

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

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

**Band:** 67 (1976)

**Heft:** 13

**Artikel:** Frühausfälle und Doppelstockschutz bei hölzernen Leitungsstangen

**Autor:** Seiler, F. / Popper, W.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915179>

### **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>**

## Literatur

- [1] EMPA: Bericht über vergleichende Untersuchungen der Eindringtiefen von Wolmanit CB in Leitungsmasten bei verschiedenen Imprägnierverfahren bzw. Imprägnierwerken. Bericht 47/6467 der EMPA vom 28. 5. 1974 an den VSE, Zürich.
- [2] VSE: Allgemeine Bedingungen für die Lieferung von imprägnierten Holzmasten, Juni 1971.
- [3] VSE-Kommission zum Studium der Imprägnier- und Nachbehandlungsverfahren für Holzmasten: Fortschritte in der Imprägnierung von Leitungsmasten. Bull. SEV 51(1960)7, S. 77...85.
- [4] VSE und PTT: Richtlinien für die Imprägnierung von Leitungsmasten aus Holz nach dem Trogtaugverfahren mit Wolmanit CB. Juli 1968, Kennzeichen S4.
- [5] VSE und PTT: Richtlinien für die Imprägnierung von Leitungsmasten aus Holz nach dem Wechseldruckverfahren mit Wolmanit CB. Dezember 1968, Kennzeichen W4.
- [6] VSE und PTT: Richtlinien für die Imprägnierung von Leitungsmasten aus Holz nach dem Wechseldruckverfahren mit Basilit CFK, Dezember 1968, Kennzeichen W5.
- [7] O. Wälchli: Pilze auf Holzmasten unter besonderer Berücksichtigung des Porenhauenschwammes (*Poria vaporaria*). Bull. SEV 44(1953)1, S. 14...20.
- [8] O. Wälchli: Neue Methoden der Stangenholzimprägnierung. Bull. SEV 54(1963)22, S. 213...220.
- [9] O. Wälchli: Der Einfluss verschiedener Schutzverfahren und Schutzsalze auf die Salzverteilung in getränkten Leitungsmasten. Holz als Roh- und Werkstoff, 22(1964), S. 64...68.
- [10] O. Wälchli: Stand und Verfahren der Mastenimprägnierung. Bull. SEV 63(1972)10, S. 535...540.

## Adresse des Autors

Prof. Dr. O. Wälchli, Chef Ressort Naturwissenschaften, Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, Unterstrasse 11, 9000 St. Gallen.

## Bibliographie

- [1] EMPA: Bericht über vergleichende Untersuchungen der Eindringtiefen von Wolmanit CB in Leitungsmasten bei verschiedenen Imprägnierverfahren bzw. Imprägnierwerken. Bericht 47/6467 der EMPA vom 28. Mai 1976 an den VSE, Zürich.
- [2] UCS: Conditions générales pour la fourniture de poteaux en bois imprégnés (1973).
- [3] UCS: Commission pour la protection des bois dans la construction de lignes: Progrès en matière d'imprégnation des poteaux de bois pour lignes aériennes. Bulletin ASE 51(1960)7, p. 77...85.
- [4] UCS et PTT: Directives pour l'imprégnation des poteaux de bois selon le procédé en cuve par vide avec Wolmanite CB. Juillet 1968, lettre distinctive S4.
- [5] UCS et PTT: Directives pour l'imprégnation des poteaux de bois selon le procédé par pression alternée avec Wolmanite CB. Décembre 1968, lettre distinctive W4.
- [6] UCS et PTT: Directives pour l'imprégnation des poteaux de bois selon le procédé par pression alternée avec Basilite CFK, Décembre 1968, lettre distinctive W5.
- [7] O. Wälchli: Les champignons sur les poteaux de bois avec mention particulière du bolet destructeur poreux (*Poria vaporaria*). Bulletin ASE 44(1953)1, p. 14...20.
- [8] O. Wälchli: Nouvelles méthodes pour l'imprégnation des poteaux en bois. Bulletin ASE 54(1963)22, p. 213...220.
- [9] O. Wälchli: Der Einfluss verschiedener Schutzverfahren und Schutzsalze auf die Salzverteilung in getränkten Leitungsmasten. Holz als Roh- und Werkstoff, 22(1964), p. 64...68.
- [10] O. Wälchli: Etat actuel et procédés d'imprégnation des poteaux de bois. Bulletin ASE 63(1972)10, p. 535...540.

