

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 45 (1954)  
**Heft:** 23  
  
**Rubrik:** Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

### **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:** 16.01.2026

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

## Zur bevorstehenden Abstimmung über die Rheinau-Initiative

von F. Wanner, Zürich

342.8 : 621.311.21 (494.342.3)

*Es werden die staatspolitischen, rechtlichen und moralischen Gesichtspunkte dargelegt, die bei der bevorstehenden Volksabstimmung über die Rheinau-Initiative von Bedeutung sind. Der Referent gelangt zum Schluss, dass die Initiative auf eine Verleugnung unseres Rechtsstaates hinausläuft und daher auch aus diesem Grunde abgelehnt werden muss.*

*L'auteur expose les arguments politiques, juridiques et moraux qui sont de première importance pour la votation sur l'initiative de Rheinau. Il conclut que l'initiative implique le reniement du droit constitutionnel établi, et que le peuple doit par conséquent la rejeter.*

Der Rheinau-Konflikt stellt, gemessen am Gesamtgeschehen in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft, glücklicherweise einen Sonderfall dar. Er sollte aber trotzdem nicht für sich allein beurteilt werden. Man wird zu einem um so gerechteren Urteil kommen, je mehr man ihn in das Gesamtgeschehen hineinstellt. Die gute Seite der bevorstehenden *eidgenössischen Abstimmung über die Rheinau-Initiative* mag vielleicht darin gesehen werden, dass jeder Bürger sich selbst auf diese allgemeinen Zusammenhänge wieder einmal besinnen muss.

Ob es den Rheinau-Gegnern gefällt oder nicht, so müssen wir doch diesen Kampf gegen ein Kraftwerk im Rahmen unserer Elektrizitätswirtschaft betrachten. Es geht dem Naturschutz nämlich nicht nur darum, den Bau des Rheinauwerkes zu verhindern. Vielmehr soll dies nur das Signal sein, um die Erteilung weiterer Konzessionen zu einem Spielball der Politik zu machen und die Risiken der Projektierung ins Ungemessene zu erhöhen. Es geht also heute um eine *grundsätzliche Auseinandersetzung von grosser Tragweite*, die letztlich jeden Bürger und Energiekonsumenten interessieren muss.

Dabei handelt es sich beim Vollausbau unserer Wasserkräfte um Entscheidungen von gewaltiger Bedeutung. Sie können nur mit Hilfe des Bürgers und Konsumenten getroffen werden. Dieser muss von der Notwendigkeit einer aktiven Kraftwerkpolitik überzeugt sein. Er muss dabei neben dem Gesichtspunkt des Heimatschutzes auch den wirtschaftlichen, finanziellen, wehrwirtschaftlichen, handelspolitischen und nationalen Überlegungen das nötige Gewicht geben.

Es wäre sicher wertvoll, auf diese grösseren Zusammenhänge im einzelnen zurückzukommen. Wir möchten uns aber darauf beschränken, im folgenden mehr die naturschützerischen, staatspolitischen, rechtlichen und moralischen Gesichtspunkte, die für die bevorstehende Abstimmung über die

Rheinau-Initiative unmittelbar von Bedeutung sind, zu betrachten.

Die nachfolgenden Ausführungen bieten unseren Lesern nichts Neues. Es mag aber nicht schaden, alle jene Argumente, ganz besonders *auch d'ejeni-gen nicht technischer Natur*, in Erinnerung zu rufen, die uns veranlassen, für den Bau des Kraftwerkes Rheinau einzustehen.

Vor allem darf man nicht der Versuchung erliegen, ihn einzig und allein vom Blickpunkt des Naturschutzes aus zu beurteilen und *auf eine objektive Abwägung der übrigen auf dem Spiel stehenden Interessen zu verzichten*. Diese Gefahr hat offenbar die Schweiz. Vereinigung für Heimatschutz im Gegensatz zum Schweiz. Naturschutzbund schon frühzeitig erkannt. Sie hat sich im Kampf gegen Rheinau nie derart exponiert und auch nie zu so einseitiger Betrachtung hinreissen lassen wie das sog. «Überparteiliche Komitee zum Schutz der Stromlandschaft Rheinfall-Rheinau», dem einige der prominentesten Vorstandsmitglieder des Naturschutzbundes angehören. Der gegen die Erteilung der Konzession sich mit aller Vehemenz wehrende Naturschutzbund mit 47 000 Mitgliedern hat seinerzeit an der entscheidenden Generalversammlung mit nur 41 gegen 28 Mitglieder-Stimmen die Unterstützung der Rheinau-Initiative beschlossen. Auf eine Urabstimmung unter den Mitgliedern hat er verzichtet. Es sei allerdings anerkannt, dass es ihm gelungen ist, eine eigentliche Volksbewegung gegen den Kraftwerkbau in Gang zu bringen. Dafür zeugt nicht nur die Tatsache verschiedener Protestkundgebungen in Rheinau selber. Als Beweis dafür gilt auch der bekannte Aufruf eines Professoren-Komitees, sowie eine die Presse aller Parteien zeitweise stark in Anspruch nehmende Auseinandersetzung zwischen Naturschutz und Technik. Die Unterschriftensammlung selber entsprach vielleicht nicht ganz diesem Aufwand: Die Rheinau-Initiative kam mit knapp 59 000 Unterschriften zustande, woran der volkreiche Kanton Zürich allein 36 000, der

Kanton Schaffhausen 6000 und die ganze übrige Schweiz 17 000 Unterschriften beisteuerte.

Mit diesen Feststellungen soll keineswegs die echte Sorge vieler Schaffhauser und Zürcher Naturschutzanhänger um ein Stück wertvollster Stromlandschaft am Rhein bagatellisiert werden. Es handelte sich um eine durchaus ernst zu nehmende Volksbewegung mit Männern an der Spitze, die voller Begeisterung und mit dem Mute der Überzeugung den Kampf gegen die Konzession und später gegen den Bau des Kraftwerkes Rheinau aufnahmen. Es ist in einer Zeit des Materialismus und der Vergötzung des Erfolges durchaus nicht selbstverständlich, dass eine rein ideellen Zielen dienende Bewegung ein derartiges Echo auslöst. Man muss aber bei diesem Kampf eine deutliche Trennung machen zwischen dem Zeitabschnitt vor der Erteilung der Konzession und jener Phase, in der man mit einer *Aufforderung zum Rechtsbruch* ein normalerweise nicht mehr mögliches Ziel doch noch auf einem für unser Land neuartigen und hoffentlich einmaligen Weg durchsetzen will.

Hier trennen sich die Geister. Hier müssen gegenüber einer ursprünglich ideale Ziele verfolgenden Volksbewegung und ihren Führern ernsthafte Vorbehalte gemacht werden. Unsere Demokratie leidet darunter, wenn man nicht anständig verlieren kann. Eine Partei kann nach einer verlorenen Schlacht noch eine Zeitlang schimpfen. Sie darf aber niemals den eigenen Standpunkt mit Mitteln durchsetzen wollen, *die auf eine Verleugnung unseres Rechtsstaates hinauslaufen und die das Volk zum Wortbruch auffordern*. Wer diesen Überlegungen beipflichtet, muss (selbst als Gegner des umstrittenen Kraftwerkes) der Initiative die Gefolgschaft versagen. Ein sektiererischer Naturschutz, der mit der Verleumdung der Behörden und mit der Verachtung der wichtigsten Grundsätze der Verfassung arbeitet, findet beim Bürger kein Gehör mehr. Er dient allein der Zerstörung und Vernichtung und kann seine Hauptaufgabe nicht mehr mit reinem Gewissen erfüllen.

Den Verfassern des Initiativtextes und den juristischen Beratern des Naturschutzes muss heute der Vorwurf gemacht werden, einer idealen Sache einen schlechten Dienst zu erweisen, ja, den Naturschutzgedanken zu diskreditieren. Das darf man nach dem vernichtenden Urteil, das nicht nur die bundesrätliche Botschaft, sondern auch der Nationalrat und der Ständerat über den zweiten Teil des Initiativtextes, die sog. Übergangsbestimmung, gefällt haben, mit vollem Recht behaupten. Die Bundesversammlung hat sich erst nach gewissenhaftester Prüfung zum Entscheid durchringen können, die Initiative zur Volksabstimmung zuzulassen. Sie hat damit ein Bekenntnis zur Demokratie abgelegt, das der Bürger gebührend würdigen wird. Gleichzeitig kristallisierte sich aber in beiden Rä-

ten die Meinung heraus, dass es sich um eine *unmögliche Initiative handle, die aus staatspolitischen, rechtlichen, völkerrechtlichen und moralischen Gründen abzulehnen sei*. Es muss sicher auch den Freunden der Initiative zu denken geben, dass Parlamentarier aus allen Parteien in der Rheinau-Frage überhaupt nur die staatspolitische Seite betrachten wollten. Sie lehnten es ab, auf die Naturschutzargumente einzutreten, weil ihnen heute nur noch mit einer verfassungsrechtlichen Ungeheuerlichkeit entsprochen werden könnte.

