanmoins à préciser que, personnellement, je n'estime pas qu'une réforme de structure provoquée et réalisée par l'Etat soit souhaitable. Je persiste à penser que — sur certains plans tout au moins — l'économie doit et peut trouver en elle-même les forces pour s'adapter à de nouvelles conditions et que, si cet effort vient des intéressés eux-mêmes, les résultats sont supérieurs, car ils ne sont pas entachés du schématisme et de l'arbitraire que souvent accompagnent les actions émanant de l'Etat. Il est toutefois indispensable que nos industriels montrent suffisamment de courage, sachent renoncer à certaines habitudes et soient même prêts à sacrifier parfois certains avantages immédiats qui risquent de compromettre leurs intérêts à long terme. Il serait navrant qu'à la longue trop d'immobilisme ou d'hésitations sur certains plans finissent par appeler chez nous aussi des interventions de l'Etat qui, une fois provoquées, s'établissent à demeure.

En résumé, les principales causes des mouvements divers qui se dessinent aujourd'hui dans l'industrie suisse sont donc le décalage entre l'évolution de nos structures économiques et le progrès technique, et l'ouverture des marchés occidentaux.

Et la réaction presque instinctive, la solution préconisée presque partout pour résoudre les problèmes qui apparaissent, consiste à regrouper les forces. Comme toujours en période de transition, que ce soit sur le plan individuel, politique ou économique, on a recours au vieil adage: «L'union fait la force.»

Il s'avère effectivement aujourd'hui que certaines mesures de rationalisation ne peuvent être appliquées efficacement que dans un cadre dépassant l'entreprise isolée de dimension modeste. Il existe même certains domaines, par exemple la construction de réacteurs nucléaires, où la production industrielle ne peut être envisagée que s'il est possible d'affecter un potentiel technique, humain et financier considérable à la réalisation d'objectifs communs.

On assiste donc à des rapprochements de plus en plus fréquents entre entreprises. La collaboration est à l'ordre du jour. Voyons très rapidement dans quels domaines elle est le plus souvent envisagée.

La recherche, impulsion de toute production industrielle, est aujourd'hui en Suisse l'un des sujets les plus âprement discutés. Vous connaissez la distinction, un peu arbitraire, entre recherche fondamentale, recherche d'application et recherche de développement. De tout temps, la première relevait en grande partie des universités, la troisième de l'industrie. Quant à la recherche appliquée, elle était autrefois financée presque exclusivement par l'économie privée. Aujourd'hui, du fait de l'ampleur des moyens à mettre en œuvre, la poursuite de ces recherches dépasse parfois les possibilités de nos entreprises. A l'instar de ce qui s'est passé à l'étranger, on demande de plus en plus à l'Etat de prendre une importante partie de ces frais à sa charge. Quelle sera l'ampleur de cette participation, quels seront les critères d'attribution, quelles seront, en cette matière, les compétences respectives de l'Etat et de l'industrie, voilà autant de questions qu'il convient de résoudre sans plus tarder. Je ne puis m'empêcher de déplorer la lenteur que nous met-

tons à nous organiser sur ce plan, d'autant plus que, comme bien d'autres, ces questions me préoccupent depuis fort longtemps. En 1960, lors de la journée officielle du Comptoir Suisse, je faisais déjà les réflexions suivantes:

«Ainsi, tant sur le plan officiel de la recherche pure que sur le plan privé de la recherche appliquée, ce qui compte par-dessus tout et qui comptera demain plus que jamais, c'est bien finalement d'éviter une dispersion coûteuse et infructueuse des efforts. A ce niveau de nos devoirs et de nos préoccupations, à l'échelle de nos moyens malgré tout modestes, seul un organe mixte de coordination des efforts où l'économie privée aurait des représentants qualifiés peut nous prévenir de cet écueil.»

Je dois malheureusement constater aujourd'hui que l'organe de coordination pour la recherche appliquée que je préconisais n'est toujours pas en place, malgré quelques expériences infructueuses faites depuis lors, qui s'expliquent en grande partie par l'absence d'une organisation efficace dans ce domaine.

En matière de recherche j'estime donc qu'il faut tout d'abord trouver une solution claire et réaliste en ce qui concerne les charges incombant à l'Etat et celles assumées par l'économie privée. Quelle que soit la solution adoptée, notre industrie aura certainement un grand effort à fournir. Il sera alors indispensable d'utiliser le plus rationnellement possible les moyens investis, car ces derniers ne pourront jamais être suffisants pour nous permettre le luxe de disperser nos efforts. Monsieur le Prof. Cosandey, directeur de l'EPUL, a fort pertinemment relevé récemment que

«Les relations entre science et économie et, d'une manière plus étroite, entre recherche et industrie, doivent trouver un nouveau mode de collaboration dans un pays comme la Suisse, où les moyens en hommes et les moyens financiers sont limités. Le processus recherche fondamentale — recherche appliquée — recherche de développement ne peut plus être réalisé pour tous les secteurs de la connaissance humaine. Nous devrons, dans l'avenir, faire des choix qui nous obligeront, pour certains secteurs, à abandonner tout ou partie du processus. Une politique de la science est donc essentielle.»

Le second secteur important où la collaboration est aujourd'hui souvent envisagée est celui de la production industrielle. En effet, en votre qualité d'ingénieur vous mesurez mieux que moi les progrès réalisés sur le plan de l'équipement. On voit apparaître des machines de plus en plus rapides, d'un débit sans cesse accru. Leur prix est à la mesure de leurs performances. Souvent, elles exigent donc des investissements dépassant les possibilités d'une petite ou moyenne entreprise. Parfois aussi leur production est telle qu'une seule installation suffit à couvrir les besoins relativement modestes d'un pays comme le nôtre. Il est abusif — mais le cas s'est néanmoins produit — que plusieurs unités de ce genre soient mises en action simultanément, sans considération des nécessités du marché, et travaillant de ce fait bien au dessous de leur capacité. Les efforts qu'exige le maintien de la position de notre pays parmi les nations industrielles sont trop grands pour que nous puissions, d'un autre côté, nous permettre de gaspiller ainsi nos moyens d'investissement.

Donc, en matière de production, une collaboration et une coordination accrues sont également souhaitables, voire indispensables.

Dans le domaine de la vente enfin, les avantages de la collaboration sont connus depuis longtemps. La prospection des marchés, l'installation de services après vente entraînent souvent des frais dépassant les forces d'une petite ou

moyenne entreprise, surtout lorsqu'elle vit avant tout de l'exportation, comme l'horlogerie. La création de centrales de vente, d'offices de propagande ou d'ateliers de réparation communs sont parfois la seule solution qui permette de maintenir les frais de distribution dans des proportions compatibles avec les ressources de l'entreprise.

On constate donc que dans les secteurs les plus divers l'action commune procure des avantages incontestables. Parfois elle peut même s'avérer indispensable à la survie d'une entreprise.

Les formes que revêtent ces rapprochements sont multiples et il serait vain de vouloir les énumérer toutes. Je vous citerai cependant les principales en faisant une distinction entre celles qui n'affectent pas l'état de propriété de l'entreprise et celles qui, au contraire, impliquent des changements sur ce plan.

Dans la première catégorie, il convient tout d'abord de mentionner la collaboration qui s'est manifestée de tout temps entre industriels dans le cadre des associations économiques et professionnelles. Elle s'étend à des domaines tels que la fixation de normes de fabrication et de qualité, à la défense d'intérêts communs sur le plan politique, à la négociation de contrats collectifs de travail, à la formation professionnelle. L'étendue et l'intensité de ces actions communes varient fortement d'une branche à l'autre, mais il n'existe pratiquement pas d'industrie qui n'y participe pas depuis longtemps déjà d'une façon ou d'une autre.

Des contrats de licence ou d'échanges de «know-how» fournissent aussi souvent le cadre d'une coopération, surtout dans le secteur technique. De telles conventions ont souvent été à l'origine d'un rapprochement plus étroit entre sociétés.

Il arrive également que certaines entreprises décident, tout en gardant leur indépendance, de collaborer plus intensément dans un domaine bien précis. Je pense, entre autres, à la création en commun de laboratoires de recherche ou de contrôle, de centres de formation professionnelle, de sociétés de vente à l'étranger, de centrales d'achat.