## Adresse de l'auteur

Prof. Dr. O. Wälchli, chef du Ressort Sciences naturelles, Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et Institut de recherches, Unterstrasse 11, 9000 St-Gall.

# Frühausfälle und Doppelstockschutz bei hölzernen Leitungsstangen

Von F. Seiler und W. Popper

*Es werden die Ergebnisse einer Sonderauswertung des statistischen Materials der BKW über hölzerne Leitungsstangen kommentiert und eine Methode für die Beurteilung der Rentabilität des Doppelstockschutzes an Beispielen erläutert.*

## 1. Einleitung

In letzter Zeit mehrten sich Klagen seitens der Elektrizitätswerke und der PTT über eine relativ grosse Anzahl hölzerner Leitungsstangen, welche bereits nach 2–10 Jahren infolge Fäulnis ersetzt werden mussten.

Die VSE-Kommission «Holzschutz im Leitungsbau» hat sich dieser Klagen angenommen und sucht deren Ursachen zu ergründen, um Massnahmen zur Verbesserung der Situation treffen zu können. Die Bernischen Kraftwerke AG, welche seit Jahrzehnten eine Statistik der infolge Fäulnis ausgewechselten Holzstangen führen, haben zu diesem Zweck eine Sonderauswertung ihres statistischen Materials in bezug auf die Frühausfälle durchgeführt. Diese Studie dürfte sowohl für die Stangenabnehmer als auch für die Imprägnierfirmen von Interesse sein.

## 2. Unterlagenmaterial

Die infolge Fäulnis ersetzten Stangen, welche nur eine Standdauer von 1–25 Jahren erreichten, wurden, um die Auswertung mit einem vernünftigen Aufwand überhaupt zu ermöglichen, in Altersklassen von je 5 Jahren zusammengefasst und die Anzahl der Stangen in jeder Klasse in ein prozentuales

*Le texte ci-dessous commente les résultats d'une exploitation particulière du matériel statistique des FMB sur les poteaux en bois des lignes aériennes et explique à l'aide d'exemples une méthode pour évaluer la rentabilité de la protection supplémentaire de la base.*

Verhältnis zur Gesamtzahl der ausgewechselten faulen Stangen des betreffenden Jahres gesetzt. Untersucht wurden die letzten 11 Jahre, das heisst der Anfall fauler Stangen in den Jahren 1964–1974. Das Zahlenmaterial ist aus Tabelle I ersichtlich.

Zur besseren Veranschaulichung wurden die Prozentwerte in einem Koordinatensystem dargestellt. Die Punkte erlauben es, mutmassliche, kontinuierliche Kurvenverläufe für jede Altersklasse zu bilden (Fig. 1). Um eine bessere grafische Darstellbarkeit zu erreichen, wurden die Klassen 1–5 und 6–10 Jahre zu einer einzigen Kurve 1–10 Jahre vereinigt.

## 3. Auswertung der Statistik

Die Frühausfälle (1–10 Jahre) sind in den vergangenen 11 Jahren praktisch konstant und sehr klein geblieben. Demgegenüber zeigen die Altersklassen 11–15 und 16–20 Jahre ausserordentlich erfreuliche Rückgänge in ihren Prozentanteilen von ihren verhältnismässig hohen Werten im Jahre 1964. Diesen Erfolg in der Haltbarmachung des Stangenholzes schreiben die BKW nicht nur der Grundimprägnierung, sondern in mindestens gleichem Masse der Wirkung des Doppelstockschutzes (DS) zu.