Auf Einzelheiten einzutreten, ist im vorgerückten Stadium der Diskussion wohl kaum mehr nötig. Jedermann weiss zur Genüge, um was es geht. Darum nämlich, dass eine vom Bundesrat rechtsgültig erteilte Konzession für ein Kraftwerk, mit dessen Bau auf Grund der Konzessionsbestimmungen vor zwei Jahren begonnen werden musste, annulliert werden soll. Nach dem Willen der Initianten müssten also Millionenwerte vernichtet und aus reiner Rechthaberei ein Kraftwerk, in dem schon mehr als 60 Millionen Franken verbaut oder Arbeiten und Aufträge vergeben sind, wieder abgerissen werden.

Der einfache Bürger muss sich die Frage stellen, ob er angesichts eines solchen Vorgehens auf die eigentlichen Naturschutz-Einwendungen gegen Rheinau überhaupt eintreten will. *Denn jemand, der masslos übertreibt, verwirkt das Recht, ernst genommen zu werden*. Diese Übertreibungen kommen aber nicht nur in der Zielsetzung der Initiative zum Ausdruck. Sie zeichneten sich während der ganzen Kampagne gegen den Bundesrat und gegen die Zürcher und Schaffhauser Regierung wie auch gegen die Rheinau A.-G. ab. Man hat wahrlich nicht gespart mit Drohungen persönlicher Art, mit Schmähbriefen und andern Mitteln der Einschüchterung. Die Rheinau-Bewegung hat damit zu Methoden gegriffen, die unserer Demokratie unwürdig sind. So ist es z. B. eine Brückierung besonderer Art, jeden Ingenieur oder Kraftwerkfreund als Naturschänder hinzustellen und als Schweizer zweiter Klasse zu degradieren.

*Es wird auch jetzt von den Initianten immer noch behauptet, der Rheinfall müsse gerettet werden*. Dabei steht fest, dass dem 24 m hohen Rheinfall kein Tropfen Wasser entzogen und die Änderung des Wasserstandes im 13 m tiefen Rheinfallbecken sich in durchaus erträglichen Grenzen halten wird. Bei einer Wasserpegelhöhe von 356,4 bis 359,8 m ü. M. wird die erlaubte Stauhöhe sich zwischen 358 und 359 m bewegen. Im Sommer wird sich das Bild der stürzenden Wasser praktisch überhaupt nicht verändern. Im Winter werden die schmutzigen Kiesbänke vom Wasser bedeckt sein, was gewiss der Ästhetik nicht abträglich ist. Betrug die Wasserspiegelschwankung bisher 3,47 m, so wird sie sich in Zukunft auf 0,87 bis 1,87 m verringern, was bei der Höhe des Rheinfalls überhaupt nicht ins

Gewicht fällt. Auf der bisher unwegsamen Strecke vom Rheinfall bis Rheinau wird der Rhein maximal 6 m hoch gestaut. Der tief eingeschnittene und stark bewaldete Rhein wird hier nichts von seiner Schönheit verlieren. *Es wird weder ein Tal unter Wasser gesetzt, noch geht nur 1 Quadratmeter fruchtbaren Ackerbodens verloren.* Nicht nur hat der Bundesrat dem Werk Auflagen in einem Ausmass bis zu 13 Millionen Franken gemacht und ist dabei weiter gegangen als je bei einem andern Werk. Nein, er hat sich auch für die Zukunft das Recht vorbehalten, je nach dem Ergebnis der Stauversuche, nach Beendigung des Werkes die Staukoten festzusetzen und weitere Massnahmen zum Schutz des Landschaftsbildes anzuordnen. Alle diese vorsorglichen Massnahmen ersparten aber dem Bundesrat nicht den Vorwurf, er sei von der Rheinau A.-G. gekauft und er lasse mit dieser Konzession eine Verschandelung der schönsten Landschaft Europas zu.

Art. 22 des Wasserrechtsgesetzes verlangt wörtlich:

**«Naturschönheiten sind zu schonen oder dort, wo das öffentliche Interesse an ihnen überwiegt, ungeschmälert zu erhalten.»**

Es handelt sich also um eine Interessenabwägung, die dem Bundesrat nicht leicht gefallen ist, bei der er aber auch das öffentliche Interesse am Kraftwerkbau, wie es in der Bundesverfassung verankert ist, zu berücksichtigen hatte. Der Aufwand von 13 Millionen Franken allein für den Landschaftsschutz, bei Gesamtkosten des Werkes von 100 Millionen Franken zeigt, dass es sich hier um äusserst weitgehende Zugeständnisse an die Forderungen der Naturschutzanhänger handelt.

Damit kommen wir zur Beantwortung der Hauptfrage, in welchen Punkten die Initiative mit unserem Rechtsstaat unvereinbar und deshalb in der Volksabstimmung zu verwerfen ist. Selbst Bundesrat Feldmann, der mit aller Vehemenz und im Vertrauen auf den Rechtssinn des Bürgers für die Zulassung zur Volksabstimmung eingestanden ist, hat von einer *verfassungsrechtlichen Ungeheuerlichkeit gesprochen. Worin besteht diese und wie kann und muss sie dem Bürger als der am 5. Dezember entscheidende Punkt klar gemacht werden?*

1. In Art. 4 unserer Bundesverfassung steht:

**Jeder Schweizer ist vor dem Gesetze gleich.**

Wir sind stolz auf diesen Grundsatz. Die Rheinau-Initiative aber verstösst dagegen. Sie will von allen Konzessionen, die auf demselben Weg erteilt worden sind, *nur die eine*, eben die Rheinau-Konzession *aufheben*. Das schafft ungleiches Recht. Spezialgesetze gegen bestimmte Leute, Klassen und Ortschaften kennt nur die Diktatur, nicht die freie Demokratie.

2. Dem Schweizer darf sein rechtmässig erworbenes Eigentum nicht weggenommen werden, so-

fern er sich nicht vor dem Gesetz vergangen hat; im Gegenteil, was ihm gehört, darüber hat nur er zu verfügen. Die Initiative verstösst gegen diesen Grundsatz der *Eigentumsgarantie*. Sie nimmt den Konzessionären ein rechtmässig erworbenes Recht weg, und zwar nach dem Text der Initiative ohne Entschädigung. Nun wird freilich von den Initianten betont, eine Entschädigung müsse geleistet werden. Das geht aber aus dem Text nicht hervor, noch wird irgendwo gesagt, wer diese Dutzende von Millionen zu zahlen hätte.

3. Unser Staat ruht auf dem Grundsatz der *Gewaltentrennung*, d. h. wir haben eine *richterliche Gewalt*: das Bundesgericht; eine *gesetzgebende*: die Bundesversammlung und das Volk; und eine *ausführende*, die für die Verwirklichung der Gesetze sorgt: den Bundesrat. Jede dieser Behörden hat ihre ganz bestimmten Aufgaben und darf sich nicht in jene der andern einmischen. Was würden wir etwa sagen, wenn der Bundesrat ein Urteil des Bundesgerichtes einfach aufheben und anders verfügen würde? Ein Chaos ohnegleichen wäre die Folge.

Nun steht freilich über allen Behörden das Volk; es kann überall eingreifen. Wir haben aber dem Bundesrat ganz bestimmte Aufgaben erteilt, die er *selbständig* zu lösen hat. Dafür ist er unsere gewählte Regierung. Soll er überhaupt regieren können, so müssen wir seine ihm mit Recht zustehenden Entscheide auch anerkennen. Bei der Rheinau-Konzession handelt es sich um einen solchen rechtmässig vom Bundesrat getroffenen Entscheid. Stürzen wir ihn um, dann zwingen wir den Bundesrat, sein Wort gegenüber den Konzessionären und gegenüber dem Ausland zu brechen, ein Wort, welches er in unserem Namen als unsere oberste Landesbehörde gegeben hat. Wird man mit dem Bundesrat überhaupt noch verhandeln können, wenn er jederzeit den Vorbehalt anbringen muss, das Volk könne seinen Entscheid noch umstossen?

4. In unserm Land herrschte bisher die Ansicht, Gesetze müssten richtig und wahr sein. Die Übergangsbestimmung enthält aber eine Lüge. Sie behauptet, der Bundesrat habe die Rheinau-Konzession unrechtmässig erteilt. Das Parlament und die Staatsrechtler sind einmütig gegenteiliger Ansicht, ob sie nun für oder gegen das Kraftwerk Rheinau eingestellt seien. Wollen wir eine Lüge in der Verfassung?

5. Der Schweizer glaubte bisher, dass eine heute erlaubte Handlung nicht 10 Jahre später als strafbar erklärt und geahndet werden dürfe. Wir kannten keine *rückwirkenden Gesetze*. Wer also etwa 1920 näher an die Strasse heranbaute, als es nach baupolizeilicher Vorschrift heute gestattet wäre, der muss sein Haus trotzdem 1954 nicht abbrechen. Wir wären empört, müsste er es tun.

Die Rheinau-Initiative erklärt aber das, was der Bundesrat 1944 mit Recht entschied, 1954 als Un-



recht. Der Konzessionär, der an sein Recht glaubte und zu bauen begann, soll nun, 10 Jahre später, ins Unrecht versetzt werden und alles abbrechen. Das verstösst gegen das einfachste Rechtsgefühl und würde eine staatsrechtliche Ungeheuerlichkeit bedeuten.

