Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 117/118 (1941)

Heft: 8

Artikel: Sur l'application d'enduits de protection à l'intérieur de conduites forcées et de galeries sous pression

Autor: Koechlin, Raymond

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-83505

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: 02.07.2025

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

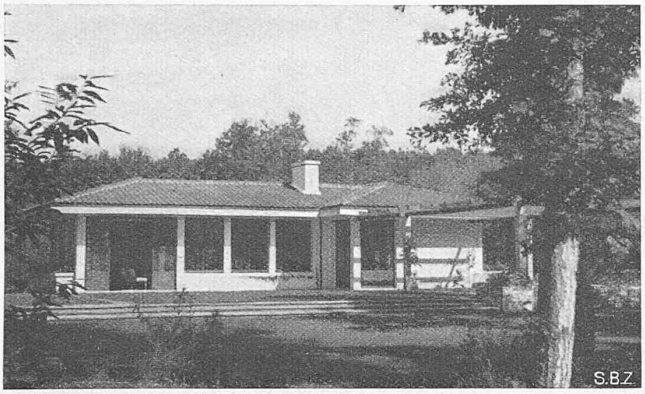


Abb. 9. Aus Süden, rechts provisorische Pergola. Arch. R. LOUP, Lausanne

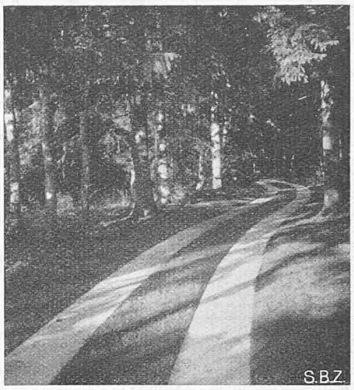


Abb. 10 und 11. Waldweg mit Beton-Fahrspur

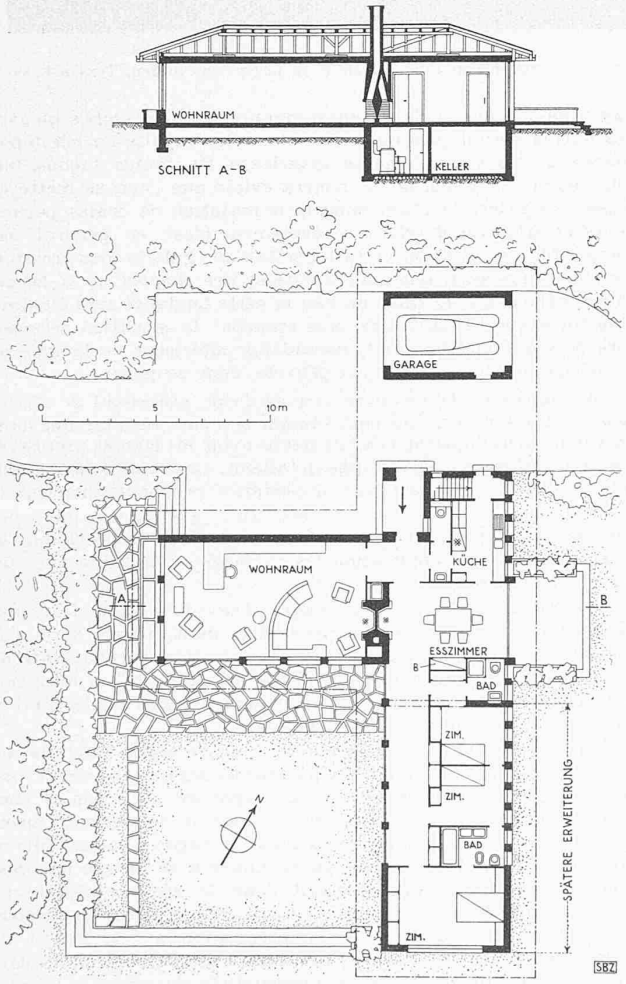


Abb. 5. Ferienhaus «Bois Chamblard». — Grundriss u. Schnitt 1 : 300

in Material und Art der Dachdeckung hält sich der Neubau an das Ortsübliche. Die Backsteinmauern sind innen und aussen verputzt, Fensterrahmen Kunststein, Bodenplatten Naturkalk, ebenso die Chorstufen, der Abendmahltisch und die Kanzel. Um den Chor besonders auszuzeichnen, hat man ihn aus unverputztem Tuff gemauert. An künstlerischem Schmuck sind zu erwähnen ein Fresko an der fensterlosen, nordwestlichen Wand, Bildhauerei der Dienste der Gewölberippen, sowie schliesslich Glasmalereien auf den Fenstern des Chors und der Empore. Für Heizung, Läuten und Orgelspiel bedient man sich der elektrischen Energie. Der ansprechende Bau hat auch sehr wenig gekostet: einschliesslich Mobiliar, künstlerischem Schmuck, Orgel und Honoraren 52 Fr./m³.

*

Eine Bemerkung allgemeiner Art möchten wir hier anbringen. Dachausbauten zerreissen die dunkle Dachfläche viel weniger, wenn man ihre senkrechten Flächen in gleich dunkler Tönung hält wie das umgebende Dach, und nicht im hellen Putz der darunter liegenden Hauswände. Merkwürdigerweise beachten wenige Architekten dieses einfache Mittel zur Beruhigung der Gesamterscheinung. Hier in Mathod sieht man es besonders deutlich: die aus technischen Gründen unvermeidlichen Schallöffnungen beeinträchtigen die wohltuende und im Dorfbild ausgezeichnete ruhige Harmonie; sie stören auch masstäblich. Der Leser möge sich von der Richtigkeit des Gesagten überzeugen, indem er auf Abb. 19 mit weichem spitzem Bleistift die Umrahmung der Schallöffnung retouchiert: sofort wirkt die Turmhaube grösser und ruhiger.

Sur l'application d'enduits de protection à l'intérieur de conduites forcées et de galeries sous pression

Par RAYMOND KOECHLIN, ingénieur, Blonay [1]).

Dans la présente étude, nous ne prendrons en considération que les enduits formant une pellicule relativement plastique rapportée sur une paroi métallique ou en béton. Des enduits de même nature que la paroi sur laquelle ils sont appliqués — comme par exemple des enduits métalliques sur de la tôle ou des enduits à base de ciment ou de produits similaires appliqués sur du béton — ne seront pas considérés comme des «enduits», mais comme partie intégrante de la paroi elle-même avec laquelle, pour remplir leur but, ils doivent faire corps sans solution de continuité.