Souvent aussi l'importance de certaines affaires dépasse les possibilités d'une seule entreprise. On assiste alors à la constitution de «pools» ou de «consortiums» qui représentent une forme de collaboration occasionnelle, mais engendrent parfois des organismes communs permanents.

Pour terminer l'énumération des formes de collaboration appartenant à cette première catégorie, je citerai celles dont les effets affectent le plus profondément l'organisation des entreprises et dont l'application suppose des liens très étroits entre partenaires. Il s'agit des accords de spécialisation et de développement qui tendent à instaurer entre fabriques de la même branche une répartition des tâches. Leur but est de créer des conditions propices à une fabrication rationnelle et d'éviter les investissements inutiles.

A ces formes de collaboration laissant aux partenaires leur indépendance on oppose les véritables concentrations qui impliquent une modification en ce qui concerne la propriété de l'entreprise. Le plus fréquemment, il s'agit d'absorptions, soit de l'acquisition par l'une des sociétés de la majorité du capital de l'autre. En général, la société absorbée subsiste sur le plan purement juridique, ce qui permet de continuer à bénéficier du «goodwill» qu'elle s'est créé.

Lorsque, en revanche, les deux partenaires sont de dimensions à peu près égales, on cherchera plutôt à les réunir au sein d'une holding qui détiendra la majorité du capital dans chacun d'eux.

Ces concentrations sont presque toujours précédées ou suivies de mesures de collaboration et de rationalisation telles que je les ai décrites précédemment. Ce n'est cependant pas toujours le cas. Il existe en effet des groupes financiers au sein desquels — pour diverses raisons — l'intégration est moins poussée que dans certaines associations de sociétés juridiquement et financièrement indépendantes.

Ce bref aperçu des diverses formes de rapprochement entre sociétés vous montre la variété des possibilités qui permettent d'accroître l'efficacité du potentiel économique dont dispose notre industrie. Tout cela n'est pas nouveau et de telles mesures ont été prises à toutes les époques. Ce qui caractérise toutefois notre situation actuelle est que ce mouvement tend à s'accentuer et que les concentrations financières sont de plus en plus fréquemment envisagées. En effet, beaucoup estiment que les liens relativement lâches qui sont à la base de la collaboration entre sociétés demeurant indépendantes sont insuffisants pour rationaliser en profondeur et que seule la gestion commune permet d'atteindre des résultats satisfaisants.

Il suffit de suivre la presse économique pour voir que cette opinion se traduit de plus en plus dans les faits. Parmi les plus importantes opérations réalisées récemment je ne mentionne que la fusion entre BBC et MFO ainsi que les importantes réformes de structure auxquelles procède actuellement notre industrie horlogère.

Une récapitulation établie dernièrement par l'Office vaudois pour le développement du commerce et de l'industrie fait mention de 149 concentrations, fusions, participations et accords de collaboration touchant des maisons suisses durant les seules années 1964, 65 et 66. Et encore ne s'agit-il que des opérations rendues publiques.

Ces exemples, alliés aux causes que j'ai relevées au début de cet exposé, incitent nombre d'industriels, qui jusqu'à présent vivaient repliés sur eux-mêmes et n'accordaient aux problèmes des autres qu'une attention courtoise et lointaine, à jeter soudain vers leurs voisins des regards parfois inquiets, craignant d'être laissés pour compte lors d'un mouvement de concentration dans leur branche; parfois gourmands, rêvant de voir figurer l'un ou l'autre de leurs concurrents sous la rubrique «participations» de leur bilan.

Ces craintes et ces appétits sont souvent le reflet d'un sentiment général qu'il «faut faire quelque chose». Que des réformes de structure doivent être opérées dans certains domaines, j'en suis persuadé et en ai dit les raisons. Qu'elles doivent cependant à tout prix se manifester sous la forme de concentration de sociétés me paraît moins évident, du moins dans certaines conditions.

En effet, il ne faut pas oublier qu'à côté des avantages incontestables qu'elle présente, la réunion d'entreprises au sein de groupes importants comporte également des inconvénients qui peuvent parfois se révéler à la longue prépondérants.

La concentration de plusieurs entreprises est souvent accompagnée d'un gonflement de l'appareil administratif, ce qui peut engendrer des désagréments dont chacun a pu à l'occasion en faire l'expérience.

Lequel d'entre vous par exemple, ne s'est-il jamais trouvé dans la situation désespérée du Monsieur qui cherche à atteindre au téléphone l'interlocuteur compétent dans l'une de ces administrations pléthoriques? Après avoir vainement répété votre petite histoire personnelle à une demi-douzaine de standardistes et dactylos, n'avez-vous pas alors été tenté de ne vous adresser dorénavant qu'au petit fabricant du coin, quitte à devoir payer un peu plus cher?

On aurait tort, bien sûr, de tirer des conclusions générales de tels incidents. Mais il n'en demeure pas moins que bien souvent, dans de grandes entreprises, les rapports internes se compliquent considérablement et le déroulement de certaines activités se ralentit en conséquence. Dans l'ensemble, ce phénomène se traduit par un manque de souplesse, c'est-à-dire par une diminution de la faculté de s'adapter à des conditions changeantes sur le plan commercial ou technique. Lorsque ces modifications interviennent brusquement, il arrive que la grande société soit plus vulnérable que ses concurrents moins importants.

Mais, je pense que le plus grave problème des groupes géants est celui de la dépersonnalisation de l'entreprise. Le nombre d'employés, d'agents, de bureaux, de services s'accroît souvent dans une telle mesure que le rattachement de l'individu à l'entreprise, le sentiment de faire partie d'un tout et de travailler à des objectifs communs s'affaiblit et disparaît parfois complètement. Il est incontestable que l'enthousiasme et la volonté de bien faire se rencontrent plus fréquemment dans les entreprises de moyenne et de petite dimension.

Les grandes administrations engendrent également une dilution des responsabilités. La multiplicité des instances compétentes à un titre ou à un autre pour s'occuper du même problème favorise la tendance de certains collaborateurs de s'attribuer le mérite des réussites et d'imputer les erreurs aux autres. Dans ces conditions, il arrive que plus personne ne veuille assumer les risques d'une initiative. L'ensemble de l'entreprise est alors frappé d'immobilisme, le dynamisme disparaît. Or, il s'agit là de l'abandon de l'une des valeurs essentielles sur lesquelles repose notre économie privée.

Ces inconvénients qui accompagnent la création de groupes importants ne sont certes pas toujours aussi évidents que je viens de le dire. Bon nombre de grandes industries ont réussi à les atténuer par la décentralisation des tâches administratives, du moins dans certains secteurs. Il est toutefois pratiquement impossible de les éliminer entièrement et c'est pourquoi il faut se garder de les sous-estimer lors de l'élaboration de projets de concentration.

D'un autre côté, il convient également de ne pas surestimer les avantages qui doivent résulter d'un regroupement. A ce propos, je tiens à souligner que souvent les projets de fusion ne tiennent pas suffisamment compte de l'influence du facteur humain. Il s'avère que les économies financières, les augmentations de productivité et autres avantages qui devaient résulter de la concentration des activités sont en général bien plus modestes que ne le laissait prévoir l'étude théorique. On s'aperçoit en effet assez vite que, dans la pratique, on ne peut disposer des personnes comme dans un jeu d'échecs. Chez nous en Suisse, le respect de la situation acquise sur le plan professionnel est très développé. Dans la plupart des entreprises, un licenciement ou même un

simple déplacement est difficilement concevable en dehors de situations de crise. Lors d'un regroupement de services, les dirigeants hésitent souvent à vexer un collaborateur en lui retirant certaines compétences. Tantôt il garde son titre et continue à disposer d'un appareil administratif, alors même que la nouvelle organisation ne le justifie plus. Ou bien, on cherche à lui donner des compensations pour les attributions dont il a été privé. Dans tous les cas, il est rare que l'organigramme prévu à l'origine puisse être mis en place rapidement. On préfère souvent attendre plusieurs années et opérer certains changements importants au fur et à mesure de la mise à la retraite de certains collaborateurs.