Wir würden aber nicht nur unser eigenes Rechtsleben einer schwerwiegenden Belastung aussetzen, wir würden auch das *Völkerrecht verletzen* und das Vertrauen der Welt auf das Spiel setzen.

Warum?

Im Jahre 1929 schloss die Schweiz mit Deutschland einen Vertrag über die Regulierung des Rheins zwischen Strassburg und Istein. Dieser Vertrag ermöglichte die Grossschiffahrt bis Basel, an der Deutschland gar kein Interesse hatte, die aber Basel einen ungeheuren Aufschwung und der Schweiz grosse Frachteinparungen ermöglichte. Als kleineren Gegendienst versprach die Schweiz, die Erteilung von Wasserrechtskonzessionen am Oberlauf des Rheins «zu beschleunigen» und die «Ausführung der Kraftwerke zu erleichtern». Dem Vertrag zugrunde lag ein Ausbauprojekt für den Oberrhein, in dem auch Rheinau enthalten war. Dieser Staatsvertrag wurde von der Bundesversammlung genehmigt. Es wird nun gesagt, dieser Vertrag verpflichte die Schweiz nicht, ein Kraftwerk Rheinau zu bauen. Das mag sein. Nachdem aber die Konzession rechtmässig von Deutschland und der Schweiz erteilt worden ist, wäre ein Rückzug ohne Zweifel eine *Verletzung dieses Vertrages*, denn ein solcher würde den Kraftwerkbau weder «beschleunigen» noch «erleichtern».

Ganz abgesehen davon gebietet aber auch die Politik der *guten Nachbarschaft* Treue zum gegebenen Wort. Der Rhein gehört nicht uns allein, beinahe die Hälfte ist Eigentum des Landes Baden. Er kann nur in Zusammenarbeit genutzt werden; jede Hälfte für sich ist wertlos. Das Land Baden hat betont, dass es im Interesse seiner Volkswirtschaft auf den Bau nicht verzichten könne.

Richtig ist, dass das Schweizer Volk beschliessen kann, einen Staatsvertrag zu brechen. Ob es das tun soll, ist eine andere Frage. Ein internationaler Prozess im Haag, der einem solchen Volksentscheid sicher folgen würde, brächte uns ein ungünstiges Urteil, eine Blamage vor der Welt und die Verurteilung zu einem Schadenersatz von Dutzenden von Millionen an unsern nördlichen Nachbarn.

*Damit kommen wir zum wirtschaftlichen und finanziellen Aspekt der Frage.* Wir haben bereits angedeutet, welche Bedeutung das Kraftwerk

Rheinau für unsere Stromversorgung hat. Muss es wieder zerstört werden, dann fällt die Elektrizitätsversorgung einer Stadt von 40 000 bis 50 000 Einwohnern dahin; 60 000 t Kohle pro Jahr müssten zur Erzeugung der entsprechenden Energiemenge eingeführt werden.

Wäre das schon eine schwere Belastung für unsere Volkswirtschaft, so wären die Folgen für den Bundeshaushalt noch viel schwerwiegender. Selbst von den Initianten wird gesagt, *eine Entschädigung müsse geleistet werden*. Diese müsste in viele Millionen gehen und vom Steuerzahler der ganzen Schweiz bezahlt werden. Das werden sich namentlich die Bürger ausserhalb von Zürich und Schaffhausen überlegen müssen.

*Fassen wir zusammen:*

Die Rheinau-Initiative ist abzulehnen,  
weil sie einen Wortbruch verlangt,  
weil sie unser Ansehen im Ausland gefährdet,  
weil sie uns Millionen Franken von Steuergeldern kostet,  
weil sie ein mit vollem Recht erbautes Werk zerstören will,  
weil sie unsere Stromversorgung verschlechtert,  
weil sie eine Unwahrheit in der Bundesverfassung verankern will.

Das tönt scharf, ja vernichtend. Wir wissen, dass die Rheinau-Initianten weder unser Land noch unser Recht gefährden wollen. Wir wissen, dass sie aus Sorge um ein Stück Heimat handelten. Sie haben dabei aber vergessen, dass die Heimat weiter reicht als selbst die schönste Landschaft. Sie hat begonnen auf dem Rütli zum Vaterland zu werden. Auf diesem Boden wurde aber auch der Bundesbrief, unsere erste Rechtsordnung, beschworen. Beide, Recht und Landschaft, gehören zum Leben unseres Landes, wenn die Schweiz das bleiben soll, was sie war: Land der Schönheit, Land der Treue, Land des Rechts. Die Initiative hat ein Gutes gehabt: sie hat alle wachgerüttelt und aufgefordert, auch Werte zu sehen, die sich nicht in Franken und Pferdekräften ausdrücken lassen; sie hat einer eigentlichen Besinnung über die Pflichten des Menschen gegenüber Gottes freier Natur gerufen. Einen Erfolg hat die Initiative also bereits gehabt; ihr sinnvolles, verantwortbares Ziel ist erreicht. Unsere Ablehnung bezieht sich nicht auf den Gedanken des Heimat- und Naturschutzes, sondern einzig und allein auf den Rechtsbruch, den diese Initiative in sich schliesst.

Adresse des Autors:

Dr. F. Wanner, Direktor der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Schöntalstrasse 8, Zürich 1.

## Über Anlage und Durchführung der Freilandversuche des VSE zur Prüfung von Stangenimprägnierungen

von O. Wälchli, St. Gallen

621.315.668.1.004.4

*Der Referent legt die Gründe dar, die zur Durchführung von Freilandversuchen mit verschiedenen Imprägniermitteln und mit den bis heute bekannten Imprägniermethoden geführt haben. Sodann werden einige grundsätzliche Fragen über die Anlage und die Durchführung dieser Versuche besprochen.*

*L'auteur expose les raisons qui ont amené l'U.C.S. à entreprendre des essais en plein air avec les différents produits et méthodes d'imprégnation actuellement connus. Il traite ensuite de quelques questions fondamentales concernant les champs d'essais et le déroulement des essais eux-mêmes.*

### A. Einleitung

Im nachfolgenden soll über die Anlage und Durchführung der vom Verband Schweiz. Elektrizitätswerke in Zusammenarbeit mit der PTT begonnenen Freilandversuche zur Prüfung von Stangenimprägnierverfahren berichtet und es sollen einige grundsätzliche Fragen der Stangenimprägnierung behandelt werden. Die Imprägnierung der Stangen bezweckt den Schutz gegen Angriffe durch holzerstörende Pilze. Es darf darunter aber kein absoluter Schutz verstanden werden (ein solcher ist bei Holz wie auch bei andern Werkstoffen bis heute unerreichbar), sondern vielmehr der Versuch, die Gebrauchsdauer der Leitungsstangen zu verlängern.

Der wohl wichtigste Grund, warum es zur Anlage solcher Versuche kam, ist die bekannte Kupferresistenz des Porenhau schwammes (*Poria vaporaria*); sie hat zur Folge, dass sich bei Stangen, die mit Kupfersulfat imprägniert wurden, schon wenige Jahre nach dem Stellen starke Schäden bemerkbar machen können. Diese speziellen Verhältnisse zwischen mit Kupfersulfat behandelten Stangen und *Poria vaporaria* wurden neben andern auch von Gäumann [1] und Wälchli [2] beschrieben. Wir müssen aber immer bedenken, dass es neben dem Porenhau schwamm sicher noch andere verwandte kupferresistente Pilzarten gibt. Im Zusammenhang mit den genannten Versuchen wurde z. B. ein weiterer, sich ähnlich verhaltender Pilz aus der Gattung *Poria*, nämlich *Poria incarnata* Fr. [3], isoliert. Das Verhalten dieses Pilzes soll in einer späteren Mitteilung beschrieben werden.

Neben dem bis vor kurzem in der Schweiz fast ausschliesslich angewandten Saftverdrängungsverfahren nach Boucherie mit Kupfersulfat wurden im Laufe der Zeit eine grössere Zahl anderer Imprägnierverfahren entwickelt; sie weisen, wenigstens teilweise, bezüglich ihrer Anwendung unter schweizerischen Verhältnissen nicht die Bequemlichkeit und Eignung des Saftverdrängungsverfahrens auf, gewährleisten auf der andern Seite aber besonders gegen den Porenhau schwamm eine grössere Schutzwirkung.

### B. Warum Freilandversuche?

Im Vergleich zu Laboratoriumsversuchen ist für Freilandversuche ein ungleich grösserer Arbeits-, Material- und Zeitaufwand notwendig. Zweckmäs-

sig angelegte Freilandversuche haben aber den grossen Vorteil, dass sie unter praktischen, trotzdem aber gut kontrollierbaren und möglichst gleichartigen vergleichbaren Verhältnissen vor sich gehen können. Sie werden unter weitgehend definierten Bedingungen, die mit der Lage und der Art der Versuchsgelände zusammenhängen, durchgeführt.