CONSIDERATIONS GENERALES

Dans de nombreuses installations utilisant des «eaux pures» on a eu des mécomptes avec les peintures appliquées dans les conduites forcées; dans certaines d'entre elles on a déjà constaté, après peu d'années d'exploitation, la presque complète disparition de la peinture et un développement inquiétant de la rouille à l'intérieur de la conduite.

Il faut reconnaître que dans la réalisation de beaucoup d'installations hydro-électriques on n'a pas attaché au problème de ces enduits de protection toute l'attention qu'il méritait et on a souvent négligé d'étudier à l'avance les répercussions que cette question pouvait avoir sur le projet même de l'installation et sur le programme des travaux [2]). Cette lacune a certainement été, dans bien des cas, à l'origine de résultats peu satisfaisants, car de nombreuses peintures ont été appliquées sans méthode et avec une hâte excessive avec le seul souci de ne pas retarder la mise en service de l'installation à la fin des travaux.

Les sujétions résultant pour l'exploitation de réfections d'enduits de protection pourront être limitées, dans certains cas, en adoptant pour l'installation des dispositions appropriées (nombre

---

[1]) En sa qualité d'Ingénieur en Chef d'un Groupe de producteurs d'électricité alsacien, l'auteur du présent article devait présenter ce sujet au Congrès de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique qui devait avoir lieu à Rome en septembre 1939. Ce congrès n'ayant pas eu lieu par suite des événements, il était prévu de faire paraître les rapports préparés en France en vue de ce congrès dans une publication spéciale, mais nous ne savons pas si cette publication a été effectivement réalisée. De toutes façons nous n'avons pas eu l'occasion, en Suisse, de connaître ces rapports: l'auteur du présent article a donc pensé qu'il serait intéressant de porter les expériences exposées ci-après à la connaissance de nos lecteurs avant qu'elles aient perdu leur caractère d'actualité. Réd.

[2]) Ces problèmes ne se posent, bien entendu, que lorsque l'eau utilisée est susceptible de provoquer la corrosion des parois de la conduite ou de la galerie qu'il s'agit de réaliser. La présente étude suppose que l'on se trouve placé dans de telles conditions et n'envisage en outre que l'éventualité où cette corrosion est due à la nature même de l'eau (eaux «pures», gypseuses, salées etc.), sans intervention d'une usure mécanique due à la présence de sable dans l'eau.

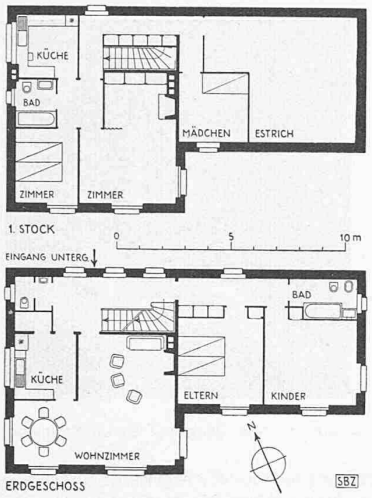


Abb. 12. Grundrisse 1 : 300 — Arch. PERRELET & STALÉ, Lausanne — Abb. 13. Zweifamilienhaus J. Martin ob Vevey, aus Süden, Text s. S. 88

de conduites, conception de ces dernières, etc.) ; il n'en reste pas moins que de telles réfections constitueront toujours pour l'exploitation une gêne sérieuse qui pourra se traduire par des pertes de recettes considérables; aussi, dans certaines installations, des réfections de peintures devenues indispensables sont renvoyées d'année en année, l'exploitant hésitant à réduire ou même à arrêter l'activité de son usine d'une manière prolongée pour parer à un danger avant qu'il soit imminent.

Dans ces conditions il y aura, en général, lieu de rechercher d'emblée l'enduit de protection qui aura la plus grande durée possible; les directives à suivre pour obtenir ce résultat peuvent être résumées comme suit:

I. Enduits sur parois métalliques

On ne peut encore envisager d'adopter couramment un métal inoxydable pour l'exécution de conduites forcées; jusqu'à présent il faut donc, en général, se contenter d'appliquer dans le tuyau une pellicule de protection. Pour qu'un tel enduit ait le caractère de durée requis, il faut qu'il remplisse les conditions suivantes:

1. L'enduit ne devra être altéré ni par l'eau de la conduite ni par l'air (il y aura lieu de tenir compte à ce sujet de la période qui précèdera la mise en eau) et ne devra pas présenter de vieillissement sensible. — 2. L'enduit devra être parfaitement étanche et devra constituer une pellicule suffisamment épaisse et résistante pour ne pas être réduite avec le temps par un simple effet d'usure[3]), mais devra cependant avoir la souplesse nécessaire pour ne pas être cassant. — 3. L'enduit devra adhérer d'une manière parfaite au métal; ceci dépendra: a) du pouvoir adhérant de l'enduit contre le métal; b) de l'état des surfaces métalliques au moment de l'application. Il est indispensable que ces surfaces soient décapées par des moyens appropriés[4]) et qu'elles restent rigoureusement sèches depuis le décapage jusqu'à l'achèvement de l'enduit, ce laps de temps devant d'ailleurs être aussi court que possible.

II. Enduits sur parois en béton

Pour des parois en béton, il y aura lieu, en général, de rendre le béton lui-même aussi insensible que possible à la corrosion et de n'envisager l'application éventuelle d'un enduit que comme protection complémentaire. Il faut toutefois faire une distinction entre les conduites en béton proprement dites et les revêtements en béton de galeries sous pression. En effet, dans le premier cas il sera souvent possible d'assurer la protection complète d'une paroi en elle-même vulnérable à l'aide d'une pellicule étanche rapportée sur le béton. Dans le second cas, au contraire, il sera en général impossible d'obtenir ce résultat par suite des résurgences d'eau que l'on rencontre presque inévitablement sur tout tracé de galerie sous pression.

Quand ces résurgences sont de simples suintements, on parviendra en général à les éliminer localement pendant l'exécution de l'enduit, comme également l'eau de condensation; cependant, même alors, la présence d'humidité dans le béton ne permettra pas d'obtenir des surfaces aussi rigoureusement sèches qu'avec des parois métalliques ou encore dans des tuyaux en béton non soumis à des ruissellements extérieurs. De toutes façons, une fois l'enduit terminé, on ne pourra éviter que l'eau se mette en pression derrière l'enduit, puisque le maintien de drains permanents et efficaces derrière le revêtement n'est, en général, pas compatible avec l'exécution rationnelle d'une galerie sous pression. L'enduit aura ainsi tendance à former des cloques ou à se déchirer déjà avant la mise en eau et cette tendance sera d'autant plus forte que l'enduit sera plus étanche; la situation sera encore plus défavorable pour une vidange ultérieure de la galerie.