De toute manière, on ne peut éviter que de telles réorganisations administratives engendrent des rancœurs et des insatisfactions, souvent dues au seul fait que certains cadres ou employés ne peuvent se résoudre à abandonner des habitudes prises depuis longtemps. Déçus, ils agissent alors inconsciemment à l'encontre de l'esprit dans lequel s'est fait la réforme et en diminuent ainsi largement les effets positifs.

Il arrive également que la concentration ne donne pas les résultats escomptés du fait que certains cadres ne parviennent pas à s'intégrer à leur nouvelle fonction. Il n'est pas dit que le chef d'une entreprise de dimension moyenne, qui a remarquablement bien mené son affaire, donne un bon directeur dans un complexe plus vaste où ses tâches se situent à un niveau plus général. D'un autre côté, il se peut fort bien qu'un collaborateur s'étant jusqu'alors peu fait remarquer révèle dans la nouvelle organisation des capacités restées dans l'ombre, du fait qu'elles ne pouvaient s'exercer dans un cadre restreint. Or, dans la mise en place des structures nouvelles qu'implique une concentration d'industries, on tient trop souvent compte, pour des raisons de prestige personnel ou pour des raisons humaines, de la situation acquise et pas assez de la concordance entre les capacités qu'exige la fonction et celles du titulaire. Il faut dire qu'il est difficile de déceler ces incompatibilités à l'avance et que presque toujours elles n'apparaissent qu'après quelques mois de pratique. On hésite alors à modifier une nouvelle fois le système mis en place.

Cette énumération des désavantages des concentrations ne doit pas vous faire croire que j'en suis un adversaire acharné. Je voulais simplement montrer que les problèmes ne sont pas simples et qu'il faut se méfier d'une précipitation exagérée. Le fait que nous soyons obligés de repenser certaines données de notre organisation industrielle n'implique pas à tout prix la nécessité de remettre systématiquement en cause tout ce qui nous a valu notre prospérité actuelle, sous prétexte que la révision de certaines notions doit forcément se traduire par un changement radical de nos structures.

La justification de la tendance actuelle à la concentration varie beaucoup d'une branche à l'autre. Suivant la nature de la production, la composition du marché et l'état de développement, le poids respectif des avantages et des inconvénients peut différer sensiblement. C'est évidemment dans le cadre de fabrications similaires ou complémentaires que les regroupements donnent les meilleurs résultats.

Dans tous les cas, j'estime cependant que la petite et la moyenne entreprise continueront à jouer un rôle important

dans notre économie. Comme je l'ai constaté, elles recèlent proportionnellement plus de dynamisme et de force créative que les grands ensembles, du moins dans certaines branches. D'autre part, elles auront toujours une place à occuper dans la fabrication de petites séries que dédaignent leurs concurrents géants. Ces derniers ont d'ailleurs souvent avantage à s'adresser à elles pour la confection de fournitures. Cette fonction d'industrie complémentaire les met toutefois dans la dépendance étroite des grands, ce qui doit les inciter à diversifier leurs débouchés pour ne pas être à la merci d'un seul client trop important.

Ma conviction que la petite et la moyenne entreprise ne sont nullement condamnées est renforcée par l'exemple des Etats-Unis où elles continuent à prospérer à côté des géants de l'industrie. Contrairement à une opinion fort répandue, elles occupent même dans l'ensemble une place importante dans l'économie de ce pays.

Mais, pour que chez nous aussi ces industries de dimensions modestes maintiennent leur position, elles doivent faire un effort d'adaptation important. Ceux qui ne le réalisent pas risquent fort d'être surpris par les événements et de disparaître de la scène économique. Il faut que l'industriel appartenant à cette catégorie ait le courage d'envisager l'abandon de certaines fabrications qu'il ne pourra dorénavant plus produire aussi rationnellement que les grandes entreprises. Cette prise de conscience doit intervenir assez tôt de manière à ce qu'il dispose d'un temps suffisant pour choisir une nouvelle orientation et procéder éventuellement aux reconversions nécessaires. Plus que jamais, les dirigeants de ces industries modestes à l'échelle internationale doivent donc faire preuve de prévoyance et d'imagination.

Cette constatation m'amène à aborder, pour terminer, un autre aspect de nos problèmes actuels que je n'ai qu'effleuré jusqu'à présent, bien qu'il me paraisse essentiel.

Nous l'avons vu, plusieurs facteurs obligent aujourd'hui notre industrie à modifier certaines de ses structures, afin de maintenir sa position dans le monde. Ces réformes sont nécessaires, mais ne sauraient suffire à elles seules. En effet, toute organisation, aussi parfaite soit elle, ne vaut que par l'esprit des hommes qui l'animent. Or, je dois malheureusement constater que chez nous la force de l'habitude, la crainte devant l'inconnu, la peur de prendre des responsabilités se rencontrent assez fréquemment. Les années de prospérité nous ont gâtés. Elles ont fait passer à l'arrière-

plan chez beaucoup d'entre nous ces valeurs irremplaçables que sont l'esprit d'entreprise et même le goût du risque.

Il existe, bien entendu, des exceptions louables, mais je déplore qu'elles ne soient pas plus fréquentes.

Dernièrement j'ai été stupéfait de l'attitude d'un jeune ingénieur qui sollicitait un emploi. Sa seconde question — après celle concernant son salaire — portait sur les conditions offertes par notre caisse de retraite. Je ne reproche nullement à ce jeune homme de se soucier de ses vieux jours, mais est-ce là l'attitude que l'on s'attend à rencontrer chez quelqu'un se trouvant au seuil d'une carrière dans l'industrie?

C'est donc avant tout aux représentants de la génération montante que je m'adresse:

Contrairement à bien d'autres, je ne m'insurge nullement contre les initiatives audacieuses, les idées sortant des chemins battus. Je souhaiterais même qu'elles fussent plus nombreuses chez nous. Tous ces problèmes que je viens de poser, il vous appartiendra de les résoudre. N'hésitez pas à les aborder franchement et à prendre les risques nécessaires. Mais sachez aussi en subir les contre-coups, sans perdre courage et en assumant votre responsabilité.

C'est là notre principale chance de survie dans la lutte impitoyable que se livrent et se livreront encore plus intensément les industries confrontées sur des marchés de plus en plus étendus.

De notre côté, représentants des générations précédentes, nous devons éviter d'entraver ces efforts. Je sais qu'il est parfois difficile de remettre en question certaines structures qui ont fait largement leurs preuves dans le passé et à l'établissement desquelles nous avons souvent voué de grands efforts. Comme je l'ai dit, il ne faut pas tomber dans l'excès contraire et tout vouloir reviser d'un seul coup, mais nous ne devons jamais éviter la discussion et l'étude objective qui permet de déceler les adaptations nécessaires. Au contraire, notre tâche principale doit être de redonner aux hommes qui seront appelés à diriger nos entreprises l'audace, la ténacité et l'ouverture d'esprit qui ont permis à l'économie de notre pays de s'assurer, au début de ce siècle, une place prépondérante parmi les nations industrielles.

#### Adresse de l'auteur:

M. Dr h. c. Rodolphe Stadler, président de la S. A. des Câbleries et Tréfilières de Cossonay, 1303 Cossonay-Gare.

## Steilstromblitze und Anlagenschutz<sup>1)</sup>

Von H. Prinz, München

621.316.933 : 551.594.221

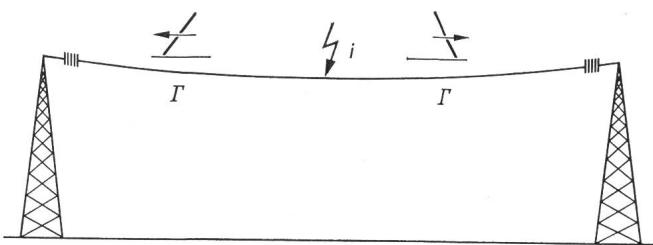
### 1. Zur Einführung

Nunmehr werden bald 25 Jahre vergangen sein, seitdem Prof. K. Berger in seiner Eigenschaft als Leiter der Schweizer Forschungskommission für Hochspannungsfragen auf dem Monte San Salvatore eine Blitzstation errichten konnte, deren zuverlässige Beobachtungen und Messungen während vieler Sommermonate wesentlich dazu beigetragen haben, unsere Kenntnisse und Erfahrungen über das Blitzphänomen mit

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten an der 9. Internationalen Blitzschutzkonferenz im September 1967 in Lugano.