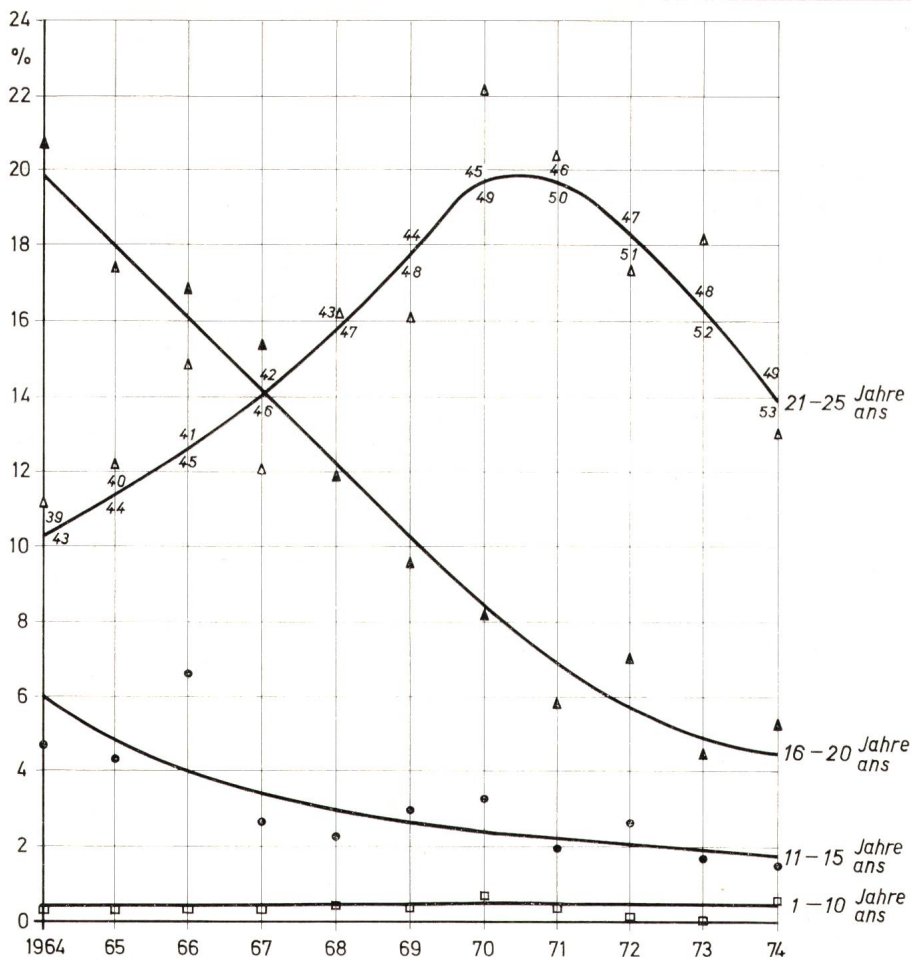


Fig. 1

Prozentanteile der pro Jahr aus jeder Altersklasse ersetzten faulen Stangen

□ ● ▲ △ Tabellenwerte pro Altersklasse

Aus Gründen der Proportionen und graphischen Sichtbarkeit wurden die Klassen 1-5 und 6-10 Jahre in einer einzigen Kurve 1-10 Jahre vereinigt.

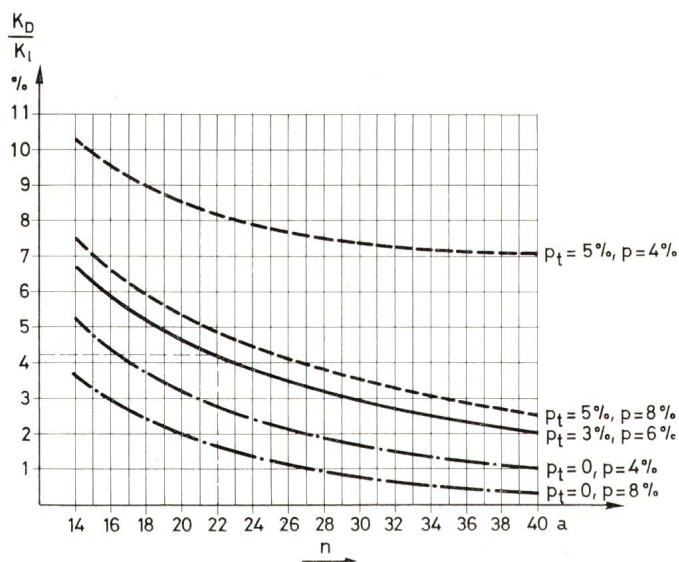


Fig. 2 In einem Jahr sich rentierende Kosten des Doppelstockschatzes ( $v = 1$ )