Deux problèmes distincts peuvent donc se poser:

a) *Parois en béton sans venues d'eau provenant de l'extérieur*[5]). Dans ce cas, on peut obtenir le même résultat que dans un tuyau métallique et l'enduit devra avoir les mêmes propriétés que celles visées au paragraphe précédent. Les conditions d'application auront, ici aussi, une importance prépondérante sur le résultat obtenu; il faudra, en particulier, que le décapage des surfaces en béton soit réalisé d'une manière irréprochable et qu'au moment de l'application les surfaces en béton soient absolument sèches.

b) *Parois en béton avec venues d'eau provenant de l'extérieur.* Pour les raisons indiquées plus haut, il ne sera pas possible, dans ce cas, d'obtenir une protection satisfaisante du béton par un enduit seul. Il faudra donc que le béton lui-même soit rendu insensible à la corrosion dans toute sa masse ou tout au moins dans une zone de surface[6]).

Si ce résultat n'est pas obtenu d'une manière parfaite, on pourra appliquer un enduit comme mesure supplémentaire. D'une manière générale cet enduit devrait répondre aux mêmes conditions que dans le cas a) ci-dessus, mais il ne devrait cependant pas avoir une grande étanchéité, de façon à laisser filtrer, sans se décoller, l'eau qui aurait tendance à se mettre en pression derrière lui. En fait, il s'agit donc de réaliser plutôt une imprégnation du béton qu'une pellicule rapportée sur ce dernier: ce problème, très délicat, de l'imprégnation a fait l'objet de recherches et les résultats de ces dernières permettent d'entrevoir pour l'avenir de nombreuses possibilités d'application; toutefois ce procédé doit encore faire l'objet de mises au point assez étendues avant de pouvoir être pratiquement utilisé dans les cas qui nous intéressent.

EXEMPLES DE REALISATIONS PRATIQUES

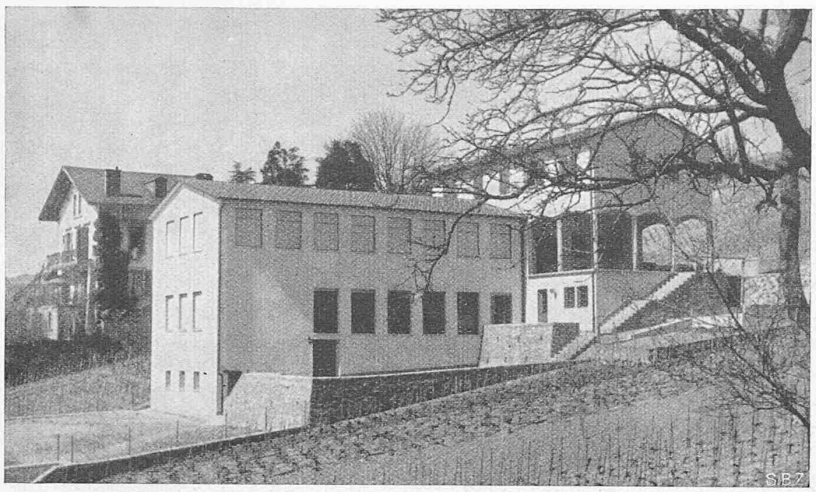
Les trois exemples qui suivent proviennent de l'installation d'accumulation hydraulique par pompage des Lacs Blanc et Noir. Cette installation, située dans les Vosges, conjuguée avec l'Usine de Kembs sur le Rhin, permet d'obtenir une meilleure utilisation de l'énergie produite par cette usine au fil de l'eau. Le pompage s'effectue entre le Lac Noir (lac inférieur) et le Lac Blanc (lac supérieur), deux lacs naturels surélevés antérieurement par de petits barrages; la dénivellation moyenne entre les deux lacs est d'environ 110 m et la tranche d'eau utilisable pour le pompage est d'environ 2 000 000 m³. La puissance installée est de 100 000 kVA (marche en générateur).

[3]) Les peintures usuelles, qui ne forment qu'une pellicule très mince, ne répondent pas à cette condition et ne pourront offrir le caractère de durée recherché.

[4]) Les seuls procédés permettant d'arriver, à l'heure actuelle, à un décapage satisfaisant du métal sont le sablage au sable ou à la grenaille et la phosphatation (à la condition qu'il n'y ait pas incompatibilité entre la couche phosphatée et l'enduit).

[5]) Nous désignerons par «intérieur» la face de la paroi qui est destinée à être en contact avec la veine d'eau sous pression et par «extérieur» la face opposée.

[6]) Voir, plus haut, l'annotation se rapportant au titre du présent article.



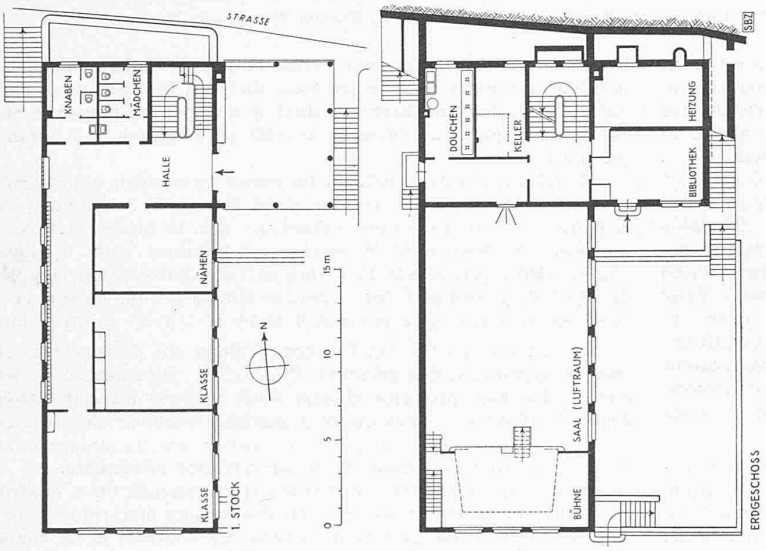


Abb. 14. Ansicht aus Südost und Abb. 15 u. 16 Grundrisse 1 : 400 der «Maison communale», Schul- und Gemeindehaus in Epesses am Genfersee Architekten PERRELET & STALÉ, Lausanne. — Text Seite 88

Cette installation comporte: a) entre le lac supérieur et la cheminée d'équilibre une galerie de 5,50 m de diamètre et d'environ 680 m de longueur à revêtement en béton. b) entre la cheminée d'équilibre et l'usine une conduite métallique de 4,60 m de diamètre et d'environ 350 m de longueur constituant le blindage d'une galerie.