<sup>2)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

seinen mannigfaltigen Erscheinungsformen zu vertiefen und in mancher Hinsicht auch mit neuartigen Vorstellungen und Gedanken zu durchdringen. In letzter Zeit hat sich Berger den technisch bedeutsamen Mehrfachblitzen — den Multiple Strokes — zugewandt und ihre Besonderheiten mit Oszillographen und Kameras beobachten lassen. Bekanntlich bestehen Mehrfachblitze aus einer Erstentladung und einer Reihe von Folgeentladungen und können nach jüngsten Forschungsberichten über den San Salvatore [7; 8]<sup>2)</sup> vorzugsweise bei negativen Erdblitzen, also Blitzen zwischen negativer Wolke und positiver Erde, sowohl als Abwärts- als auch Aufwärts-



$$\frac{du}{dt} = \frac{\Gamma}{2} \cdot \frac{di}{dt} = \frac{400}{2} \cdot 100 \frac{kA}{\mu s} = 20 \frac{MV}{\mu s} = S$$

Fig. 1  
Blitz einschlag in Leitungsabzweig

blitze erwartet werden. Interessant ist, dass der Strom eines multiplen Abwärtsblitzes nahezu gradlinig von Null bis zum Scheitelwert zunimmt, während der Stromanstieg einer Erstentladung ausgesprochen ungleichmäßig verläuft. Außerdem ist die Anstiegs geschwindigkeit von Folgeblitzen — worauf Berger bereits anlässlich der CIGRE-Tagung 1960 hingewiesen hat [1] — grösser als die eines Erstblitzes, was auf Grund neuerer Untersuchungen, die Wiesinger an einem Doppelstossgenerator durchführen konnte [10; 11; 12], wohl damit zu erklären ist, dass nach der Ladungsableitung durch den Erstblitz innerhalb des Blitzkanals noch eine gewisse Restionisierung vorhanden ist, die den Ladungstransport in den folgenden Blitzentladungen sehr viel rascher zustande bringt. Was die Grösse der bei Folgeblitzen auftretenden Stromsteilheiten anbelangt, so wird in den erwähnten Berichten ein — wenn auch unsicherer — Wert von 80 kA/μs genannt, wobei es für durchaus möglich gehalten wird, dass noch höhere Steilheiten auftreten können. Wiesinger hat in seiner Dissertation [10] für derartige Steilstromblitze einen maximalen Grenzwert von etwa 200 kA/μs errechnet.

## 2. Stationeneinschlag

Im Zusammenhang mit dem möglichen Einschlag eines Steilstromblitzes in eine Station erhebt sich die für den Anlagenschutz bedeutsame Frage, inwieweit ihre Betriebseinrichtungen durch Folgeschäden gefährdet werden können. Zur Beantwortung dieser Frage sei zunächst von der Voraussetzung ausgegangen, dass das Phasenseil eines nicht erdseilgeschützten Leitungsabzweiges von dem Fusspunkt eines 100 kA/μs Steilstromblitzes erfasst werde (Fig. 1). Der eingeprägte Blitzstrom ruft dann längs des Phasenseiles vom Wellenwiderstand  $\Gamma$  beidseitig einen Spannungsimpuls hervor, dessen Steilheit nicht weniger als 20 MV/μs betragen würde. Unter der weiteren Annahme, dass unter dem Phasenseil des Leitungs-

abzweiges ein ideal wirkender Ventilableiter eingebaut sei, würde die Amplitude des einlaufenden Spannungsimpulses auf den konstanten Schutzpegel des Ableiters begrenzt werden (Fig. 2). Wird schliesslich vorausgesetzt, dass dem Ableiter noch eine verlustlose Kapazität  $C_k$  nachgeschaltet sei, dann ergäbe sich letztlich eine abgeflachte Stirn, die — beginnend von der Spannungssteilheit Null — nach etwa 5mal Zeitkonstante  $\tau = C_k \Gamma / 2$  die Stirnsteilheit des einziehenden Impulses erreichte, sofern nicht der Ableiter die Impulsamplitude zuvor begrenzt. Die auftretenden Spannungssteilheiten lassen sich im übrigen in einfacher Weise für jeden Zeitpunkt aus der Differentialgleichung des ablaufenden Wanderwellenvorganges errechnen.

Etwas weniger übersehbar werden die Zusammenhänge, wenn der Blitz in einen nicht erdseilgeschützten Transformatorenabzweig einschlägt, wobei der spannungsbegrenzende Ableiter einmal direkt am Transformator und das andere Mal 15 m von ihm entfernt eingebaut sein soll. In einem solchen Falle empfiehlt sich eine digitale Bergeron-Analyse, wie sie in der Literatur beschrieben worden ist [4; 6] und in analytischer Formulierung als universelles Digitalprogramm für die Untersuchung komplizierter Netzgebilde verwendet werden

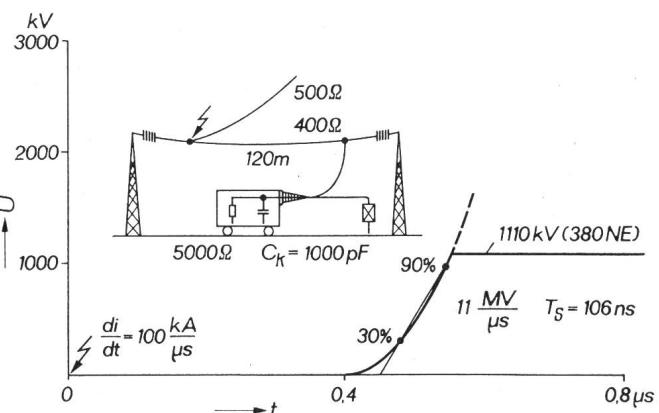


Fig. 3  
Blitz einschlag in Transformatorenabzweig  
Ableiter direkt am Transformator  
 $t$  Zeit

kann. Unter Benutzung eines solchen von Dommel entwickelten Universalprogramms [9] wurde im Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften die Beanspruchung eines 380-kV-Transformators ermittelt, der durch einen Steilstromblitz von 100 kA/μs beaufschlagt worden ist, wobei ein Überspannungsableiter der Reihe 380 NF nach VDE 0111/12.66 zunächst direkt am Transformator eingebaut sei (Fig. 3): Nach Durchlaufen des 120 m langen Abzweiges trifft der Impuls auf die Transformatorklemme mit der daran wirksamen Kopfkapazität von 1000 pF und einem daran wirksamen Widerstand von 5000 Ω, so dass die Spannungskurve nach 0,4 μs — erst langsam und dann immer steiler — anusteigen beginnt, bis der eingebaute Überspannungsableiter die Spannung auf den Schutzpegel von 1110 kV begrenzt. In diesem Falle würde die Transformatorwicklung mit einer bereits gefährlichen Steilheit von etwa 11 MV/μs und einer Stirnzeit von nur 106 ns beansprucht werden. Für den weiterhin gerechneten Fall eines Blitzeinschlages in den gleichen Transformatorenabzweig, jedoch mit 15 m entfernt liegendem Überspannungsableiter (Fig. 4), würde sich eine noch grössere Steilheit von 16,6 MV/μs ergeben. Dass derartige Beanspru-

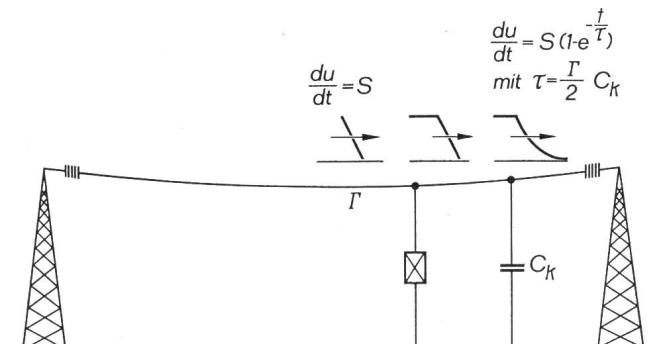


Fig. 2  
Blitz einschlag in Leitungsabzweig  
Wirkung von Ableiter- und Kopfkapazität