- $K_1$  Kosten der fertiggestellten Stange in Franken
- $K_D$  Kosten des Doppelstockschatzes in Franken
- $n$  Mittleres Alter der wegen Fäulnis ausgewechselten Stangen ohne Doppelstockschatz
- $p$  Zinsfuß in Prozenten
- $p_t$  Jährliche Teuerung in Prozenten
- $v$  Standdauerverlängerung in Jahren

In diesem Zusammenhang ist es notwendig, zwei Umstände besonders hervorzuheben:

Erstens werden in der heutigen Zeit nur wenige Freileitungen gebaut, und ein Grossteil der neuen Stangen dient als Ersatz für faule Stangen. Die Ersatzstange muss in diesen Fällen in ein schon bestehendes, mit Parasiten verseuchtes Loch im Erdrich gestellt werden. Hier ist ein maximaler Holzschutz in der Erde-Luftzone gleich von Anbeginn von grösster Bedeutung. Zweitens beginnt, wie bekannt, die Fäulnis in den weitaus meisten Fällen in den Schwindrissen im ungeschützten Kernholz. Dem kann, nach dem heutigen Stand der Technik, am besten durch das Impfstichverfahren, welches sich am vorteilhaftesten im Rahmen des DS an der neuen Stange durchführen lässt, entgegengetreten werden.

Besonders interessant, wenn auch nicht in bezug auf die Frühausfälle, ist die Kurve der Stangen, die ein Alter von 21-25 Jahren erreicht haben (Fig. 1). Diese zeigt einen Wendepunkt, der einer Erläuterung bedarf. Aus diesem Grund wurden in die Kurve auch die Jahrgänge eingetragen, in welchen diese Stangen seinerzeit imprägniert worden sind. Die auffällige Verschlechterung zwischen den Jahren 1967 und 1970 wurde durch Stangen verursacht, welche während des Krieges und in den unmittelbaren Nachkriegsjahren schlecht grundimprägniert worden waren und damals noch keinen DS erhalten hatten. Der Kulminationspunkt dieser Kurve fällt in die Imprägnierjahre 1946-1950. Von diesem Zeitpunkt an weist die Kurve eine fallende Tendenz auf, welche darauf zurückgeführt werden kann, dass seit 1951 der Grossteil der stehenden Stangen mit einem DS versehen worden ist. Seither konnte der

Erfolg gehalten werden, wie die ebenfalls fallende Tendenz der Kurven für die Altersklassen 16–20 und 11–15 Jahre zeigt. Auch die Frühausfälle (Altersklasse 1–10 Jahre) liegen in der Grössenordnung von 0,5 %.

Ausser dem DS (an neuen Stangen) führen die BKW auch die Nachpflege an den stehenden Stangen durch. Die auf den DS und die Nachpflege gemeinsam zurückführbare Ersparnis ist aus dem Artikel «Auswertung einer einfachen Stangenstatistik» (Bulletin SEV Nr. 10/1972, S. 552–553) ersichtlich.

Es ist kaum möglich, den Erfolg des DS einerseits und der Nachpflege anderseits einzeln konkret zu bestimmen. Bestenfalls kann rechnerisch nachgewiesen werden, um wieviel der DS, bei einem bestimmten Preis, Stangenpreis, Zinsfuss und gegebener Teuerung, die Standdauer der Stangen verlängern muss, damit die Rentabilität gewahrt bleibt.