Cette installation a été décrite dans un article paru dans cette revue[7]), mais antérieur à la rupture de conduite qui a partiellement détruit l'usine le 4 janvier 1934. A la suite de cet accident certaines dispositions de l'installation ont été modifiées. La partie aval de la conduite forcée (voir p. 94) qui se trouvait auparavant à l'air libre, a été reportée dans une galerie; cette nouvelle galerie a été établie à la hauteur des turbines et se raccorde vers l'amont à l'ancienne galerie par un tronçon incliné. Ce remaniement de la conduite forcée a été réalisé en utilisant les anciens éléments métalliques de la conduite, notamment ceux du collecteur, mais ces éléments sont maintenant solidarisés avec le rocher comme l'était déjà initialement la partie amont de la conduite forcée. L'enduit faisant l'objet de l'exemple I ci-après a été appliqué après cette transformation.

Les trois applications ont été réalisées par la Société Hydroélectrique des Vosges avec son entrepreneur (Société des Grands Travaux de Marseille) et le concours du Professeur M. Ros à Zurich agissant comme expert technique. L'installation a été mise en service au début de 1938.

L'eau utilisée, qui provient d'un massif granitique, est une «eau pure» contenant en général 2 à 4 milligrammes par litre d'acide carbonique agressif libre. Pour cette installation, l'aménagement d'une seule conduite de grand diamètre s'est imposée pour différentes raisons; il convenait donc de prendre d'emblée toutes les mesures possibles pour obtenir une protection durable contre la corrosion, car une réfection complète de l'enduit de la conduite forcée nécessiterait à elle seule une interruption d'exploitation de plusieurs mois (voir page 11). Les exemples qui suivent proviennent en conséquence d'applications où rien n'a été négligé dans ce but[8]).

I. Exemple d'enduit appliqué sur une paroi métallique

1. Particularités des surfaces à protéger. Il s'agit des parois de la conduite forcée précitée; cette conduite en tôle d'acier, de 4,60 m de diamètre, est montée dans une galerie et solidarisée avec le rocher par enrobage de béton et injections de ciment. Elle présente une inclinaison de 2 % sur environ 230 m de longueur, de 173 % sur environ 75 m et de 48 % sur environ 45 m de longueur, soit au total 350 m, représentant une surface d'environ 5 800 m² à revêtir, à laquelle il faut ajouter environ 950 m² pour la conduite de distribution et ses dérivations, de 2,20 m de diamètre.

2. Caractéristiques de l'enduit. On a choisi le type d'enduit qui, après de nombreux essais, s'est révélé comme répondant le mieux aux conditions visées plus haut. Cet enduit comporte trois couches d'«Inertol» de la qualité 49 (produit à base de bitume naturel[9]) dissous dans un solvant volatil, appliquées à froid au pistolet; ces trois couches forment ensemble une pellicule de fond de 2 à 3 dixièmes de millimètre d'épaisseur) et une couche de protection en émail «Bitumastic», produit à base de bitume naturel[10]), appliquée à la brosse

[7]) Das Pumpspeicherwerk zwischen Schwarz- und Weiss-See in den Vogesen. Von Obering. *H. Blattner* und Ing. *H. Strickler*, Zürich. «SBZ» Bd. 103, S. 21 ff. (Januar/März 1934). Auch als Sonderdruck erhältlich.

[8]) Il y a lieu de relever que, malgré cela, l'exploitant a cherché, par mesure de précaution supplémentaire, à éliminer la cause même de la corrosion en neutralisant l'acide carbonique agressif par une légère adjonction de chaux vive dans l'eau. Ceci montre toute l'importance qu'il attachait à avoir au sujet des corrosions une sécurité absolue; toutefois, l'opération en question n'a pu être envisagée que parce que, dans le cas particulier, il s'agit d'une installation d'accumulation qui utilise toujours la même eau avec des apports extérieurs relativement réduits. Cette opération a été entreprise peu de temps avant le début de la guerre. D'après les premières constatations faites, il ne semble pas que le résultat escompté fût entièrement atteint; les événements empêchèrent cependant de poursuivre les observations et de compléter, le cas échéant, les apports de chaux vive, de sorte qu'on ne peut encore tirer de conclusion de cette intéressante expérience.

[9]) D'après les essais effectués, les produits à base de bitumes naturels paraissent conserver plus longtemps leur qualité d'élasticité et de plasticité que les produits à base de goudron de houille.

[10]) Lorsqu'un enduit est composé de plusieurs couches de produits bitumineux, il importe que tous les produits aient la même matière de base (bitume naturel ou goudron de houille).

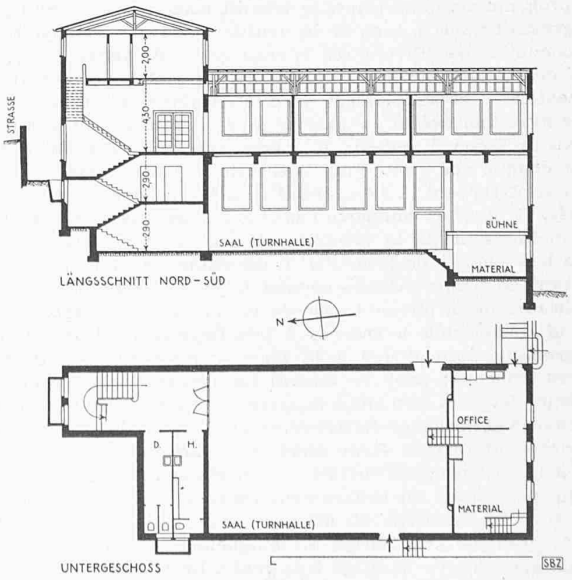


Abb. 17 u. 18. Längsschnitt und Untergeschoss-Grundriss 1 : 400

à chaud sur les couches de fond sus-visées. La température d'application devait être de l'ordre de 180 à 200° et ne devait en aucun cas descendre en-dessous de 150°; la température de fusion ne devait de son côté jamais dépasser 230° pour ne pas altérer les propriétés de l'émail. Cette couche de protection forme une pellicule d'environ 1,5 à 2 millimètres d'épaisseur minimum.