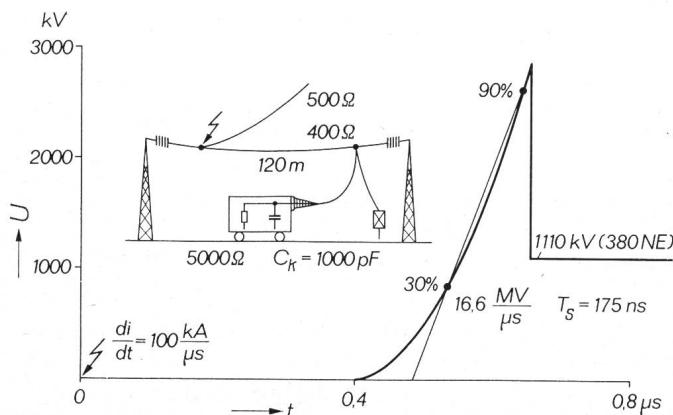


Fig. 4  
Blitz einschlag in Transformatorabzweig  
Ableiter 15 m vom Transformator entfernt  
 $t$  Zeit

chungen bereits zu einer ernsten Gefahr für den Transformatoren zu werden vermögen, ist aus Fig. 5 erkennbar, die eine 220-kV-Wicklung eines grossen Netzkupplungstransformators zeigt, der in einem nicht erdseilgeschützten Abzweig trotz eingebauter Überspannungsableiter zu Schaden gekommen ist, weil die betroffene Transformatorklemme mit dem Ableiter über ein 13 m langes Phasenseil hinweg verbunden war.

Aus dieser Bergeron-Analyse ist zunächst erkennbar, dass Ableiter im Falle von Steilstromblitzen nur dann wirksam sein können, wenn sie unmittelbar an den Transformatoren angeschlossen werden. Schon Abstände von Metern können zu

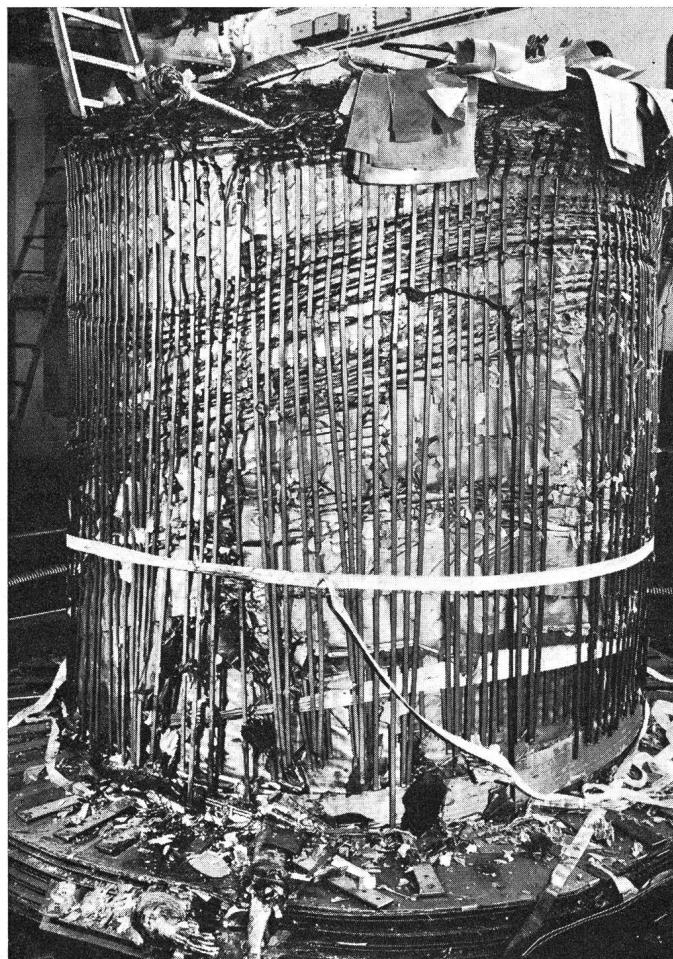


Fig. 5  
Folgeschaden eines direkten Blitzschlages in einen Transformatorabzweig  
Zerstörte 220-kV-Wicklung

gefährlichen Spannungsüberhöhungen führen. Der mit der Planung beauftragte Energietechniker sollte sich deshalb daran gewöhnen, seine Anlagen auch aus der Sicht eines hochfrequenzmässig durchdachten Betriebsmitteleinbaus zu entwerfen, um unnötige Beanspruchungen zu vermeiden. Auch grosse Kopfkapazitäten, wie sie beispielsweise kapazitiven Wandlern eigen sind, können bereits zu sanfteren Spannungsbeanspruchungen beitragen. Weiterhin ist ersichtlich, dass bei Steilstromeinschlägen mit örtlich sehr rasch, manchmal sogar extrem steil ansteigenden Stoßspannungen gerechnet werden muss, die zu einer ernsten Gefährdung der in der Umgebung der Einschlagsstelle eingebauten Betriebsmittel führen können. Außerdem sind ihre Stirnzeiten erheblich kürzer als die nach den CEI-Vorschriften genormte Stirnzeit von 1,2 μs. Daraus sollte die

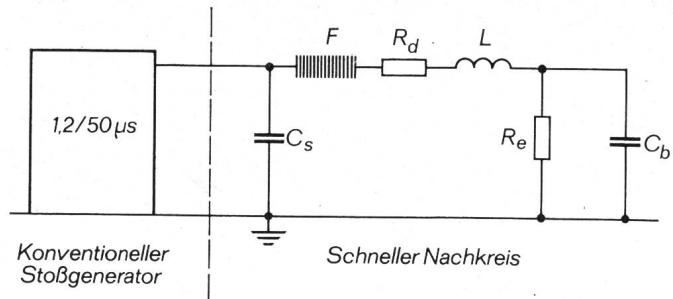


Fig. 6  
Prinzipschema des Steilimpuls-Generators  
 $C_b$  Belastungskapazität;  $C_s$  Stoßkapazität;  
 $F$  Vielfach-Plattenfunkentstrecke;  $L$  Kreisinduktivität;  
 $R_d$  Dämpfungswiderstand;  $R_e$  Entladewiderstand

Notwendigkeit abgeleitet werden, Hochspannungsgeräte auch auf ihr Steilimpulsverhalten zu untersuchen, wozu naturgemäß besondere Steilimpuls-Geräte erforderlich sein werden, deren Wirkungsweise und Aufbau nunmehr erörtert werden sollen.

### 3. Steilimpulserzeugung

Die mathematische Analyse eines einstufigen Stoßkreises zeigt, dass Steilstoßspannungen nur in Kreisen geringer Induktivität an kleinen Belastungskapazitäten erzeugbar sind. Soll die Belastungskapazität beispielsweise 100 pF betragen, so ergibt sich unter Zugrundeziehung einer maximalen Steilheit von 50 MV/μs – entsprechend 200 kA/μs bei 500/2 Ω – die zulässige Induktivität des die Spannungsrückstand bestimmenden Kreises zu 1,2 μH. Es ist unmittelbar einzusehen, dass besondere konstruktive Massnahmen erforderlich sein werden, um eine derart kleine Induktivität in einem Stoßkreis für größenordnungsmässig 1000 kV zu erreichen. Neben der Induktivität verdient die Zündfunkentstrecke eines schnellen Stoßkreises besondere Aufmerksamkeit. Herkömmliche Funkenstrecken sind deshalb ungeeignet, weil ihre Durchzündzeit, d.h. die Zeitspanne der Widerstandänderung von sehr grossen auf sehr kleinen Ohmwerten, im Mittel einige 10 ns beansprucht. Anwendbar sind aber – wie die rechnerische Einbeziehung einer Funkenstrecke in Stoßschaltungen gezeigt hat – nur Entladungsstrecken, deren Zündvorgang im Zeitbereich weniger Nanosekunden abläuft. Dazu gehören Mehrfachfunkentstrecken geeigneter konstruktiver Ausführung, etwa in Form einer Mehrfach-Plattenfunkentstrecke von Überspannungsableitern.