Die Freilandversuche sollen dazu dienen, unter den vielen heute gebräuchlichen Imprägnierverfahren die weniger oder nicht geeigneten auszuschneiden und die Vor- und Nachteile der guten Verfahren gegeneinander abzuwägen. Es sollen nicht nur Einfach- oder Grundimprägnierverfahren, sondern auch Verbesserungen des Saftverdrängungsverfahrens durch Anbringen eines Doppelstockschutzes geprüft werden. Ebenso dürfen auch die Nachbehandlungsverfahren an stehenden Stangen nicht vernachlässigt werden, ermöglichen diese doch oft eine wesentliche Verlängerung der Standdauer der Stangen. Der Gebrauchsdauer der in Leitungsnetzen stehenden Stangen entsprechend, können bei den Freilandversuchen eindeutige Ergebnisse erst nach einigen Jahren erwartet werden. Schlechtere Verfahren dürften aber immerhin relativ bald erkannt und damit ausgeschieden werden können.

### C. Anlage und Durchführung der Feldversuche

Langdauernde Versuche erfordern eine gründliche Planung; einmal angesetzt, können nachträgliche Korrekturen nicht mehr beliebig angebracht werden. Der Verlauf der Versuche wird durch verschiedene äussere Faktoren beeinflusst [4]: Art des Geländes, Bodenbeschaffenheit, Niederschlagsmenge, Düngung, Temperatur, Art und Masse der verwendeten Versuchshölzer, Art des Pilzbefalles usw. Zu diesen Punkten seien deshalb im folgenden auch einige grundsätzliche Bemerkungen angebracht:

1. *Versuchsgelände und Klima.* Die Durchführung von Freilandversuchen, die möglichst allgemeingültige Resultate ergeben sollen, ist an ein entsprechendes Versuchsgelände gebunden, bei welchem normale Bodenverhältnisse, Niederschlagsmengen und Temperatur gegeben sein sollen. Daneben sollte es aber auch möglich sein, Versuche bei extremen Klimaverhältnissen, insbesondere unter stark abweichenden Niederschlagsmengen, durchzuführen. Bei den Versuchen des VSE ist dies

inbezug auf die Höhe der jährlichen Niederschläge möglich.

Eine einwandfreie Auswertung von Ergebnissen gelingt am besten, wenn sich verschiedene Versuche, resp. Versuchsfelder, in möglichst wenigen den Verlauf der Versuche bestimmenden veränderlichen Bedingungen unterscheiden. Die Höhe der Niederschläge kann die Dauerhaftigkeit von wenigstens z. T. auswaschbaren Imprägnierungen, vor allem von Nachbehandlungsimprägnierungen mit Salzgemischen, welche an der Holzfaser nicht oder nur unvollständig und erst nach einer gewissen Zeit fixiert werden, unter Umständen stark beeinflussen.

Heute stehen dem VSE zwei geographisch getrennte Versuchsgelände mit stark voneinander abweichenden Niederschlagsmengen zur Verfügung.

Die Centralschweizerischen Kraftwerke (CKW) in Luzern stellten dem Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke ein günstig gelegenes und geeignetes Versuchsfeld in Rathausen bei Emmenbrücke zur Verfügung. Dieses Gelände, aus einem östlichen (Fig. 1) und einem westlichen Feld (Fig. 2 und 3)

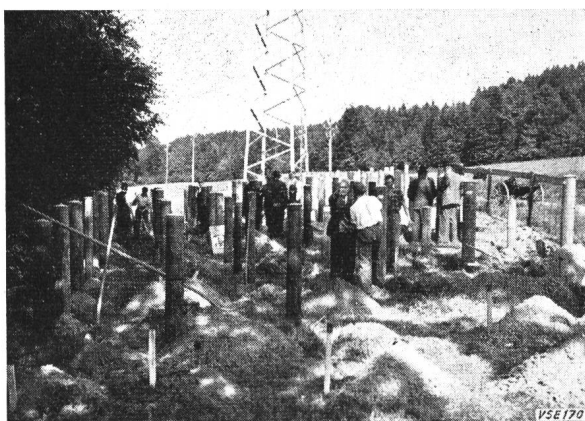


Fig. 1

Versuchsfeld Rathausen-Ost, während der Arbeit

bestehend, liegt etwa 3 km nördlich von Luzern und befindet sich in der Zone mit 110–120 cm mittlerer jährlicher Niederschlagsmenge. Das schweizerische Mittelland, in dem der grösste Teil der Stange steht, weist im allgemeinen eher etwas geringere und das Alpengebiet grössere Niederschläge auf. Beide Versuchsfelder (Naturwiesen) liegen am rechten Ufer der Reuss. Das westliche Stück ist eben und zeigt guten, ziemlich üppigen Graswuchs, der offenbar auf relativ gute Nährstoffversorgung zurückzuführen ist. Das östliche Feld grenzt unmittelbar an das von Sträuchern und Bäumen stark bewachsene Ufer der Reuss und hat einen weniger gleichmässigen Graswuchs. Der Boden ist stellenweise etwas steinig.

Die Böden der beiden Felder wurden durch die Eidg. landwirtschaftliche Versuchsanstalt in Zürich-Oerlikon untersucht. Das östliche Feld ist im Obergrund vollständig entkalkt, aber schon in 20 cm Tiefe treten Spuren von Kalk auf. Der Boden des

westlichen Feldes ist bis an die Oberfläche kalkhaltig. Die Nährstoffversorgung im westlichen Feld

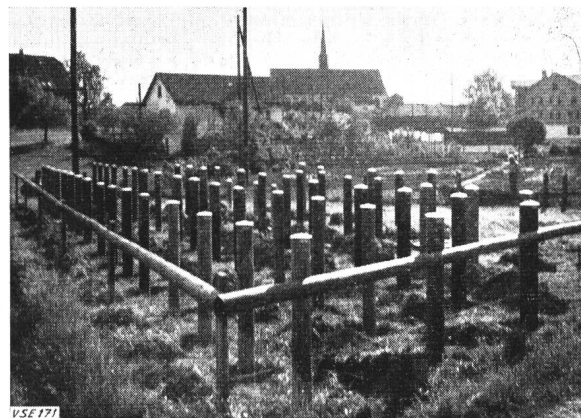


Fig. 2

Überblick über das Versuchsfeld Rathausen-West

ist besser und gleichmässiger als im östlichen Feld. Die Phosphorsäureversorgung ist im östlichen Feld mangelhaft und im westlichen gut. Der Gesamtstickstoffgehalt ist im östlichen Feld ungleichmässig und gering und im westlichen gleichmässiger und von normaler Grössenordnung. Im allgemeinen handelt es sich in beiden Fällen um mittlere bis schwache Nährstoffgehalte. Der Humusgehalt ist im westlichen Feld, entsprechend dem etwas höheren Gesamtstickstoffgehalt, etwas höher als im östlichen Feld, aber ebenfalls gering, eher unter dem Mittel schweizerischer Naturwiesenböden. Die Böden sind mittleicht mit mässigem Tongehalt und auf Grund des grossen Porenvolumens locker. Dies ermöglicht auch bei nassem Wetter eine gute Durchlüftung, was an sich einen Befall der Versuchshölzer durch Pilze eher begünstigen sollte.

Ein zweites Versuchsgelände wurde von den St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerken, St. Gallen (SAK) in *Starkenbach* (Toggenburg) zur Verfügung gestellt. Die jährlichen Niederschlagsmengen betragen hier 180–200 cm, sind also bedeutend höher als in Rathausen. Die in Starkenbach anzustellenden Versuche sollen zur Feststellung des Ein-



Fig. 3

Ausschnitt aus dem Versuchsfeld Rathausen-West



flusses erhöhter Niederschlagsmengen auf die Dauerhaftigkeit der Imprägnierungen beitragen.

Die oberste Schicht des Bodens von 5–10 cm besteht bei diesem Gelände aus dunkelbrauner, stark humoser lockerer Erde. Darunter folgen ca. 50 cm rötliche, sehr lockere und dann lehmige Erde. Der Boden des ganzen Feldes ist schwach sauer und von gleichmässiger Beschaffenheit. Das darauf wachsende Gras ist gleichmässig und ziemlich üppig.

In beiden Versuchsgeländen wurden zur Bestimmung der Reaktion (pH-Werte) gleichmässig verteilte Erdproben aus der obersten Bodenschicht entnommen. Die pH-Bestimmungen erfolgten elektrometrisch mit Glaselektrode an filtrierten wässrigen Auszügen von 5 g Erde auf 100 ccm destilliertes Wasser. Dabei wurden folgende Werte festgestellt:

pH-Werte in den Versuchsfeldern Rathausen und Starkenbach  
Tabelle I

Versuchsfeld	pH-Werte	
	Einzelwerte	Mittelwert
<i>Rathausen</i>		
westliches Feld	7,3/7,1/7,2/7,7/7,6/7,7	7,4
östliches Feld	7,1/7,0/6,7/6,7/6,6/6,3/6,3/6,4/6,3/6,6	6,6
<i>Starkenbach</i>	5,4/5,7	5,6

Das westliche Feld in Rathausen ist leicht alkalisch (= kalkhaltig). Das östliche Feld in Rathausen und, in noch stärkerem Masse, das Versuchsfeld in Starkenbach reagieren leicht sauer (= nicht kalkhaltig). Beide Versuchsgelände sind auf Grund ihrer Eigenschaften für Freilandversuche geeignet.