3. Ventilation de la conduite et séchage des parois. Une ventilation forcée était indispensable pour éliminer l'air vicié (poussières du décapage, émanations des solvants et de la chaudière pour la fusion du «Bitumastic» etc.); elle était assurée par un ventilateur de 30 CV placé à la cheminée d'équilibre produisant dans la conduite forcée un courant d'air ascendant.

Les parois de la conduite forcée faisant corps avec le rocher, leur contact avec l'air de ventilation aurait produit de la condensation pendant la majeure partie de l'année. Or, nous avons vu dans ce qui précède qu'il est indispensable d'avoir des surfaces rigoureusement sèches; pour obtenir ce résultat, deux solutions pouvaient être envisagées: 1. refroidir l'air de ventilation avant son introduction dans la conduite, de manière à provoquer la condensation en dehors de cette dernière; 2. réchauffer les parois, de manière à éviter toute condensation dans la conduite quel que soit le degré d'humidité de l'air de ventilation. C'est cette deuxième solution qui a été adoptée; les parois étaient réchauffées par l'air de ventilation lui-même que l'on faisait passer à cet effet à travers des résistances électriques disposées sur un écran mobile placé dans la conduite. Les parois se réchauffaient progressivement au contact du courant d'air chaud jusqu'à ce qu'un état d'équilibre thermique se soit établi. Pour un courant d'air ayant une vitesse de l'ordre de 1 m/sec et avec une puissance chauffante de 250 kW, cet état d'équilibre était déjà atteint après environ 24 heures; les parois avaient alors une température qui évitait toute possibilité de condensation sur environ 100 m au-delà de l'écran chauffant pour les conditions atmosphériques les plus défavorables.

4. Exécution. L'expérience acquise avec la phosphatation exécutée sur place n'ayant pas paru suffisante au moment de l'étude de l'enduit et le décapage au jet de sable donnant lieu à un dégagement de poussières excessif pour un travail en galerie, on a eu recours au jet de grenaille. Après divers essais on s'est arrêté à de la grenaille en acier dur, à grains ronds de 0,8 à 1,5 mm de diamètre, projetée à l'aide de sableuses No. 3 Ingersoll-Rand avec des buses de 8,5 mm de diamètre. Dans le cas particulier, la grenaille pouvant être en grande partie récupérée et réutilisée après nettoyage, la perte, y compris l'usure, était de 0,3 à 0,4 kg par m² de surface décapée. Ce mode de décapage n'élimine cependant pas assez la poussière pour permettre de disposer dans une conduite plusieurs chantiers de décapage et d'application d'enduit en série et on fut donc conduit à adopter un programme, dans lequel le travail, attaqué en un seul point, progressait dans le sens de la ventilation. Pour chaque tronçon de conduite, les différentes opérations — décapage — application des trois couches d'«Inertol» — application de l'émail «Bitumastic» — se succédaient avec le décalage minimum compatible avec une exécution rationelle et l'horaire de travail était prévu de façon à obtenir le même avancement hebdomadaire pour chaque opération. Pour l'exécution on a notamment utilisé le chariot servant, à titre définitif, à la révision de la conduite forcée. Ce chariot comporte des plateformes adaptables à toutes les inclinaisons de la conduite et peut porter deux sableuses avec leur charge de grenaille. Il est équipé d'un dispositif permettant de diriger mécaniquement le jet de grenaille sur les $^2/_3$ supérieurs de la circonférence de la conduite. Ce dispositif n'est pas utilisable dans le tronçon à très forte inclinaison où le jet de grenaille était dirigé à la main, comme sur le radier des autres tronçons; pour ce travail les équipements des ouvriers sableurs devaient être mis à la terre pour éviter des phénomènes de charge et décharge électro-statiques. Toutes les installations: chariots-plateformes, écran chauffant, chaudière au gazoil destinée à la fusion du «Bitumastic» etc. étaient montées sur roues, ce qui permettait un avancement continu et rapide. Avec deux sableuses on décapait 35 m² par poste de 8 heures lorsque le jet de grenaille était dirigé mécaniquement et 15 m² lorsque le jet de grenaille était dirigé à la main. Le chantier de décapage comportait normalement deux sableuses à action mécanique sur le chariot décrit plus haut, précédant deux autres sableuses montées sur lorys dont le jet était dirigé à la main pour l'exécution du radier; on arrivait ainsi à décaper en moyenne 80 à 100 m² par jour (2 postes de travail de 8 heures à 6 hommes par poste).

Abb. 19. Reformierte Kirche in Mathod-Suscévaz, Kanton Waadt, aus Westen

Il fallait, d'autre part, en moyenne (y compris approvisionnement), un poste de travail de 8 heures à 3 hommes pour appliquer les trois couches d'«Inertol» sur la même surface, et un poste de travail de 8 heures à 5 hommes pour appliquer l'émail «Bitumastic» sur la même surface. L'exécution complète de l'enduit, y compris les périodes d'installation, d'essai et de repliement, a nécessité environ 6 mois de travail ininterrompu.

5. Contrôle du travail. Des échantillons ont été prélevés sur chaque expédition des produits «Inertol» et «Bitumastic» et leur conformité aux produits choisis était vérifiée au Laboratoire Fédéral d'Essais de Matériaux à Zurich; mais on s'est surtout attaché à organiser et à suivre le travail d'une manière minutieuse avec tout le personnel de surveillance nécessaire.

Enfin, après l'achèvement complet de l'enduit, on a contrôlé sa qualité en utilisant son pouvoir d'isolement électrique d'après le procédé du brossage à haut voltage. Ce contrôle a été réalisé en passant sur toute la surface de l'enduit une brosse métallique portée au potentiel d'environ 10 000 Volts. Aux endroits où l'enduit présentait des défauts (fissures ou manque d'épaisseur), il se produisait des étincelles très visibles au passage de la brosse. Chaque point faible pouvait être exactement repéré et éliminé par une réfection locale; le grand nombre de petits défauts ainsi mis en évidence a démontré tout l'intérêt que présente cette vérification même dans le cas d'une exécution spécialement soignée.

Au cours d'une révision de la conduite qui a eu lieu en août 1939, donc dans la seconde année d'exploitation, on a pu constater que la tenue de l'enduit avait été entièrement satisfaisante, depuis la mise en service de l'installation.

II. Exemples d'enduits appliqués sur parois en béton

a) *Enduit se prêtant à une application sur paroi en béton sans venues d'eau extérieures*[11]).