Während herkömmliche Stoßgeneratoren, auf Grund der Dimensionierung ihrer Schaltelemente und der grossen Induktivität von 20...30 μH/MV Summenladespannung, die Erzeu-

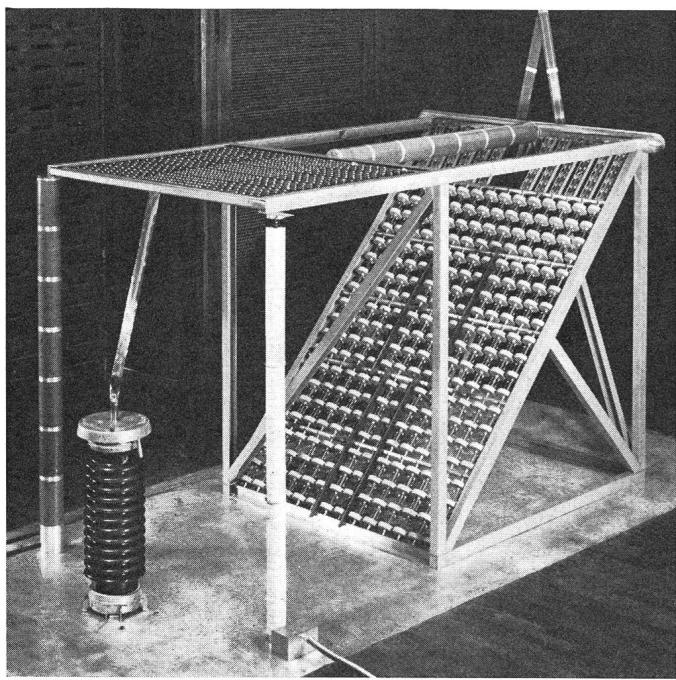


Fig. 7  
800-kV-Steilimpuls-Generator für Stirnzeiten unter 20 ns  
Länge 2,6 m; Breite 1,4 m; Höhe 1,7 m; Gewicht  $\approx 300$  kp

gung nur geringer Steilheiten einiger MV/ $\mu$ s zulassen, sind mit einstufigen Anlagen in weitgehend koaxialem Aufbau Steilheiten von etwa 10 MV/ $\mu$ s möglich. Bezogen auf einen Spannungswert von 1000 kV entspricht dies einer Anstiegszeit von etwa 0,1  $\mu$ s. Ähnliche Werte sind auch realisierbar, wenn ein konventioneller Stossgenerator ohne Belastungskapazität betrieben oder über eine Aufsteilfunkentstrecke auf ein kapazitätsarmes Prüfobjekt geschaltet wird.

Wesentlich kleinere Anstiegszeiten sind dagegen erreichbar, wenn nach einem Vorschlag von Kärner [15] einem konventionellen Stossgenerator ein induktivitätsarmer und schnell durchzündender einstufiger Stosskreis nachgeschaltet wird (Fig. 6). Dieser Nachkreis darf nur eine Induktivität von wenigen  $\mu$ H beinhalten und muss zudem mit einer im Nanosekundenbereich ansprechenden Funkenstrecke ausgerüstet sein. Der einspeisende konventionelle Stossgenerator ladet nach seiner Zündung zunächst die Nachkreis-Stoskapazität  $C_s$  auf, die

sich dann über die Widerstände  $R_e$  und  $R_d$  sowie die Belastungskapazität  $C_b$  entlädt, sobald die Zündfunkentstrecke F des Nachkreises angesprochen hat. Da der Nachkreis eine geringe Induktivität hat, geschieht die Umladung von  $C_s$  auf  $C_b$  sehr schnell, so dass die Stoßspannung an  $C_b$  rasch ansteigen kann. Vergleichsweise könnte der konventionelle Stossgenerator allein an  $C_b$  nur eine Spannung mit bestenfalls 100 ns Stirnzeit hervorrufen. Die Bildung des Impulsrückens muss dagegen der einspeisende Stossgenerator übernehmen, da die Nachkreis-Stoskapazität  $C_s$  aus konstruktiven Gründen und mit Rücksicht auf den Ausnutzungsfaktor der gesamten Anlage nur wenige Nanofarad betragen kann.

Das beschriebene Zweikreisverfahren ist also dadurch gekennzeichnet, dass Stirn und Rücken der Steilstoßspannung aus zwei parallelgeschalteten Spannungsquellen unterschiedlicher Eigenresonanz und verschiedenen Innenwiderständen aufgebaut werden. Sein Vorteil besteht darin, dass als Grundausstattung nur ein konventioneller Stossgenerator zur Verfügung stehen muss, der durch eine verhältnismäig einfache Zusatzeinrichtung dann auch als Steilimpuls-Generator verwendet werden kann.

Die praktische Ausführung eines schnellen Nachkreises nach Kärner für maximal 800 kV Ladespannung zeigt Fig. 7. Neben den hochfrequenztechnisch guten Eigenschaften der Bauele-

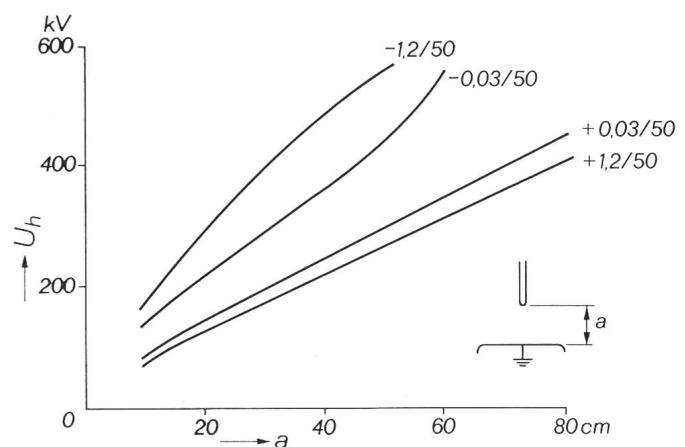


Fig. 9  
Stoss halting voltages  $U_h$  bei Steilimpulsen  
a Schlagweite

mente (Keramikkondensatoren, Massewiderstände), die in Vielfach-Serien-Parallelschaltung betrieben werden, sind die gedrängte Konstruktion mit der nahen Parallelführung von Hin- und Rückleitung und die unmittelbare Einbeziehung des Prüfobjektes in den Stosskreis für die erzielte kleine Induktivität von 2,5  $\mu$ H verantwortlich. Als schnelle Zündfunkentstrecke dient eine druckgesteuerte Mehrfach-Plattenfunkentstrecke. Fig. 8 enthält das Oszillogramm eines 700-kV-Steilstosses, der sich durch seine extreme Flankensteilheit auszeichnet.

#### 4. Verhalten von Funkenstrecken

Um Anhaltspunkte zu gewinnen, wie sich Funkenstrecken gegenüber Steilimpulsen verhalten, wurde im Hochspannungs-institut der Technischen Hochschule München durch Wiesinger zunächst die Abstandsabhängigkeit der Stoss halting voltages einer Spitze/Platte-Funkentstrecke als Repräsentant eines extrem inhomogenen Feldes (Fig. 9) und die einer Kugel/Platte-Funkentstrecke als Repräsentant eines homogeneren Feldes

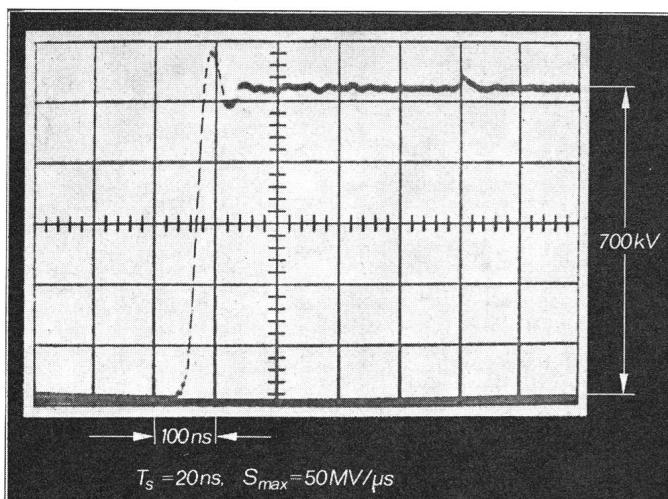


Fig. 8  
Oszillogramm eines Steilstosses  
 $T_s$  Stirnzeit;  $S_{\max}$  Maximale Stirnsteilheit