#### 4. Rentabilität des Doppelstockschutzes

Die Bedingung für eine Rentabilität des DS ist, dass die auf das Erstellungsjahr diskontierten Jahreskosten der Stangen mit DS kleiner oder zumindest gleich gross sind wie die der Stangen ohne DS. Daraus folgt, dass die durch den DS bewirkte Standdauerverlängerung eine entsprechende Senkung der Jahreskosten verursachen muss. Um einen Vergleich zu ermöglichen, ist für die Differenz der Standdauer einer Stange mit und einer solchen ohne DS eine Ersatzstange ohne DS in die Rechnung einzubeziehen, deren Jahreskosten vom Ende der Standdauer der Stange ohne DS bis zum Ende der Standdauer der Stange mit DS ebenfalls auf das Erstellungsjahr der Ersatzstange diskontiert werden. Der Preis der fertig gestellten Ersatzstange wird jedoch um die während der Standdauer der ersten Stange ohne DS eingetretene Teuerung höher sein.

Damit die verhältnismässig aufwendige Rechnung nicht immer wieder für verschiedene Preise des DS und der fertig gestellten Stangen sowie der Standdauer der Stange ohne DS durchgeführt werden muss und um das Ergebnis in Kurven darstellen zu können, wurde das für eine Rentabilität maximale Verhältnis der Preise des DS zu dem der Stangen ohne DS für verschiedene Längen der Standdauer der Stangen ohne DS gemäss folgender Beziehung berechnet:

$$\frac{K_D}{K_1} = \frac{r_t^n \cdot (r^v - 1)}{r^v \cdot (r^n - 1)}$$

mit:  $r = (1 + \frac{P}{100})$

$$r_t = (1 + \frac{P_t}{100})$$

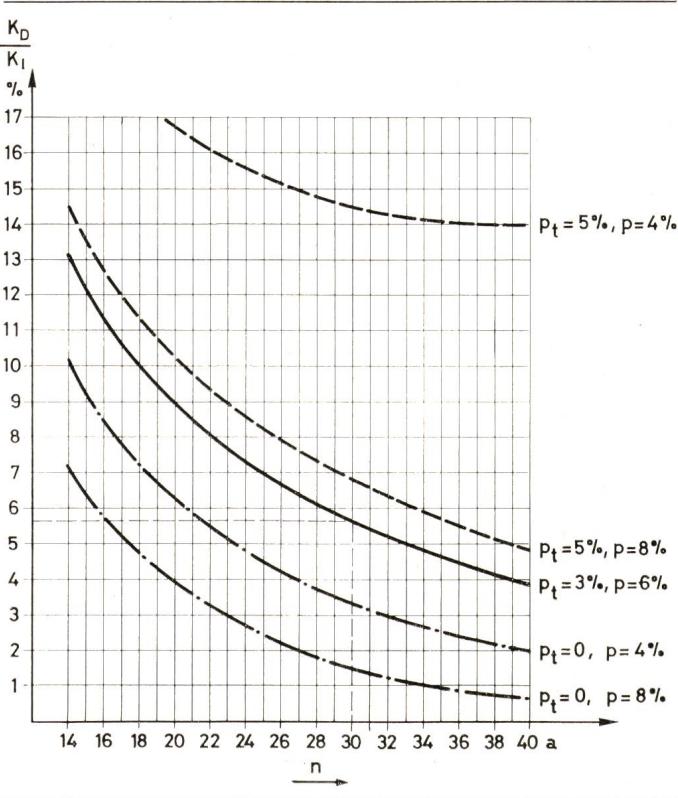


Fig. 3 In zwei Jahren sich rentierende Kosten des Doppelstockschutzes (v = 2)

- $K_1$  Kosten der fertiggestellten Stange in Franken
- $K_D$  Kosten des Doppelstockschutzes in Franken
- $n$  Mittleres Alter der wegen Fäulnis ausgewechselten Stangen ohne Doppelstockschutz
- $p$  Zinsfuss in Prozenten
- $p_t$  Jährliche Teuerung in Prozenten
- $v$  Standdauerverlängerung in Jahren

wobei:

- $K_D$  Preis des Doppelstockschutzes in Franken
- $K_1$  Preis der fertig gestellten Stange in Franken
- $P$  Zinsfuss in %
- $P_t$  Jährliche Teuerung in %
- $n$  Standdauer der Stange ohne Doppelstockschutz in Jahren
- $v$  Verlängerung der Standdauer durch den Doppelstockschutz in Jahren

