

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:	77 (1986)
Heft:	10
Artikel:	Studie über die Zuverlässigkeit von Energieerzeugungsanlagen in Kanada
Autor:	Rod, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-904203

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: 23.02.2026

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

Studie über die Zuverlässigkeit von Energieerzeugungsanlagen in Kanada

E. Rod

Die hier beschriebene Zuverlässigkeitstudie hatte als Ziel, das zuverlässige Funktionieren der untersuchten Einrichtungen auf lange Frist zu sichern. Die sich daraus ergebenden Resultate erlauben denn auch die Erstellung eines Aktionsplans für Reparaturen und/oder Erneuerungen.

L'étude de fiabilité de l'équipement considéré a été réalisée dans le but de garantir le fonctionnement de celui-ci à longue échéance. Les propositions qui en résultent permettent en effet d'établir des plans d'intervention pour réparations ou remplacements.

Eine französische Fassung dieses Artikels erscheint in der Fachzeitschrift «wasser, energie, luft – eau, énergie, air», 1986, Heft 5/6.

Une version française de cet article paraîtra dans «wasser, energie, luft – énergie, air» 1986 n° 5/6.

Adresse des Autors

Edouard Rod, Masch.-Ing. HTL, Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG, Parkstrasse 27, 5401 Baden

1. Ausgangslage

Im Jahre 1984 erteilte Alcan, eine Gesellschaft für Aluminiumerzeugung und Chemie in Quebec, Kanada, der Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG in Baden, Schweiz, den Auftrag, eine Studie über die Zuverlässigkeit der Energieerzeugung aus der Wasserkraft des Saguenay-Lac St.-Jean Systems in Quebec, Kanada, durchzuführen. Die zu untersuchenden Hauptanlageteile waren die Turbinen und Absperrorgane, die Generatoren, die elektrischen Anlagen und die Gleichrichteranlagen.

Gegenstand der Untersuchung waren

- 6 Wasserkraftanlagen, bestückt mit total 43 direkt mit den Synchron-Generatoren gekuppelten Mitteldruck-Francisturbinen

- 14 Hoch- und Mittespannungsschaltanlagen, die neben den Kraftwerken, entlang der Übertragungsleitungen und nahe den Aluminiumwerken gelegen sind
- 2 Gleichrichteranlagen für die Elektrolysenanlagen.

Die Maschinengruppen, zwischen 1925 und 1959 in Betrieb gesetzt, besitzen eine installierte Gesamtleistung von 2687 MW. Sie decken vollständig den Strombedarf der auf Isle Maligne, in Jonquière und in La Baie am Ufer des Saguenay gelegenen Aluminiumwerke (Fig. 1 und 2).

Bei der Aluminiumherstellung ist es von grosser Bedeutung, dass kein Unterbruch in der Stromversorgung entsteht, was eine hohe Verfügbarkeit der Erzeugungs- und Übertragungseinrichtungen verlangt. Es ist deshalb