Die in den Jahren 1952 und 1953 und bis im Sommer 1954 angesetzten Versuche sind auf das Versuchsgelände Rathausen beschränkt, da das Feld in Starkenbach für die Versuche erst im Sommer 1954 verfügbar wurde.

**2. Versuchshölzer.** Für die Versuche werden allgemein 3 m lange Stangenabschnitte verwendet (Fig. 2). Die Verwendung ganzer Stangen kam des zu grossen Materialaufwandes wegen bei diesen ersten Versuchen nicht in Frage. Grundsätzlich könnten die Prüfungen auch mit Proben anderer, z. B. kleinerer Abmessungen, durchgeführt werden. Stangenabschnitte von normalem Durchmesser wurden aber bevorzugt, weil angenommen werden kann, dass sich verschieden dicke Hölzer unterschiedlich verhalten und möglichst den praktischen Verhältnissen entsprechende Bedingungen eingehalten werden sollen.

Die Zuverlässigkeit von Versuchsergebnissen nimmt allgemein mit grösserer Probenzahl zu. Aus verständlichen Gründen musste die Zahl der Stangenproben pro Imprägnierung innerhalb eines vernünftigen Rahmens gehalten werden. Mit 6–10 Abschnitten ist noch eine hinreichende Zuverlässigkeit der Versuche gewährleistet.

Von den in der Mehrzahl der Fälle zur Verfügung stehenden 10 Stangenabschnitten wurden 6 im

östlichen und 4 im etwas kleineren westlichen Feld gesetzt; dieses wird jährlich zweimal mit Stalljauche gedüngt. Bei einzelnen Versuchen mit weniger Stangen wurden diese in entsprechendem Verhältnis auf die beiden Felder verteilt. Durch die Prüfung der einzelnen Imprägnierungen in beiden Feldern soll ein möglicherweise feststellbarer Einfluss der Bodenbeschaffenheit, resp. der Düngung, auf die Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit der Imprägnierungen erfasst werden.

Bei allen Versuchen wird darauf geachtet, dass nur gesundes Holz, das vor allem frei von Stockfäule- oder andern Schäden ist, verwendet wird. Da in der Schweiz zum weitaus grössten Teil Fichtenstangen verwendet werden, ist die fast alleinige Verwendung von Fichtenstangen in den Freilandversuchen gerechtfertigt. Es sollen aber auch andere, für einzelne Gegenden charakteristische Holzarten in die Versuche einbezogen werden.

**3. Imprägnierverfahren.** Inbezug auf die Prüfung der verschiedenen Verfahren sind bei den bisherigen Versuchen nicht alle wünschbaren Bedingungen erfüllt. So war es nicht möglich, von allen verwendeten Imprägniermitteln Muster für die chemische und physikalische Prüfung derselben zu erhalten. Im weiteren waren über die Imprägnierungen bei den Stangen für die ersten Versuche nur teilweise quantitative Angaben über die verbrauchten Schutzmittelmengen erhältlich. Diese Mängel, die nicht vermieden werden konnten, sollen bei späteren Versuchen so weit als möglich ausgeschaltet werden.

Um eine umfassendere Beurteilung von Imprägnierverfahren zu ermöglichen, sollen diese an Stangenabschnitten auch chemisch untersucht werden. Die Bestimmung der Verteilung und des Eindringvermögens der Schutzmittel ergibt weitere Anhaltspunkte für die Bewertung. Es ist auch vorgesehen, Stangenabschnitte, die infolge Vermorschung ausgebaut werden, nachträglich noch einer chemischen Prüfung zu unterwerfen, um eventuell die Ursache der frühzeitigen Vermorschung feststellen zu können. Die chemisch-analytische sowie die mykologische Prüfung nach dem Klötzchenverfahren zur Bestimmung der Grenzwerte soll wenn irgend möglich ebenfalls durchgeführt werden.

Die bisherigen Untersuchungen umfassen Imprägnierverfahren, die in die folgenden drei Gruppen eingereiht werden können:

- Einfache Imprägnierungen.* Die Stangen werden in einem Arbeitsgang imprägniert (z. B. Boucherieverfahren, Kesseltränkungsverfahren usw.).
- Doppelstockschutzimprägnierungen.* Die Stangen werden meist zuerst nach dem Boucherieverfahren mit Kupfersulfat imprägniert und nachträglich im besonders gefährdeten Fussteil auf einer Länge von 2–3 m einer zusätzlichen Imprägnierung unterworfen (Impfstich-, Osmose-, Anstrichverfahren).

- c) *Nachbehandlungsverfahren*. Nachbehandlung von stehenden Stangen in der Erd-Luft-Zone (Impfstich-, Bandagen-, Anstrichverfahren).

Die bisherigen Beobachtungen bei den einzelnen Imprägnierverfahren sollen in einer später erscheinenden Publikation beschrieben werden.

Im Laufe des Monats Juli 1952 wurde im Versuchsgelände Rathausen mit dem Stellen der 3 m langen verschieden imprägnierten Stangen begonnen. Die Proben wurden nach einem vorher aufgestellten Plan in Reihen gestellt. Zwischen den Stangenreihen wurde ein Abstand von 2 m und zwischen den Stangen der gleichen Reihe ein solcher von 1,5 m eingehalten. Die Stangen wurden auf übliche Weise ca. 1,4 m tief, versehen mit einem Steinkranz ungefähr 40 cm unter der Erdoberfläche, durch Personal der CKW und der PTT gesetzt.

4. *Registrierung*. Zur Kennzeichnung wurden alle Stangen mit Aluminiumblechtafelchen fortlaufend numeriert. Um alle Daten und Beobachtungen an jeder einzelnen Versuchsstange übersichtlich und leicht auffindbar festhalten zu können, wird eine dreifach geführte Kartei angelegt. Es ist hiefür eine geeignete Karteikarte ausgearbeitet worden. Die drei Karteien befinden sich 1. bei den CKW, Luzern, 2. beim Sekretariat des VSE in Zürich und 3. bei der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (EMPA) in St. Gallen.

5. *Infizierung der Versuchsstangen mit holzzerstörenden Pilzen*. Bei den uns aus der Literatur bekannten Feldversuchen zur Prüfung von Imprägnierverfahren wurden die Stangen in den Boden versetzt, ohne dass sie selbst oder der Boden unmittelbar um die Stangen herum nachträglich mit Pilzen künstlich infiziert worden sind [4, 5]. Unter diesen Verhältnissen ist ein Pilzbefall der Stangen vom Zufall, ob Sporen einer aggressiven Pilzart herangeweht werden und auskeimen können, abhängig und kann unter Umständen zu relativ grossen Streuungen in den Versuchsergebnissen führen. Diese Annahme wird durch in der Schweiz oft gemachte Beobachtungen über den Befall von mit Kupfersulfat imprägnierten Stangen durch den kupferresistenten Pilz *Poria vaporaria* gestützt. Trotzdem boucherisierte Stangen gegen den Porenhau schwamm nicht genügend geschützt sind, können sie unter Umständen jahrelang befallsfrei bleiben, um plötzlich ganz unvermutet angegangen zu werden. Oft wird auch beobachtet, dass an bestimmten Stellen in einem Freileitungsnetz neu eingestellte Stangen immer und immer wieder vom Porenhau schwamm befallen werden, weil der Boden verseucht ist, während die unmittelbar benachbarten Stangen über Jahre hinaus pilzfrei bleiben können. Die Sporeninfektion durch den Wind funktioniert also nicht immer.

Aus diesen Überlegungen heraus werden bei den Versuchen in Rathausen und Starkenbach sämtliche Versuchsstangen, resp. der Bodengrund unmittelbar um die Stangen herum, periodisch mit einem Kul-

turgemisch von verschiedenen holzzerstörenden Pilzen infiziert. Diese Massnahme kann als Ergänzung der rein zufälligen natürlichen Infektion betrachtet werden. Durch das für alle Stangen gleiche Infektionsmaterial werden alle Proben denselben Pilzarten ausgesetzt. Zufälliges Ausbleiben von Pilzschäden mangels bestimmter Pilze wird dadurch vermieden. Es ist zu erwarten, dass die Versuchsergebnisse infolge dieser einheitlichen Ausgangslage geringere Streuungen zeigen werden.