En fait, l'enduit dont il s'agit n'a pas été appliqué dans une conduite forcée, mais sur une paroi verticale en béton, d'une surface totale d'environ 4000 m², immergée dans un réservoir (Lac Noir) dont le niveau subit d'importantes fluctuations. Cet enduit se prêterait néanmoins, quant à son type, à une application dans un tuyau sans venues d'eau extérieures et on peut donc tirer des résultats obtenus quelques enseignements en vue d'une telle application. Toutefois, dans le cas particulier, l'enduit était plus accessible que cela n'est en général le cas dans une conduite forcée; des réfections pouvant ainsi être envisagées sans trop de difficultés, on n'a pas cherché à obtenir, comme dans l'exemple précédent, une pellicule de protection spécialement épaisse. Par contre, les surfaces à protéger étant alternativement immergées ou hors de l'eau, le problème de l'altération par l'air et le gel prenait une importance spéciale; il fallait en outre obtenir un enduit d'une couleur donnée, les surfaces étant visibles lorsqu'elles sont hors de l'eau, problème qui ne se pose pas pour un enduit de conduite forcée. Comme pour l'exemple pré-

[11]) Voir remarque 5.

Abb. 20. Reformierte Kirche Mathod, aus N. — Arch. PAUL LAVENEX, Lausanne

cédent, on a procédé à de nombreux essais avant de s'arrêter au type d'enduit suivant: trois couches d'«Inertol» de la qualité 49, produit à base de bitume naturel, la première couche, plus fluide que les autres, étant appliquée au pistolet et les deux couches suivantes au pinceau, et deux couches d'«Emultit», produit à base de caoutchouc, appliquées à froid au pinceau sur les couches précédentes, un colorant étant en outre incorporé à ce produit, de façon à obtenir une surface de couleur grise.

Les trois couches d'«Inertol» recouvertes des deux couches d'«Emultit» gris constituent une pellicule étanche d'environ 0,3 à 0,4 mm d'épaisseur. Les essais avaient montré que des couches d'«Inertol» et d'«Emultit» pouvaient se superposer sans inconvénient dans un ordre quelconque, de sorte que des réfections locales étaient toujours possibles avec l'un ou l'autre produit.

Avant l'application de la première couche, les surfaces de béton ont été décapées à la boucharde pneumatique, puis, après un nettoyage au jet d'eau, elles ont été ragréées avec du mortier[12]) taloché à la main sur une épaisseur de 2 à 5 mm. Pendant l'exécution de l'enduit, les surfaces ragréées étaient complètement sèches (le Lac Noir était vide); comme nous l'avons vu, cette condition est indispensable pour obtenir un résultat satisfaisant.

[12]) Composition du mortier: sable à grains de 0,8 à 2 mm, 500 kg de ciment Portland par m³ de sable, 1 kg de «Sika» pour 8 litres d'eau de gâchage.

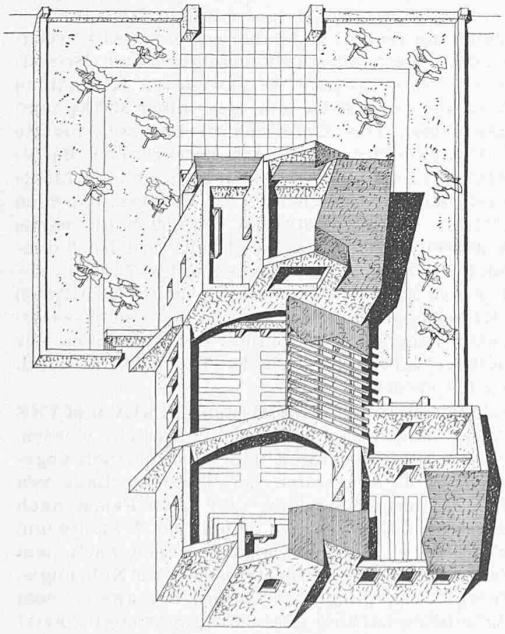
On tablait, d'autre part, sur une absence presque complète de mouvements d'eau dans le béton derrière l'enduit après la mise en service; on admettait, en conséquence, qu'il n'y aurait pratiquement pas d'eau en pression derrière l'enduit lorsque le niveau de l'eau en contact avec la paroi baisserait pendant l'exploitation. En fait, cette condition n'a pas été entièrement réalisée et la pellicule constituée par les 5 couches précitées s'est détachée localement en plusieurs points de la surface ragréée sur laquelle elle avait été rapportée. Cette formation de cloques ne s'est toutefois guère produite dans les zones où le béton avait été pervibré parce que, dans ces parties, la compacité du béton s'opposait à toute venue d'eau. Cet insuccès partiel provient donc de ce que cet enduit, dont les caractéristiques exigent une absence complète de venues d'eau à travers le béton, a été placé, après son application, dans des conditions analogues à celles de l'exemple b) ci-après. Ce qui précède constitue une confirmation des principes exposés plus haut quant aux difficultés de réaliser un enduit étanche du type considéré en cas de venues d'eau, même lorsque ces dernières peuvent être complètement évitées pendant l'exécution.

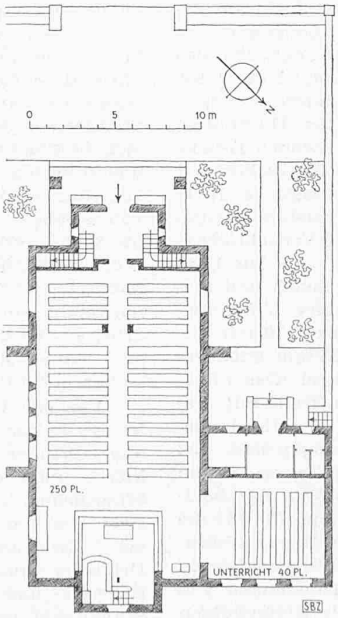
b) *Enduit appliqué sur une paroi en béton avec venues d'eau extérieures*[13]).

Cet enduit protège le revêtement en béton (épaisseur minimum du béton environ 25 cm) de la galerie sous pression mentionnée plus haut ainsi que celui de la cheminée d'équilibre placée à l'extrémité aval de cette galerie (fig. page 94). Cette dernière a un diamètre intérieur de 5,50 m et une longueur d'environ 680 m avec une pente de 1,25 %; la surface totale de l'enduit est de l'ordre de 16 000 m².