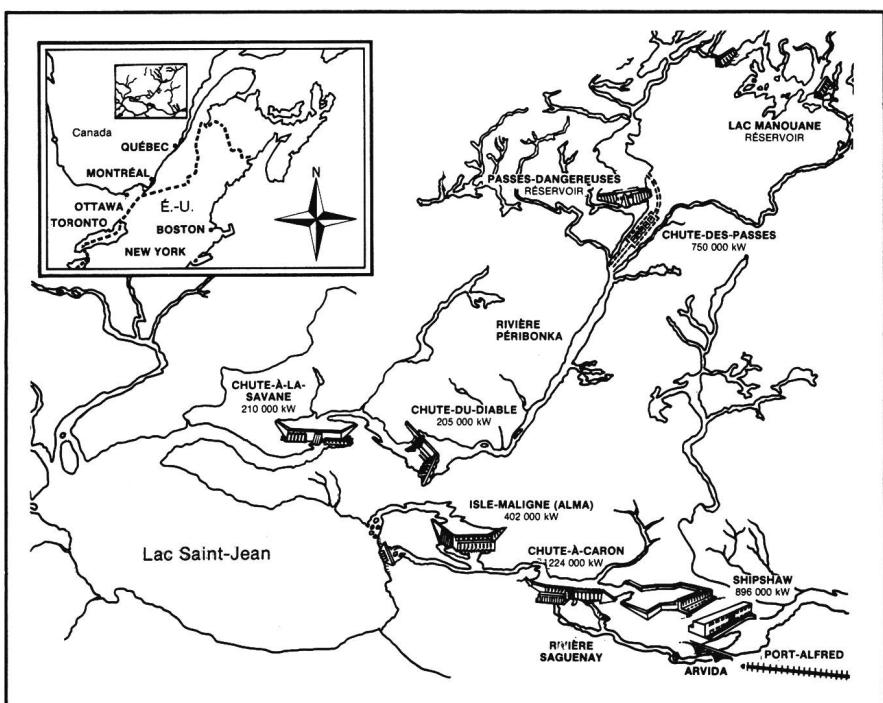


Fig. 1 Einzugsgebiet des Saguenay mit 6 Alcan-Wasserkraftwerken
Installierte Leistung total 2687 MW



Fig. 2 Stausee und Kraftwerk Chute à la Savane

wichtig, das Betriebsverhalten der einzelnen Anlageteile ständig zu überwachen, um frühzeitig die Massnahmen zu ergreifen, die für die Zuverlässigkeit des sehr komplexen Systems über lange Zeit nötig sind.

Wegen des unterschiedlichen Alters der verschiedenen Kraftwerke, Schaltanlagen und Elektrolysenöfen und der damit verbundenen erschwerten Beurteilung wünschte Alcan, dass die Zuverlässigkeit der Energieerzeugungs- und Übertragungsanlagen nicht nur durch die eigene Unterhaltsabteilung, sondern auch durch unabhängige Experten untersucht werde.

Der Untersuchungsbericht umfasst folgende Hauptpunkte:

- Daten und Merkmale der Ausrüstung, Beurteilung ihres Zustandes, eine Liste der gefundenen Schäden, Zuverlässigkeitssindex der verschiedenen Systeme, Untersysteme und Hauptbestandteile
- Auswertung der Betriebserfahrungen und Unterhaltsmethoden und Empfehlungen für vorsorglichen Unterhalt (Vorsorge-Massnahmen)
- Vorschläge für die Verbesserung, Änderung oder Erneuerung von Anlagen oder Einzelteilen.

Die auf dem ermittelten Zuverlässigkeitssindex basierenden Empfehlungen sind das Ziel der Studie. Es wurde ausserdem eine Methode entwickelt und beigefügt, die es erlaubt, die Zuverlässigkeit der Bauwerke, Stahlwasserbauten und Übertragungsleitungen zu beurteilen.

Die Ergebnisse der Studie und der durch die Unterhaltsabteilung der Alcan durchgeföhrten Untersuchungen werden es erlauben, einen Langzeitplan zu erarbeiten, der den Unterhalt, die Überholung und, soweit nötig, die Erneuerung der Ausrüstung enthalten wird.

2. Durchführung der Untersuchung

Die Studie wurde in drei Etappen durchgeföhr:

1. Vorbereitung der Besichtigungen

2. Besichtigung der Anlagen durch eine Gruppe von 4 Ingenieuren
3. Auswertung der Resultate der Besichtigung und Ausarbeitung des Schlussberichtes.

In der ersten Etappe wurden Fragebögen für die verschiedenen Anlageteile vorbereitet und verteilt. Sie wurden vom zuständigen Betriebspersonal ausgefüllt, um schon vor den Besichtigungen in den Besitz grundsätzlicher Informationen zu kommen. Die Besichtigungen wurden sorgfältig geplant mit dem Ziel, Störungen der Energieproduktion so gering wie möglich zu halten.

Die zweite Etappe umfasste die Besichtigung der Anlagen entsprechend dem vorher vereinbarten Programm sowie die Sammlung von Dokumenten, die von der Unterhaltsabteilung zur Verfügung gestellt wurden. Zahlreiche Dokumente, Schadensberichte, Unterhaltsrapporte und Pläne wurden analysiert. Die ausgefüllten Fragebögen wurden gesammelt und, wo nötig, vervollständigt.

Bei jedem Kraftwerk wurden 1 oder 2 Maschinengruppen abgestellt und auch im Inneren inspiziert (Fig. 3). Einheiten in Betrieb wurden bei verschiedener Belastung, beim Anfahren und Abstellen beobachtet. Dafür wurden 2 Tage für jede Anlage benötigt. Es wurden ebenfalls die Mittel- und Hochspannungsausrüstungen in den Kraftwerken und den verschiedenen Schaltanlagen und Gleichrichteranlagen gründlich untersucht, meistens während sie sich in Betrieb befanden.