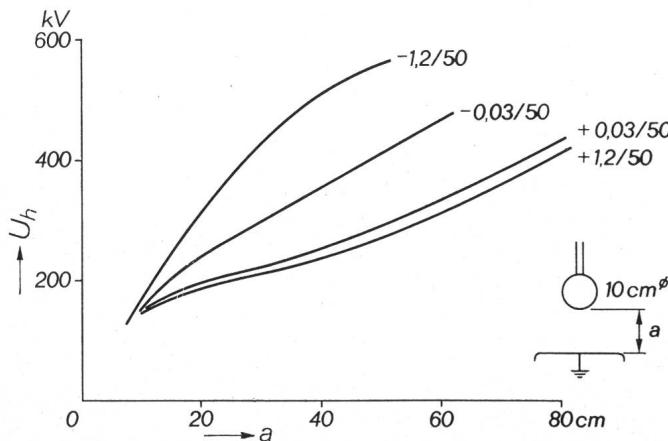


Fig. 10  
Stosshaltespannungen  $U_h$  bei Steilimpulsen  
a Schlagweite

(Fig. 10) durchgemessen. Dabei hat sich insbesondere ergeben, dass die 0,03|50-Stosshaltespannungen beider Polaritäten stets zwischen den Stosshaltespannungen konventioneller Steilheit 1,2|50 liegen und dass darüber hinaus der Steilimpulseinfluss bei negativer Polarität wesentlich ausgeprägter ist als bei positiver. Ferner ist festzuhalten, dass der Steilimpulseinfluss in homogeneren Feldern weniger wirksam ist und im homogenen Felde praktisch verschwindet.

Was die Abhängigkeit des Stosskennlinienverlaufes von der Impulssteilheit anbelangt, so möge zunächst bedacht werden, dass Kennlinien verschiedener Steilheitsbeanspruchung stets unter der Voraussetzung möglichst gleichen Innenwiderstandes der Stoßspannungsquelle aufgenommen werden sollten [16], weil sonst die Gefahr besteht, dass die beobachteten Kennlinienverformungen als vermeintliche Steilheitseinflüsse gedeut-

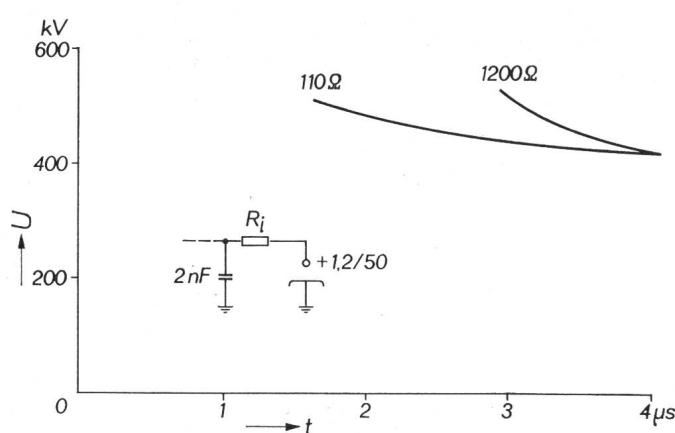


Fig. 11  
Stosskennlinien bei verschiedenem Innenwiderstand  $R_i$   
U Stoßspannung; t Zeit

tet werden (Fig. 11). Besondere Aufmerksamkeit sollte dann dem beobachteten Effekt eines Kennlinienüberschneidens für Anordnungen verschiedener Feldgüte zugeschlagen werden (Fig. 12). Sobald nämlich das Feld inhomogener wird, beginnt die negative Stosskennlinie bei steiler werdenden Impulsen unterhalb der Stosskennlinie des homogenen Feldes zu verlaufen, während im konventionellen Stossimpulsbereich gerade das umgekehrte der Fall ist. Ein zweiter Überschneidungseffekt ist bei Polaritätswechsel an einer Stab/Platte-Funkenstrecke beobachtet worden (Fig. 13), wonach die gewohnte Vorstellung einer tiefer liegenden positiven Stosskennlinie im Falle einer Steilimpulsbeanspruchung nicht mehr

aufrecht erhalten werden kann. Auch ein Umrechnen von Stosskennlinien auf andere Zeitbereiche ist im Steilimpulsgebiet nicht mehr ohne weiteres möglich. In dieser Hinsicht kann nur das Experiment erfolgreich weiter helfen.

Schliesslich sollte noch überlegt werden, ob es für die weitere Zukunft nicht sinnvoll sein könnte, Hochspannungsgeräte mit Stoßspannungen konstanter Stirnsteilheit zu prüfen, und nicht wie bisher, mit konstanter Stirnzeit, nachdem für die Gerätebeanspruchung letztlich die Anstiegsgeschwindigkeit der Spannung massgebend ist. Gerade die Erfahrungen auf dem Steilimpulsgebiet geben Veranlassung, über eine solche Möglichkeit allen Ernstes nachzudenken, wenngleich die Schwierigkeiten ihrer technischen Verwirklichung nicht verkannt werden sollten.

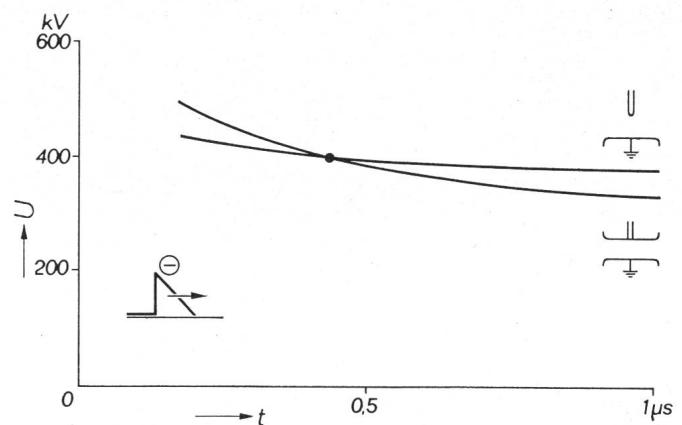


Fig. 12  
Überschneiden von Stosskennlinien bei Steilimpulsen  
U Stoßspannung; t Zeit

## 5. Isolationskoordination

Abschliessend wären noch einige Bemerkungen zum Problem der Isolationskoordination anzufügen: Es ist klar, dass die erwähnten Steilimpulsmessungen im Bereich einiger 100 kV nur einen ersten ungefähren Anhaltspunkt für das Verhalten von Funkenstrecken im Steilstossbereich zu geben vermögen. Auf der anderen Seite zeichnen sich aber bereits heute Effekte ab, die vermuten lassen, dass sich eine nach den 1,2|50-Regeln koordinierte elektrische Anlage im Steilimpulsbereich anders verhalten dürfte als bei konventioneller Stossbeanspruchung, weshalb durchaus die Möglichkeit gegeben sein kann, dass die Station durch einen Steilstromblitz isolationsmässig überbeansprucht wird, was unter Umständen zu unerfreulichen Folgeschäden führen kann. Aus dieser Betrachtungsweise

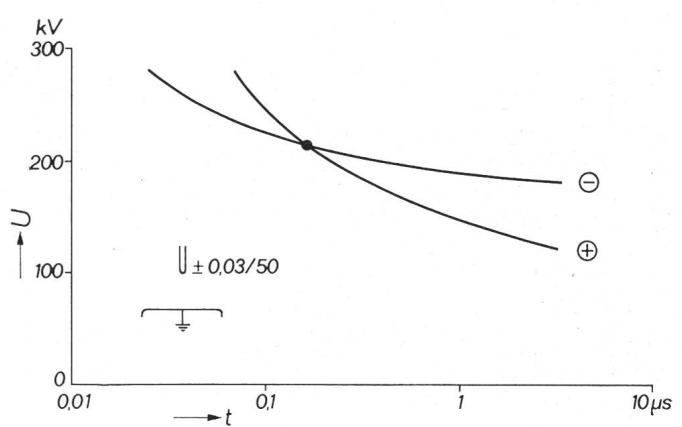


Fig. 13  
Überschneiden von Stosskennlinien bei Steilimpulsen  
U Stoßspannung; t Zeit

scheint es notwendig zu sein, die Gesetzmässigkeiten im Steilimpulsbereich vor allem in experimenteller Hinsicht zu erfassen und durch konkrete Aussagen zu festigen, die dann als Basis einer denkbaren Steilimpuls-Koordination dienen können, mit dem Ziel: Noch mehr Sicherheit für unsere Hochspannungsanlagen!