Se conformant aux principes développés plus haut, on a cherché dans ce cas à réaliser un béton aussi insensible que possible à l'action des eaux pures, mais un exposé des expériences faites à ce sujet sortirait du cadre de la présente étude. Nous mentionnerons simplement que ce béton, traversé pendant 3 à 4 ans par des suintements localisés d'eaux pures avant la mise en service de l'installation, ne présentait, après cette épreuve, aucune trace de désagrégation. Ce résultat permet de penser que le revêtement ne donnera pas lieu à des mécomptes pendant l'exploitation; cette conclusion se trouve d'ailleurs confirmée par les constatations faites au cours d'une révision effectuée dans la seconde année de service.

[13]) Voir remarque 5.





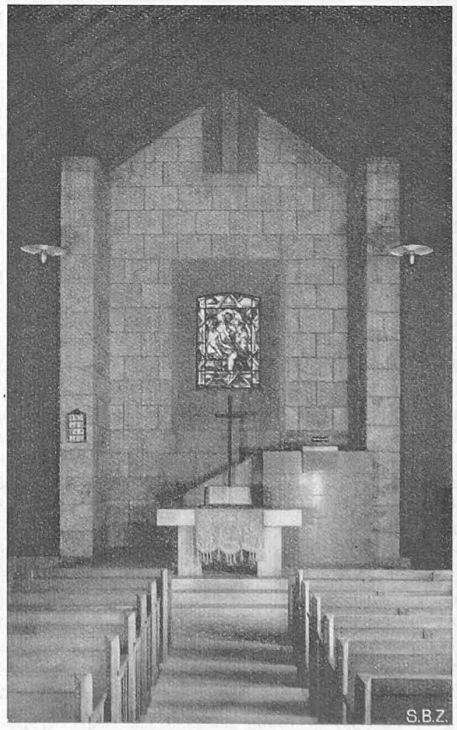
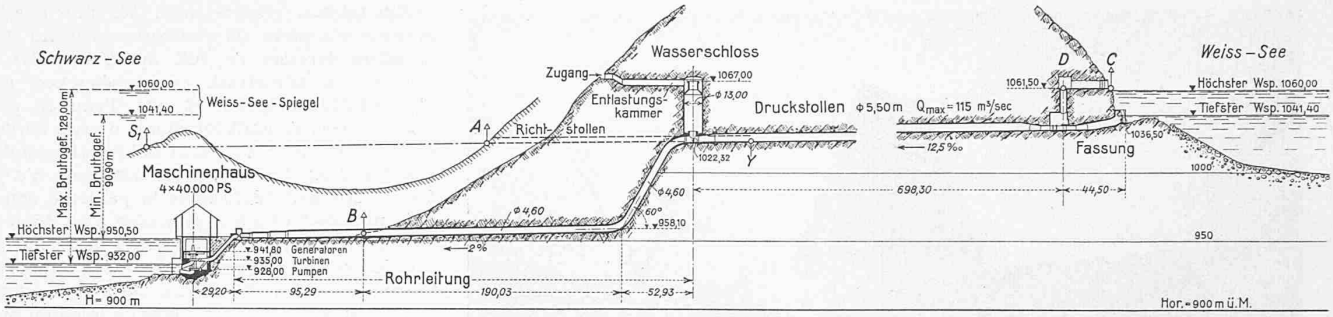


Abb. 21. Isometrischer Schnitt und Abb. 22 Grundriss 1 : 400 der Reformierten Kirche der Dörfer Mathod und Suscévaz. Arch. PAUL LAVENEX, Lausanne

Text Seite 88

Abb. 23 (rechts). Innenbild gegen Taufstein und Kanzel



Profil en long de la galerie sous pression et de la conduite forcée reliant le Lac Blanc avec l'usine sur le Lac Noir, avant la transformation décrite dans le texte page 91. — Echelle 1 : 5000

Malgré les précautions prises dans le sens indiqué ci-dessus, on a cherché à obtenir une protection supplémentaire du béton par un enduit; cet enduit est constitué par trois couches (dont une dite d'imprégnation) d'«Inertol» de la qualité No 1, à base de goudron de houille, appliquées à froid au pistolet.

Avant cette application, les surfaces de béton ont été nettoyées à la brosse métallique et au jet d'eau après quelques ragréages locaux. Une ventilation forcée était réalisée comme dans l'exemple I ci-dessus, mais sans chauffage de l'air; les principales venues d'eau étaient drainées provisoirement jusqu'à l'achèvement de l'enduit et les surfaces à recouvrir étaient en outre séchées par la flamme de brûleurs au mazout immédiatement avant la projection de la première couche d'«Inertol». Celle-ci, appliquée plus fluide que les deux couches suivantes, était partiellement absorbée par le béton; ce phénomène, sans doute favorisé par le réchauffement préalable du béton, avait pour résultat d'imprégner pour ainsi dire le revêtement sur une très faible profondeur. La pellicule créée par les deuxième et troisième couches d'«Inertol» avait une épaisseur insuffisante pour s'opposer à la sortie de l'eau aux points de résurgence. Lorsque la galerie était vide, les suintements traversaient ainsi le revêtement sans qu'il se produise des décollements tels que ceux mentionnés au paragraphe a) ci-dessus, l'enduit étant constitué par une pellicule moins épaisse et plus cassante que dans le cas précédent et également sensiblement moins étanche du fait de l'absence d'«Emultit».