Das Infektionsmaterial wird folgendermassen hergestellt: Als Nährmedium für die Pilzkulturen dienen in weithalsige Erlenmeyerkolben von 1–2 l Inhalt abgefüllte Nadelholzholbspäne, die mit der gewichtsmässig vierfachen Menge einer zweiprozentigen wässrigen Malzextraktlösung (*Gloma pur* der Firma Dr. A. Wander A.-G., Bern) versetzt werden. Nach Sterilisierung der mit Watte verschlossenen Kolben im Autoklaven bei 120 °C während 30 Minuten werden die Holbspäne unter aseptischen Bedingungen mit Mycelstückchen der folgenden Pilze aus jungen Haferflockenagarkulturen geimpft:

<i>Poria vaporaria</i>	Stamm EMPA 27
<i>Poria incarnata</i>	» » 45
<i>Poria ferruginosa</i>	» » 48
<i>Coniophora cerebella</i>	» » 6 resp. 62
<i>Lentinus lepideus</i>	» » 11
<i>Lenzites abietina</i>	» » 42
<i>Trametes serialis</i>	» » 43

Die geimpften Kolben werden bei einer Temperatur von 22–24 °C aufbewahrt. Die Pilze durchwachsen unter diesen Bedingungen die Holbspäne innerhalb von 4–6 Wochen vollständig. Die pilzhaltigen, ganz durchwachsenen Holbspäne werden hierauf mit dem 1,5fachen Volumen frischer Holbspäne gründlich durchmischt.

Zur Infizierung wird die Erde rund um die Stangen herum etwa 20–30 cm tief bis zum Steinkranz ausgehoben. Um jede Stange herum wird 1 l pilzhaltige Holbspäne gleichmässig verteilt und hierauf die Erde wieder zugeschüttet. Es ist vorgesehen, die Infektion in den ersten Versuchsjahren jeden Frühling und später alle 2–3 Jahre zu wiederholen.

Die seit 1952 gesetzten Stangenproben im Versuchsfeld Rathausen sind bisher am 12. September 1952, am 11. Mai 1953 und am 3. Juni 1954 mit dem beschriebenen Pilzgemisch infiziert worden.

6. *Kontrolle der Versuche*. Um den Verlauf der Versuche lückenlos festhalten zu können, werden sämtliche Stangen jährlich zweimal auf ihren Zustand bezüglich Pilzbefall untersucht. Die eine Kontrolle wird im Frühling und die zweite, gründliche und wichtigere, im Herbst durchgeführt. Bei der im Herbst stattfindenden Untersuchung sollen vor allem die im Laufe der vorangegangenen für das Pilzwachstum günstigen Frühlings- und Sommermonate aufgetretenen, durch Pilze verursachten Schäden festgehalten werden. Zu diesem Zweck müssen die Stangen etwas aufgegraben werden. Alle Veränderungen an den Stangen werden auf den



entsprechenden Karteikarten vermerkt. Je nach dem Zustand der Stangen sollen diese von Fall zu Fall noch weiteren chemischen oder biologischen Prüfungen unterworfen werden.

Über die Resultate und Beobachtungen der zwei bisher durchgeführten Kontrollen am 11./12. Mai 1953 und am 5. November 1953 sowie der im Oktober 1954 stattfindenden Kontrolle soll später berichtet werden.

#### D. Vorgesehene weitere Versuche

Die bisher angesetzten und beschriebenen Versuche beschränken sich auf das Versuchsgelände in Rathausen. Das neu zur Verfügung stehende Versuchsfeld in Starkenbach macht weitere interessante und wichtige Versuche möglich, für die die Pläne schon aufgestellt sind. Es ist vorgesehen, verschiedene Nachbehandlungs- und Doppelstockschutzverfahren auf ihre Eignung unter schweizerischen Klimaverhältnissen zu prüfen. Diese Versuche, die gleichzeitig in Starkenbach und Rathausen angelegt werden, sollen auch zur Abklärung der Frage beitragen, inwieweit die Schutzwirkung der Im-

prägnierungen durch verschiedene Niederschlagsmengen beeinflusst werden kann.

Mit der Durchführung der beschriebenen Versuche ist ein wichtiger Schritt für die Verbesserung des Schutzes der Leitungstangen gegen Pilzschäden getan. Es ist zu hoffen und wir zweifeln nicht daran, dass die mehrere Jahre dauernden Feldversuche bei konsequenter und gewissenhafter Durchführung und Kontrolle wertvolle Ergebnisse liefern werden, die, in die Praxis übertragen, zu einer allgemeinen und merkbaren Verlängerung der mittleren Standdauer der Stangen in den Leitungsnetzen führen können.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Gäumann, E.: Einige Erfahrungen mit boucherisierten Leitungstangen. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen, Nr. 9 (1950).
- [2] Wälchli, O.: Pilze auf Holzmasten, unter besonderer Berücksichtigung des Porenhausschwammes (*Poria vaporaria*). Bull. SEV, 44, Nr. 1, 14...20 (1953).
- [3] Bourdot, H. und Galzin, A.: Hyménomycètes de France. Sceaux, 1927.
- [4] Bienfait, J. L. und Hof, T.: Buitenproeven met geconserveerde palen, 1ste mededeling. Serie III. Conservering en veredeling No. 3. Centraal Instituut voor Materiaal onderzoek. Circulaire 8, (Dezember 1948).
- [5] Colley, R. G.: The Evaluation of Wood Preservatives. The Bell System Technical J., 32, 120...169 und 425...505 (1953).

#### Adresse des Autors:

Dr. sc. nat. O. Wälchli, Leiter der Biologischen Abteilung der Eidg. Materialprüfungsanstalt, St. Gallen.

## Die Zukunftsaussichten der Atomkraftwerke; die Meinung der amerikanischen Maschinenindustriellen

621.311.25 : 621.039.4

[Nach: GE predicts competitive atom power in 10 years; Power Bd. 98 (1954), Nr. 11, S. 83...180]

Am 24. Mai 1954 fand in Washington eine Diskussionsversammlung über die Problematik der Erzeugung elektrischer Energie in Atomkraftwerken statt. Mehr als 500 Fachleute, darunter Vertreter der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung, nahmen an dieser Versammlung teil und liessen sich von den Spezialisten der Maschinenindustrie über die Eigenschaften und Zukunftsaussichten der verschiedenen Reaktortypen orientieren.

Im Laufe der Versammlung führte der Vertreter der «General Electric Co» aus, dass seiner Meinung nach schon im Jahre 1964 eine Anzahl Atomkraftwerke bei den Elektrizitätswerken der Allgemeinversorgung in Betrieb stehen werden. Diese Kraftwerke würden, trotzdem sie ohne Regierungssubventionen gebaut werden sollen, den heute noch üblichen thermischen Anlagen gegenüber durchaus konkurrenzfähig sein. Nach Auffassung des Sprechenden besitzen folgende zwei Reaktortypen die grössten Zukunftsaussichten:

- a) der Typ, bei dem sowohl als Kühlmedium wie auch als Moderator gewöhnliches siedendes Wasser verwendet wird,
- b) der Typ, dem als Moderator Graphit und als Kühlmedium gewöhnliches Wasser dient.

Der Vertreter der «Westinghouse Co» beschrieb das Atomkraftwerk, für welches diese Firma die Herstellung des Reaktors und des Wärmeaustauschers übernommen hat. Dieses Kraftwerk ist unter dem Namen Duquesne-Projekt<sup>1)</sup> bekannt; es handelt sich dabei um ein Kraftwerk mit einer instal-

lierten Leistung von 60 000 kW, das in der Nähe von Pittsburgh gebaut und von der «Duquesne Light Co» betrieben werden wird. Als Brennstoff soll ein leicht angereichertes Natur-Uran, als Moderator und Kühlmedium gewöhnliches Wasser verwendet werden. Dieses Wasser wird ständig unter einem Druck von 140 kg/cm<sup>2</sup> zu halten sein, um zu vermeiden, dass es zu sieden beginnt. Der Dampf, mit dem die Turbogeneratoren gespiesen werden, wird durch das Durchfliessen des Wassers in den Wärmeaustauschern erzeugt, unter einem Druck von 40 kg/cm<sup>2</sup> oder mehr.

Betrachten wir die Einzelheiten des Berichtes der «General Electric Co»: Die Schätzungen über die Kosten der in Atomkraftwerken erzeugten elektrischen Energie gehen von der Annahme aus, dass die festen Kosten auf den Anlagen 13,7 %, auf dem Gelände 11,4 % und auf dem Bestand an Atom Brennstoff 9,6 % betragen. Dabei wird angenommen, dass dieser Bestand 60 % einer «Ladung» des Reaktors beträgt. Berücksichtigt man, dass die Anschaffungskosten des Brennstoffes bei einem Reaktor mit grosser Leistung leicht einen Betrag von 40 Millionen Dollars erreichen können, dann wird sofort klar, dass das Ergebnis der Kostenrechnung weitgehend davon abhängt, in welcher Art und Weise dabei dem Brennstoffbestand Rechnung getragen wird. Vom Augenblick der Inbetriebnahme des Reaktors an vermindert sich dieser Brennstoffbestand allmählich, da der Brennstoff «verbrennt». Nach rund einem Jahr muss der Reaktor mit neuem Brennstoff versorgt werden; der Brennstoff ist in diesem Zeitpunkt zu 50 % «verbrannt», d. h. sein

<sup>1)</sup> Siehe «Zukunftsaussichten der Atomenergie» Bull. SEV Bd. 45 (1954), Nr. 19, S. 816...820 bzw. Energie-Erz. und Vert., Bd. 1 (1954), Nr. 10, S. 112...116.