Fig. 3 Beispiel eines inspizierten Turbinenlaufrades mit repariertem Schaufelaustritt

Zuverlässigkeit-Indices und Prioritätenliste

Tabelle I

Anlage	Werk	Anlageteil	Beurteilung aufgrund Bericht Absatz...	Folgen für den Betrieb	Ermitteltes Risiko			Ge-schätzte Lebens-dauer (Jahre)	Energieausfall bei erzwungenem Stillstand		Art der Gegen-massnahme	Priorität der Massnahme	Ge-schätzte Kosten der Mass-nahme
					hoch	mittel	ge-ring		Leistung pro Einheit	ungefähre Dauer des Stillstands			
Elektrische Ausrüstung der Zentrale und der Schaltanlage		Maschinen-Spannungsanlage	2.1.4.1	0,6			0,05	25	150 MW	1 Woche	Ersatzteile	notwendig	
		Transformatoren	2.1.4.2a	0,6			0,15	25	150 MW	1 Woche	Überwachung	verschiebbar	
		Transformatoren	2.1.4.2b	0,4			0,1	25	-	2 Monate	Überwachung	verschiebbar	
		Transformatoren	2.1.4.2c	0,4			0,1	25	-	2 Monate	Überwachung	verschiebbar	
		Transformatoren	2.1.4.2d	0,4			0,06	25	-	2 Monate	Überwachung	verschiebbar	
		Leistungsschalter	2.1.4.3a	0,6			0,18	25	-	2 Tage	Ersatzteile	notwendig	
		Leistungsschalter	2.1.4.3b	0,6			0,15	25	150 MW	2 Tage	Ersatzteile	notwendig	
		Trenner	2.1.4.4a	0,3			0,19	10	-	2 Tage	Ersatz der Isolatoren	wichtig	
		Trenner	2.1.4.4b	0,3			0,19	10	-	2 Tage	Ersatz der Isolatoren	wichtig	
		Trenner	2.1.4.4c	0,3			0,19	10	-	2 Tage	Ersatz der Isolatoren	wichtig	

Inspiziert wurden auch die Steuerungs- und Schutzanlagen sowie die wichtigsten Nebensysteme wie Kühlung und Lüftung. Wegen der grossen Anzahl zu prüfender Teile war es sehr hilfreich, detaillierte Informationen direkt vom Bedienungspersonal zu erhalten.

Am Ende der dreiwöchigen Inspektion entstand der Eindruck, einen klaren Überblick über das ganze System erlangt zu haben und alle notwendigen Informationen für die Weiterführung der Studien zu besitzen. Die Mission wurde in enger Zusammenarbeit mit Alcan-Vertretern durchgeführt.

Die dritte Etappe umfasste die kritische Analyse der Besichtigungsresultate und die Redaktion des Berichtes. Diese Etappe war die aufwendigste, mussten doch alle gesammelten Infor-

mationen in Betracht gezogen und bewertet werden, um sicher zu sein, dass der Bericht den Zustand der Anlagen und deren Zuverlässigkeit getreulich und so vollständig wie möglich wiedergibt.

3. Auswertung und Ergebnisse

Die Zuverlässigkeit wurde abgeschätzt unter Beachtung der Betriebsbedingungen und der Abnutzung der Anlageteile. Eine Reihe von Einflussgrössen zur Erfassung der Eintretens-Wahrscheinlichkeit und der Folgen eines Schadens wurden eingeführt, um den Risikofaktor zu bestimmen. Aus diesem Risiko und weiteren wirtschaftlichen und technischen Betrachtungen konnten Gegenmassnahmen abgeleitet

werden, die in einer Prioritätenliste zusammengestellt wurden. Diese Liste wird es Alcan erlauben, einen Plan für Unterhalts-, Überholungs- und Erneuerungsarbeiten auszuarbeiten, die notwendig sind, um eine hohe Verfügbarkeit des Systems sicherzustellen.

Die Resultate der Studie wurden in einer Liste zusammengefasst (Beispiel s. Tab. I).

Der wirtschaftliche Teil wurde nach einer speziell für diesen Zweck entwickelten Methode behandelt. Sie erlaubt es, das Kosten/Nutzen-Verhältnis verschiedener Gegenmassnahmen zu vergleichen und einzustufen. Die wegen ihrer Anwendungsbreite anspruchsvolle Studie verlangte fundierte interdisziplinäre Kenntnisse über den Gesamtumfang der Ausrüstungen von Wasserkraftanlagen.