MITTEILUNGEN

Eisenbahn-Fährverbindung Giurgiu-Rustschuk. In der Donaustrecke zwischen Belgrad und Cernavoda fehlt jede Brückenverbindung für die von Nord und Süd zur Donau führenden Bahnen. Für den besseren Zusammenschluss der von Bukarest kommenden Linie mit dem bulgarischen Eisenbahnnetz wurde daher eine, vor kurzem fertiggestellte Eisenbahnfähre zwischen Giurgiu auf rumänischer Seite und Rustschuk am bulgarischen Ufer geschaffen. Wegen den grossen Höhenunterschieden der Ufer gegenüber den Donauwasserständen, wobei die Hafenbahngeleise auf Kote + 8,0, die Hafensohlen auf — 3,0 liegen, hat man auch andere Lösungen mit einer hochliegenden festen Donaubrücke für Durchfahrt bei allen schiffbaren Wasserständen, einer tiefliegenden Brücke mit beweglicher Schiffahrtsöffnung, und einem Fährschiff mit beweglichem Oberdeck überprüft. Finanzielle Ueberlegungen führten zu dem für Fährschiffe leistungsfähigsten Ausführungstyp mit festen Deckgeleisen und Uferrampen für eine Verkehrsmöglichkeit zwischen den Wasserständen + 7,0 und — 0,5. Die Landungsmanöver von den Hafenbahnhöfen auf das Schiff und umgekehrt beanspruchen je 40 Minuten, während eine Umladung mit Kran oder bei Hubdeck mindestens je 90 bzw. 70 min erfordert hätte. Dazu kommt die Flussfahrt mit 35 min aufwärts nach Rustschuk und 25 min abwärts nach Giurgiu. Das Fährschiff hat eine Ladedecklänge von 65 m bei 15 m Breite mit drei Geleisen von total etwa 150 m Nutzlänge, die an den gleich ausgebildeten verjüngten Schiffsenden zusammengezogen sind. Bei einem Ladegewicht von 450 t beträgt der Tiefgang 2 m und liegen die Schienen 1,60 m über Wasser. Die Dieselmotoren der beidseitigen Propeller haben Antriebsleistungen von je 670 PS; die Steuerung erfolgt durch Verstellung der Propellerflügel «Voith-Schneider»[1]) von der Kommandobrücke aus. Bei den bedeutenden Wasserstandschwankungen sind die Rampenverbindungen von besonderem Interesse. Sie bestehen beidseitig aus in Uferschlitzen liegenden beweglichen Landungsbrücken von fünf Oeffnungen zu je 35 m Länge und einem flusseitigen Klappenstück von 26,6 m Stützweite, auf dem auch die Zusammenziehung der drei Fährschiffgeleise auf die eingeleisige Rampe bewerkstelligt wird. Entsprechend den Wasserständen können die an Drahtseilen aufgehängten Rampenbrücken einzeln mittels Windwerken mit maschinellem und Hand-Antrieb eingestellt werden. Die ganze Anlage mit Schiff-Brücken und Tiefbauarbeiten ist in sehr eingehender Weise im «Bauingenieur» vom 20. Februar 1941 beschrieben; als Generalunternehmer wird das MAN-Werk Gustavsburg, als Auftragwert 2,3 Mio RM genannt. Bei wachsendem Verkehr soll später ein zweites Fährschiff eingestellt werden, sodass dann in 10 Stunden 90 Wagen von Rustschuk nach Giurgiu und 45 Wagen in der Gegenrichtung bewältigt werden können.

[1]) Vgl. Beschreibung Bd. 98, S. 226* (1931); ferner Bd. 107, S. 165* (1936).

Elektrisches Unterwasserschweissen und -schneiden hat sich zu einem Verfahren entwickelt, das in Anpassung an die Eigenart der Taucherarbeit bis zu 10 m Wassertiefe erprobt wurde und sich bewährt hat. Nach «Z.VDI» vom 11. Januar wurden für den Betriebstrom die handelsüblichen Gleichstrom-Schweissumformer dann als geeignet befunden, wenn ihr dynamisches Verhalten eine rasche Spannungswiederkehr nach Kurzschlüssen sichert, die beim Zünden und bei Tropfenübergängen entstehen. Die Umformerbemessung muss daher um rd. 25 % höher sein als beim gewöhnlichen Schweissen. Zum übrigen Werkzeug ist zu bemerken, dass blanke Metallteile der Elektrodenhalter durch Hartgummiaufpressungen vollkommen isoliert sein müssen, da sonst — besonders im Meerwasser — starke elektrolytische Zersetzungen und Stromverluste entstehen. Wegen der schlechten Sicht bei Unterwasserarbeiten ist eine grosse Lichtbogenbeständigkeit notwendig, die nur mit Spezialelektroden erreicht wird, die dick ummantelt und mit nicht leitendem Lack versehen sind. Deren Schweissgut muss wegen der starken Abkühlung im Wasser unempfindlich gegen Schrumpfrissigkeit und Abschreckhärtung sein. Bei sachgemässer Ausführung lassen sich hohe Festigkeiten der Unterwasser-Schweissverbindungen erzielen; es wurden mit Stahl St 42 Zerreissproben mit 45 kg/mm² erreicht, mit Bruch im Werkstoff selbst. Die Abschreckwirkung bezw. Härtung ist nicht besonders gross, da das Schweissgut mit dem Stickstoff der Luft nicht in Verbindung kommt und daher seine, die Abschreckhärtung begünstigende Aufnahme nicht erfolgen kann. Brinellhärte-Messungen von unter Wasser geschweissten Kehlnähten ergaben sogar Resultate von 180 kg/mm² gegenüber 150 kg/mm² an Blechen in Luftarbeit. Das Unterwasserschweissen musste sich überhaupt auf Kehlnahtverbindungen beschränken, da V- und X-Verbindungen bis jetzt nicht gelungen sind, weil der Lichtbogen in der Wurzel sehr stark abgelenkt wird. Für das Schneiden von Blechen bis 20 mm sind Stromstärken von 450 A, für solche bis 35 mm 900 A ausreichend. Die Schneidezeit wird bei 5 mm-Blechen mit 5 min/m und bei 20 mm-Blechen mit 35,7 min/m genannt, wobei für je 1 m Schnittlänge etwa 4 bezw. 15 Elektroden notwendig sind. Es sei noch bemerkt, dass zu den Unterwasserarbeiten alle üblichen Tauchergeräte benützt werden können, nur sind blanke Metallkörper, im besondern der Taucherhelm, durch isolierende Ueberzüge zu schützen.

Von der Arbeitsbeschaffungs-Kommission des SEV und VSE ist das in der Tabelle skizzierte Programm aufgestellt worden, das, zuhanden der Behörden, technisch und wirtschaftlich abgeklärte unternehmenswürdige Arbeiten der Elektrotechnik von öffentlichem Interesse durch Verteilung auf neun Felder nach zwei Gesichtspunkten ordnet: So stehen in dem der 2. Spalte und der 3. Zeile angehörigen Feld jene Arbeiten, denen nach dem Urteil der Kommission hinsichtlich ihrer Bedeutung für Nahrungs-, Rohstoff- und Energieversorgung des Landes der zweite, vom Standpunkt der Arbeitsbeschaffung (Beschäftigungsmöglichkeit) der dritte Platz gebührt. Die Kommission empfiehlt daher zur Zeit vor allem die erste Spalte des übrigens durchaus elastisch gedachten Schemas der Beachtung. Die vorgeschlagenen Arbeiten sollen mindestens die Betriebsausgaben einschliesslich Erneue-