Wert ist auf rund 50 % der Anschaffungskosten gesunken. Während der Zeit von rund einem Jahr, in welcher der Brennstoff bis auf 50 % «verbrennt», ist es nicht nötig, Brennstoff zuzuführen. Die sich daraus ergebende Einsparung an Betriebskosten kann dazu verwendet werden, um die Kosten des Brennstoffes, der während dieser Zeitspanne verbraucht wird, zu decken.

Neben dem Brennstoff, der sich im Reaktor selbst befindet, ist eine gewisse Reserve, z. B. 10 % einer «Reaktorladung», vorzusehen. Vom Standpunkt der Finanzierung aus betrachtet, kommt man damit auf die oben erwähnten festen Kosten von 9,6 %, gerechnet auf einem Bestand an Atombrennstoff von 60 % einer «Reaktor-Ladung».

Nach der Meinung des Vertreters der «General Electric Co» bestehen bei Verwendung des Reaktortyps, der unter dem Namen «boiling reactor» bekannt ist, die grössten Aussichten, eines Tages die heute üblichen Kraftwerke konkurrenzieren zu können. Bei diesem Reaktor wird gewöhnliches Wasser gleichzeitig als Moderator und Kühlmedium verwendet. Solche Atomkraftwerke sollen in den Gebieten der Vereinigten Staaten, in denen die konventionellen Brennstoffe am teuersten sind, schon in absehbarer Zeit konkurrenzfähig werden. Der Hauptvorteil dieses Reaktortyps besteht darin, dass kein schweres Wasser, dessen Kosten sehr hoch sind, benützt wird. Ferner fallen bei diesem Typ die Kosten der Anlagen weg, um die Wärme von einem primären Kühlmedium an die Wärmeaustauscher, die den Wasserdampf erzeugen, überzuführen; beim sogenannten «boiling reactor» wird der Dampf im Reaktor selbst erzeugt, also ohne Verwendung eines Zwischenfluidums für den Wärmeaustausch.

Vergleichen wir zwei Kraftwerke mit einer installierten Leistung von je 300 MW, wobei das erste mit einem Reaktor des genannten Typs betrieben wird, das zweite kohlengefeuert ist, und beide einen Ausnutzungsfaktor von 80 % besitzen. Tabelle I gibt eine Übersicht über die technischen Daten der beiden Kraftwerktypen.

Tabelle I

	Kraftwerk mit «boiling reactor»	Kohlengefeuertes Kraftwerk
Elektrische Leistung (Netto-Leistung des Kraftwerkes) . . . . . MW	300	300
Ausnutzungsfaktor des Kraftwerkes . . . . . %	80	80
Dampftemperatur . . . . . °C	230	540
Dampfdruck . . . . . kg/cm <sup>2</sup>	30	100
Thermischer Netto-Wirkungsgrad . . . . . %	24	35
Erzeugte Wärmemenge . . MW	1250	857

Aus Tabelle II können die Erstellungskosten pro kW beider Kraftwerke ersehen werden.

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, liegen die Kosten des Atomkraftwerkes bei allen Positionen, mit Ausnahme derjenigen für das Gelände, höher als diejenigen des kohlengefeuerten Kraftwerkes. Zu beachten ist der relativ hohe Betrag für die Anschaffung des Kernbrennstoffes.

Erstellungskosten pro kW

Tabelle II

	Kraftwerk mit «boiling reactor» Dollars	Kohlengefeuertes Kraftwerk Dollars
Anlagen . . . . .	195	140
Gelände . . . . .	2	2
Projekt, Ingenieurarbeiten usw. . . . .	15	11
Inbetriebnahme . . . . .	14	7
Bestand an Kernbrennstoff	17	—
Total	243	160

In Tabelle III sind die Kosten pro erzeugte kWh gegenübergestellt.

Preis pro kWh

Tabelle III

	Kraftwerk mit «boiling reactor» mills/kWh	Kohlengefeuertes Kraftwerk mills/kWh
Feste Kapitalkosten . . .	4,65	3,0
Weitere feste Kosten (Löhne usw.) . . . .	0,70	0,5
Brennstoff . . . . .	1,35	3,4 <sup>1)</sup>
Total	6,7	6,9

<sup>1)</sup> Kohle zu 140 Cents pro Gcal.

Die Betrachtung dieser Tabelle zeigt, dass ein Atomkraftwerk, das den genannten Voraussetzungen entspricht, in der Lage wäre, die heute üblichen Kraftwerke, die mit Kohle zu 1,4 Dollar pro Gcal befeuert werden, zu konkurrenzieren. Ein solcher Kohlenpreis ist heute in mehreren Gebieten der Vereinigten Staaten üblich. Die festen Kosten sind beim Atomkraftwerk höher als beim üblichen Kraftwerktyp. Dagegen betragen die Brennstoffkosten im Falle des Atomkraftwerkes nur 1,35 mills pro kWh gegenüber 3,4 mills/kWh beim kohlengefeuerten Kraftwerk. Dabei wird angenommen, dass mit jeder Tonne Kernbrennstoff 240 GWh erzeugt werden können, bevor sie ersetzt werden muss. Diese Energie entspricht der Spaltung von 1 % der im verwendeten Uran enthaltenen Anzahl Kerne. Da das Natururan nur 0,7 % spaltbares Uran 235 enthält, nimmt der Verfasser an, dass eine nicht zu unterschätzende Menge Atome des Uran 238 in spaltbares Plutonium umgewandelt wird. Ferner wurde angenommen, dass der Uranpreis in der Zukunft nicht wesentlich ansteigen und leicht angereichertes Uran von der Regierung zu annehmbaren Preisbedingungen zu erhalten sein wird. Bei dem beschriebenen Kraftwerk wird das Uran nach seiner Verwendung im Reaktor nicht regeneriert.

Im gleichen Referat wurde vom Vertreter der «General Electric Co» erklärt, dass der Reaktortyp, bei dem Graphit als Moderator und Wasser als Kühlmedium zur Anwendung kommen — d. h. der auf den Erfahrungen beruht, die mit den in Hanford zur Plutoniumherstellung verwendeten Reaktoren gemacht wurden — ebenfalls sehr viel verspricht. Entsprechende Studien, die von einer 700-MW-Einheit ausgehen, wurden gemacht. Tabelle IV enthält die technischen Daten eines solchen Kraftwerkes.

Die elektrische Leistung von 700 MW würde durch fünf 150-MW-Turbogeneratoreinheiten erzeugt, die mit Dampf von 190 °C aus 30 Wärmeaustauschern gespeisen würden. Diese Wärmeaustauscher würden ihrerseits mit Wasser von 280 °C

Tabelle IV

Elektrische Netto-Leistung . .	MW	700
Ausnutzungsfaktor des Kraftwerkes . . . . .	%	85
Dampftemperatur . . . . .	°C	190
Dampfdruck . . . . .	kg/cm <sup>2</sup>	13
Temperatur des Kühlmediums am Ausgang . . . . .	°C	83
Temperatur des Kühlmediums am Eingang . . . . .	°C	280
Thermischer Netto-Wirkungsgrad . . . . .	%	23
Im Reaktor erzeugte Wärmemenge . . . . .	MW	3000

gespiesen, das die Wärmeaustauscher mit einer Temperatur von 83 °C verlassen würde. Aus Tabelle V ist ersichtlich, wie gross die Investitionen für ein Kraftwerk dieses Typs wären.

Tabelle V

	Investitionen	
	Insgesamt 10 <sup>6</sup> Dollars	pro installiertes kW Dollars
Anlagen . . . . .	150	214
Gelände . . . . .	0,5	1
Projekt, Ingenieurarbeiten usw. . . . .	12	17
Inbetriebnahme . . . . .	12	17
Bestand an Kernbrennstoff	19,5	28
Total	194	277

Aus Tabelle VI geht hervor, wie hoch die kWh-Kosten bei dem gleichen Kraftwerk veranschlagt werden können.

Tabelle VI

	Mills/kWh
Feste Kapitalkosten . . . . .	5,2
Übrige feste Kosten (Löhne usw.)	0,6
Kernbrennstoff . . . . .	1,0
Total	6,8

Nach der «General Electric Co» beruhen alle genannten Zahlen auf den bis heute gemachten Erfahrungen der Firmen der amerikanischen Maschinenindustrie. Die meisten wissenschaftlichen Arbeiten sind abgeschlossen und die Kosten eines Atomkraftwerkes können heute genau berechnet werden. Die aufgeführten Kostenberechnungen gehen aber von einem Kernbrennstoff aus, bei dem die Energieausbeute 240 GWh pro Tonne erreichen würde, ein Brennstoff also, der heute noch nicht zur Verfügung steht; es steht aber ausser Zweifel, dass dies eines Tages der Fall sein wird. Erst nach Erfüllung dieser Bedingungen werden die Brennstoffkosten tatsächlich auf die in den Tabellen aufgeführte Zahl von 1,0 mill pro kWh sinken.