Diese Kurven (Fig. 2 und Fig. 3) geben den Grenzwert der Rentabilität an, das heisst den Wert, bei welchem weder Ersparnis noch Verlust eintreten. Für eine Standdauer  $n$  der

Infolge Fäulnis in den Jahren 1964–1974 ersetzte hölzerne Leitungsstangen

Tabelle I

Jahr	Total Stück faul	Klasse 1–5 Jahre		Klasse 6–10 Jahre		Klasse 11–15 Jahre		Klasse 16–20 Jahre		Klasse 21–25 Jahre		Durchschnitt Standjahre
		Stück	%	Stück	%	Stück	%	Stück	%	Stück	%	
1964	1807	–	–	7	0,4	83	4,6	377	20,9	201	11,1	32,2
1965	1425	–	–	6	0,4	61	4,3	248	17,4	172	12,1	33,1
1966	1552	1	0,06	5	0,3	102	6,6	253	16,3	233	15,0	32,2
1967	1724	–	–	6	0,3	44	2,6	264	15,3	207	12,0	34,4
1968	1563	–	–	8	0,5	34	2,2	184	11,8	251	16,1	33,7
1969	1501	–	–	6	0,4	42	2,8	142	9,5	239	15,9	35,9
1970	1375	2	0,1	9	0,7	42	3,1	111	8,1	303	22,0	34,6
1971	1633	1	0,06	4	0,2	31	1,9	95	5,8	330	20,2	36,6
1972	1791	1	0,06	2	0,1	47	2,6	125	7,0	309	17,3	36,3
1973	1638	–	–	1	0,06	26	1,6	71	4,3	293	17,9	36,7
1974	1717	1	0,06	9	0,52	24	1,4	85	5,0	219	12,8	37,7



Stangen ohne DS von 14–40 Jahren und eine Standdauerverlängerung  $v$  durch den DS von 1 (Fig. 2) bzw. 2 Jahren (Fig. 3) kann der maximale Preis  $K_D$  für den DS in Prozenten des Preises der fertig gestellten Stange  $K_1$  abgelesen werden, wobei für die Standdauer  $n$  der Stange ohne DS das mittlere Alter der ausgewechselten faulen Stangen ohne DS eingesetzt wird.

Die Kurve, welche den derzeitigen Verhältnissen entspricht, wurde für einen Zinsfuß von 6% und eine jährliche Teuerung von 3% berechnet. Um den Einfluss des Zinsfußes und der Teuerung zu veranschaulichen, wurden ausserdem die Kurven für einen Zinsfuß von 4 und 8% sowie eine Teuerung von 0 und 5% eingezeichnet.

Wie aus diesen Kurven ersichtlich ist, genügt für die Rentabilität, bei einem Preis der fertiggestellten Stange von Fr. 437.25 ohne DS, des DS von Fr. 17.60, das heisst für  $\frac{K_D}{K_1} = \frac{17.60}{437.25} = 4\%$  und einem mittleren Alter  $n$  der ausgewechselten faulen Stangen ohne DS von 22 Jahren eine Verlängerung um ein Jahr, weil das maximale Verhältnis  $\frac{K_D}{K_1}$  für diesen Fall 4,2% beträgt (Fig. 2).

Bei einem mittleren Alter der ausgewechselten faulen Stangen ohne DS von 30 Jahren und  $\frac{K_D}{K_1}$  ebenfalls 4% ist für die Rentabilität schon eine Standdauerverlängerung von 2 Jahren erforderlich. In diesem Falle würde jedoch der DS auch noch

bei einem Preis von  $K_D = 5,6\%$  des Preises der fertig gestellten Stange ohne DS rentabel sein. (Die in den Beispielen angeführten Preise für die fertig gestellte Stange und den DS entsprechen den im Jahre 1974 von den BKW gezahlten Durchschnittspreisen; das mittlere Alter der ausgewechselten faulen Stangen wurde hingegen frei gewählt.)

## 5. Erkenntnisse

Bei einer statistisch relevanten Anzahl von etwa 180000 stehenden Stangen der BKW sind die jährlichen Frühaussfälle, das heisst Ausfälle der Altersklassen 1–10 Jahre, seit über 10 Jahren kleiner als 1% der Anzahl der jährlich ausgewechselten faulen Stangen.