### Literatur

- [1] *K. Berger*: Surtensions et foudre. Texte sténographique des discussions de la CIGRE 1960. Vol. I, Groupe 33, S. 868...872.
- [2] *K. Berger*: Gewitterforschung auf dem Monte San Salvatore. ETZ-A 82(1961)8, S. 249...260.
- [3] *K. Berger*: Front Duration and Current Steepness of Lightning Strokes to the Earth. In: Gas Discharges and the Electricity Supply Industry. Proceedings of the International Conference held at the Central Electricity Research Laboratories, Leatherhead, Surrey, England 7th...11th May 1962. London, Butterworth 1962.
- [4] *H. Prinz, W. Zaengl und O. Völcker*: Das Bergeron-Verfahren zur Lösung von Wanderwellenaufgaben. Bull. SEV 53(1962)16, S. 725...739.
- [5] *H. Dommel*: Programmierung elektrotechnischer Probleme beim satz von Digitalrechnern. Bull. SEV 54(1963)25, S. 1065...1076.
- [6] *H. Prinz und H. Dommel*: Überspannungsberechnung in Hochspannungsnetzen. 6. Betriebsleitertagung der Allianz, München 1964.
- [7] *K. Berger und E. Vogelsanger*: Messungen und Resultate der Blitzforschungen der Jahre 1955...1963 auf dem Monte San Salvatore. Bull. SEV 56(1965)1, S. 2...22.
- [8] *K. Berger und E. Vogelsanger*: Photographische Blitzuntersuchungen der Jahre 1955...1965 auf dem Monte San Salvatore. Bull. SEV 57(1966)14, S. 599...620.
- [9] *H. Dommel*: A Method for Solving Transient Phenomena in Multiphase Systems. In: Proceedings of the Power System Computation Conference, Stockholm 1966. Part 3, Report 5.8, S. 1...23.
- [10] *J. Wiesinger*: Stoßstromionisierte Funkenstrecken. Bull. SEV 57(1966)4, S. 139...149.
- [11] *J. Wiesinger*: Mehrfachfunkenentladungen — Mehrfachblitzentladungen. Techn. Rdsch. 58(1966)53, S. 41, 43 + 54.
- [12] *J. Wiesinger*: Der Einfluss der Frontdauer der Stoßspannung auf das Ansprechverhalten von Funkenstrecken. Bull. SEV 57(1966)6, S. 243...246.
- [13] *J. Wiesinger*: Absinken der elektrischen Festigkeit von Funkenstrecken bei steilen Stoßspannungen. Bull. SEV 58(1967)3, S. 113...118.
- [14] *E. Flegler*: Der Einfluss der Spannungsform auf das elektrische Isoliervermögen. Energie und Technik 19(1967)2, S. 41...47.
- [15] *H. Kärner*: Die Erzeugung steilster Stoßspannungen hoher Amplitude. Erscheint demnächst im Bull. SEV.
- [16] *H. Kärner und J. Wiesinger*: Kritische Bemerkungen zur Ermittlung der charakteristischen Größen von abgeschnittenen Stoßspannungen. ETZ-A 88(1967)14, S. 339...343.

### Adresse des Autors:

Dr. Hans Prinz, o. Professor, Direktor des Institutes für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Hochschule München, Arcisstrasse 21, D-8 München 2.

## Elektrolytische Korrosion durch Giessharze

Von G. Purt, Männedorf

620.193.7 : 621.315.616.97

Giessharze, nach einem ISO-Vorschlag besser als Vergussharze zu bezeichnen, sind thermoplastische, oder duroplastisch vernetzbare Kunststoffe, die sich in offene Formen vergießen lassen. Die heute sicher bedeutendste Gruppe dieser Werkstoffklasse stellen die, seit etwa zwei Jahrzehnten bekannten und unter der Sammelbezeichnung «Epoxidharze» (Abkürzung «EP») zusammengefassten Produkte dar [1] <sup>1)</sup>. Ihr Name röhrt von der in ihrem Molekülverband enthaltenen, konstitutionellen Epoxidgruppe her. Die ursprünglichen Vertreter dieser Gattung wurden früher auch Aethoxylinharze genannt. Man erhielt sie durch die Kondensation von Epichlorhydrin und Diphenylpropan [2]. Epichlorhydrin ist auch heute noch der wesentliche Reaktionspartner dieser Polykondensation, da es die Epoxidgruppe liefert. An Stelle von Diphenylpropan setzt man aber neuerdings abgewandelte Verbindungen ein. Auf diese Weise lässt sich eine Vielzahl von Harztypen mit unterschiedlichen Eigenschaften herstellen. Das kommerzielle Angebot ist für den Nichtfachmann kaum mehr zu überblicken.

Durch ihre ausgezeichneten Eigenschaften konnten sich die EP in der Elektrotechnik eine hervorragende Stellung sichern, deren Bedeutung noch stark zunehmen wird, [3; 4; 5]. Die leichte Verarbeitbarkeit und gute Klebewirkung, verbunden mit meist vorzüglichen elektrischen Eigenschaften und chemischer Beständigkeit, verführen den Verbraucher oft zur unbedenklichen Anwendung dieser Produkte. In den meisten Fällen wird diese Wahl nicht zu bereuen sein. Im folgenden soll jedoch gezeigt werden, dass in gewissen Grenzfällen der Einsatz von EP sehr gefährlich werden kann.

### 1. Problematik der Giessharze

Im Gegensatz zu den klassischen Werkstoffen, wird bei EP eine viel grössere Zahl verschiedenartigster Produkte unter einen Sammelbegriff vereinigt. Dies gilt nicht nur für

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Harze verschiedener Provenienz. Auch das Sortiment eines einzigen Herstellers umfasst, chemisch gesehen, die verschiedensten Materialien unter einem Marken-Namen. Die Fülle des Angebotes wird durch Mischungen und mehrere Härtertypen zusätzlich erweitert. Allen den daraus herstellbaren, sehr unterschiedlichen Fertigprodukten, ist abgesehen von z. B. der typischen Epoxidgruppe, nur wenig gemeinsam.

Dem Konstrukteur, der gewohnt ist, mit den klassischen Werkstoffen umzugehen, ist diese Problematik kaum bekannt. Auch in Publikationen und Firmenschriften wird selten auf diesen wesentlichen Punkt hingewiesen. Der Anwender von EP wird mit grosser Wahrscheinlichkeit in seinem ersten Versuch positive Erfahrungen machen. Es ist naheliegend, dass er diese vorbehaltlos auf die ganze Werkstoffgruppe überträgt. Vor einer solchen Vereinfachung muss gewarnt werden. Sie ist nicht einmal für das Typen-Sortiment ein und desselben Herstellers zulässig. Es wäre sehr wünschbar, wenn die Erzeuger hier ein grösseres Mass an Aufklärung walten liessen. Sie sollten auch davon abgehen, ihre verschiedensten Produkte unter einem gemeinsamen Marken-Namen auf den Markt zu bringen.

Der Verbraucher muss lernen, dass immer eine spezifische Prüfung des einzusetzenden Produktes notwendig ist. Sie sollte auch die genügende Erprobung in der gewünschten Anwendung bei allen erwartbaren Umgebungsbedingungen des praktischen Einsatzes berücksichtigen. Die Unterlassung solcher Vorsichtsmassnahmen ist nur dann zulässig, wenn der Hersteller auf Grund von Erfahrungen die Bewährung seines Produktes im speziellen Fall garantieren kann. Nur wenn so vorgegangen wird, kann man sich vor unliebsamen Überraschungen sichern.

### 2. Prüfung von Giessharzen

Die Prüfung von Giessharzen wird in der Fachliteratur ausführlich behandelt. Meistens liegt aber das Gewicht auf