Der Vertreter der «Westinghouse Co» sprach in seinem Referat, wie bereits erwähnt, über das 60 000-kW-Atomkraftwerk, das gegenwärtig in der Nähe von Pittsburgh gebaut wird. Das Kühlsystem, mit dem die Wärme dem Reaktor entzogen und den Dampferzeugungsanlagen zugeführt wird, besteht aus 4 getrennten Kreisen. Jeder enthält eine Pumpe, eine Dampferzeugungsanlage, die Rohranlage und die nötigen Abschlussorgane. Durch die Pumpe wird das Wasser in ständigem Umlauf zwischen dem Reaktor und den Dampferzeugungsanlagen gehalten. Diese bestehen aus einem Wärme-

austauscher Wasser/Wasser, einer Verdampfungstrommel und einer Trennanlage. Die Abschlussorgane gestatten, einen bestimmten Kreis für Reparaturen abzutrennen, ohne dass die drei anderen den Betrieb einstellen müssen. Um zu verhindern, dass das Wasser zu sieden beginnt, steht dieses unter einem Druck von 140 kg/cm<sup>2</sup> und einer Temperatur von 275 °C. Der Druck wird von einem Behälter erzeugt, der eine gewisse Menge Wasser und eine gleiche Menge an gesättigtem Dampf von einer Temperatur von über 315 °C enthält. Elektrische Heizkörper gestatten, diese Temperatur im Behälter aufrechtzuerhalten.

Der «Kern» des Reaktors besteht aus nur wenig angereichertem Uran, das in eine bestimmte Anzahl Einheiten aufgeteilt ist. Diese sind von einem Stoff umgeben, der Schutz gegen Korrosion gewährt. Die «Anfangsladung» des Reaktors wird aus 10 Tonnen Uran bestehen; sämtliche Einheiten werden in einem zylindrischen Raum von ca. 180 cm Durchmesser und einer Höhe von 230 cm untergebracht sein. Der Reaktor wurde so konstruiert, dass für spätere Ladungen Einheiten verschiedener Abmessungen und aus verschiedenen Werkstoffen verwendet werden können. Die Aussenabmessungen des Uranbehälters, der mit rostfreiem Stahl ausgekleidet sein wird, werden einen Durchmesser von ca. 275 cm und eine Höhe von 760 cm aufweisen.

Die vollständige «primäre» Anlage (Reaktor und Wärmeaustauscher) wird in einer Stahlhülle stehen, um den Austritt von radioaktiven Stoffen zu vermeiden. Das Referat enthält weitere Einzelheiten über den Wärmeaustauscher und die Pumpen.

Da das Uran sehr kostspielig ist, versuchte die «Westinghouse Co» ein Uran zu verwenden, das möglichst wenig angereichert ist. Aus dem gleichen Grund wird auch kein schweres Wasser verwendet.

Am Schluss seines Berichts erklärte der Vertreter der «Westinghouse Co», dass seiner Meinung nach heute niemand vorauszusagen vermöge, welcher Reaktortyp schliesslich der beste sein werde. Er erachtet daher die Pläne der «Atomic Energy Commission» als zweckmässig, in den nächsten fünf Jahren die 5 Reaktortypen, die heute die aussichtsreichsten scheinen, zu untersuchen. Sa.

## Verbandsmitteilungen

### Prüfungskommission für die Meisterprüfungen des VSEI und des VSE

#### 67. Meisterprüfung

Vom 5. bis 8. Oktober 1954 fand in der Ecole d'Agriculture de Marcellin in Morges die 67. Meisterprüfung für Elektro-Installateure statt. Von insgesamt 23 Kandidaten aus der deutschen und französischen Schweiz haben folgende die Prüfung mit Erfolg bestanden:

Amacher André, Le Locle	Laverrière Ernest, Genève
von Bergen Arthur, Wetzikon	Mathieu Yvon, Sierre
Ehrler Eduard, Küssnacht a.R.	Schatzmann Johannes, Zürich
Freudiger Paul, Olten	Stauffer Heinz, Bern
Gygax Werner, Seeberg (BE)	Rottet Pierre, Bienne
Homburger Jacques, Bienne	Tissot Francis, Le Locle
Kräher Eduard, Zollikon (ZH)	

# Aus den Geschäftsberichten schweizerischer Elektrizitätswerke

(Diese Zusammenstellungen erfolgen zwanglos in Gruppen zu vieren und sollen nicht zu Vergleichen dienen)

Man kann auf Separatabzüge dieser Seite abonnieren

	Städtische Werke Baden		Service de l'électricité, Ville de Neuchâtel		Elektrizitätswerk Stäfa		Elektrizitätswerk der Stadt Winterthur	
	1953	1952	1953	1952	1953	1952	1952/53	1951/52
1. Energieproduktion . . kWh	27 897 000	29 445 000	23 171 540	25 872 890	—	—	988 500	680 180
2. Energiebezug . . . kWh	33 962 000	28 520 000	33 892 344	24 940 634	5 330 350	4 946 000	136 563 300	131 751 580
3. Energieabgabe . . . kWh	59 988 820	56 541 150	57 063 884	50 813 524	5 330 350	4 946 000	130 532 700	125 858 700
4. Gegenüber Vorjahr . . %	+6,72	+15,54	+12,3	+10,5	+7,8	+8,0	+3,7	+6,3
5. Davon Energie zu Abfallpreisen . . . kWh	236 000	475 000	—	—	—	—	12 419 800	20 066 250
11. Maximalbelastung . . kW	13 350	12 930	11 200	9 750	1 017	906	31 600	30 500
12. Gesamtanschlusswert . kW	80 054	76 604	—	—	—	—	236 660	225 530
13. Lampen . . . . . {Zahl	115 200	109 853	—	—	—	—	335 429	323 860
{kW	5 910	5 870	—	—	—	—	18 656	18 030
14. Kochherde . . . . . {Zahl	862	825	—	—	—	—	6 469	6 270
{kW	6 278	6 043	—	—	—	—	42 859	41 280
15. Heisswasserspeicher . {Zahl	3 025	2 930	—	—	—	—	8 812	8 370
{kW	5 480	5 132	—	—	—	—	13 783	12 800
16. Motoren . . . . . {Zahl	9 145	8 640	—	—	—	—	33 417	31 990
{kW	35 065	33 010	—	—	—	—	73 816	71 430
21. Zahl der Abonnemente . . .	5 678	5 628	—	—	1 680	1 630	43 400	46 000
22. Mittl. Erlös p. kWh Rp./kWh	5,31	5,27	—	—	8,45	8,45	6,77	6,74
<i>Aus der Bilanz:</i>								
31. Aktienkapital . . . . Fr.	—	—	—	—	—	—	—	—
32. Obligationenkapital . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
33. Genossenschaftsvermögen .	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Dotationskapital . . . .	1 450 000	1 150 000	14 527 400	13 273 600	—	—	8 082 200	8 327 000
35. Buchwert Anlagen, Leigt. .	2 478 001	2 637 001	11 641 900	10 499 300	297 005	232 000	7 425 000	7 252 000
36. Wertschriften, Beteiligung .	—	—	—	—	—	—	—	—
37. Erneuerungsfonds . . . .	2 187 000	1 935 000	—	—	324 332 <sup>1)</sup>	291 671 <sup>1)</sup>	2 119 000	1 950 000
<i>Aus Gewinn- und Verlustrechnung:</i>								
41. Betriebseinnahmen . . . Fr.	3 193 019	2 985 858	4 458 000	4 065 600	753 454	748 203	9 585 000	9 238 120
42. Ertrag Wertschriften, Beteiligungen . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
43. Sonstige Einnahmen . . . .	119 844	117 298	—	—	—	—	—	358 940
44. Passivzinsen . . . . .	27 428	33 318	627 800	556 000	5 405	1 480	416 000	398 730
45. Fiskalische Lasten . . . .	54 536	53 335	—	—	—	—	—	—
46. Verwaltungsspesen . . . .	301 580	310 112	630 000	634 100	41 748	38 417	509 000	501 490
47. Betriebsspesen . . . . .	317 788	347 319	426 300	406 200	353 595	372 150	1 818 000	1 859 920
48. Energieankauf . . . . .	1 281 288	1 139 380	1 359 400	1 052 200	224 238	206 857	4 354 000	4 174 270
49. Abschreibg., Rückstell'gen .	590 077	593 344	640 600	624 800	73 468	74 299	1 223 000	1 412 630
50. Dividende . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
51. In % . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
52. Abgabe an öffentliche Kassen . . . . .	141 000	141 000	533 700	543 600	55 000	55 000	1 264 000	1 183 110
<i>Übersichten über Baukosten und Amortisationen</i>								
61. Baukosten bis Ende Berichts-jahr . . . . . Fr.	13 600 466	13 277 018	19 324 400	17 948 700	1 051 395	936 833	16 678 000	15 866 530
62. Amortisationen Ende Berichts-jahr . . . . .	11 122 465	10 640 017	7 682 500	7 449 400	754 390	704 833	9 253 000	8 614 580
63. Buchwert . . . . .	2 478 001	2 637 001	11 641 900	10 499 300	297 005	232 000	7 425 000	7 251 950
64. Buchwert in % der Baukosten . . . . .	18,22	19,86	60,2	58,5	28,2	24,7	44,5	45,7

<sup>1)</sup> Reservefonds

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrounion, Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrücke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.