Dieser Erfolg ist mit grösster Wahrscheinlichkeit dem DS zuzuschreiben. Rechnerisch können diese Zusammenhänge jedoch nicht erfasst werden. Dagegen lässt sich, wie vorstehend gezeigt, belegen, welche Standdauerverlängerung nötig ist, damit der Preis des DS durch die eingesparten Jahreskosten aufgewogen wird.

Die allgemeine Anwendung des DS ist aus der Sicht der BKW eine unbedingte Notwendigkeit.

## Adresse der Autoren

F. Seiler, Vorsteher der Installationsabteilung, und W. Popper, Technischer Assistent, Bernische Kraftwerke AG, 3000 Bern 25.

# Die voraussichtliche Entwicklung und Deckung des schweizerischen Bedarfs an elektrischer Energie für die Jahre 1975 bis 1985

Anlässlich einer Pressekonferenz vom 3. Juni 1976 ist ein Zwischenbericht<sup>1)</sup> der Eidgenössischen Kommission für die Gesamtenergiekonzeption vorgestellt worden. Der nachfolgende Bericht gibt das Kapitel VII dieses Zwischenberichtes, welches sich mit der zukünftigen Entwicklung und Deckung des schweizerischen Elektrizitätsbedarfes bis zum Jahre 1985 befasst, im Wortlaut wieder.

## 1. Einleitung

Herr Bundesrat Ritschard hat mit Schreiben vom 3. April 1975 die Eidgenössische Kommission für die Erarbeitung einer Gesamtenergiekonzeption (GEK) ersucht, sobald wie möglich Bericht über die voraussichtliche Entwicklung des Stromkonsums und seine Deckung in der Schweiz zu erstatten.

In der gegenwärtigen Kernkraftdiskussion steht die Frage, ob das laufende Bauprogramm für Kernkraftwerke angemessen sei, mit im Zentrum der Auseinandersetzungen. Um zu schlüssigen Aussagen zu kommen, musste die Kommission für die Gesamtenergiekonzeption einerseits den künftigen Bedarf, andererseits das künftige Angebot an elektrischer Energie so gut als möglich vorausschätzen. Die neuesten Perspektiven des St. Galler Zentrums für Zukunftsforschung dienten als Arbeitsgrundlagen für die Ermittlung des Bedarfs. Für die Untersuchung des Elektrizitätsbedarfes und seine Deckung hat sich die Kommission vorerst auf die Periode 1975 bis 1985 konzentriert. Dieser gegenüber der Perspektivstudie verkürzte Betrachtungszeitraum erscheint deshalb sinnvoll, weil erstens bei

A l'occasion d'une conférence de presse tenue le 3 juin 1976, il a été présenté aux journalistes un rapport intermédiaire de la Commission fédérale de la conception globale de l'énergie. Le texte ci-dessous est la reproduction in extenso du chapitre VII de ce rapport, qui traite de l'évolution future et de la couverture de la demande d'énergie électrique jusqu'en 1985.

der Beurteilung des gegenwärtig in Ausführung begriffenen Kernkraftwerkbauprogramms vor allem das nächste Jahrzehnt den Gegenstand des Hauptinteresses bildet und weil zweitens beim gegenwärtigen Stand der Kommissionsarbeit Aussagen, die über 1985 hinausreichen, naturgemäss mit grösseren Unsicherheiten behaftet sind.

## 2. Die voraussichtliche Entwicklung des schweizerischen Bedarfs an elektrischer Energie bis 1985

### 2.1 Vorbemerkungen zu den Elektrizitätsvorhersagen

In den letzten Jahren wurden in der Schweiz verschiedene Prognosen und Perspektivstudien zur Schätzung des mutmasslichen zukünftigen Energiebedarfes ausgearbeitet. Insbesondere interessierten der zukünftige Elektrizitätsbedarf und seine Deckung.

<sup>1)</sup> Eine Zusammenfassung des Zwischenberichtes ist bei der Eidgenössischen Drucksachen- und Materialzentrale, Fellerstrasse 21, 3000 Bern, erhältlich.