

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Band:** 91 (1999)  
**Heft:** 9-10

**Artikel:** Ersatz von Generatorwellen und Laufrädern im Kraftwerk Tinizong des Elektrizitätswerks der Stadt Zürich  
**Autor:** Mugwyler, Kurt  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-940083>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.10.2024

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

# Ersatz von Generatorwellen und Laufrädern im Kraftwerk Tinizong des Elektrizitätswerks der Stadt Zürich

■ Kurt Mugwyl

## 1. Vorgeschichte

In den Jahren 1992 und 1993 sind die Statorwicklungen der Maschinen 1 und 2 des Kraftwerkes Tinizong ersetzt worden. Eine Prüfung des Rotors hatte Risse in den Wellenflanschen angezeigt. Hierauf wurden die beiden Rotoren ins ABB-Werk Birr gebracht, um die Risse wegzudrehen und auszuschlei-

flanschen durch die Bohrung des Rotorsterns gefahren werden mussten.

Die Berechnungen zeigten bald, dass das Drehmoment in der vorliegenden Ausführung nur zu 96 % durch Reibschluss übertragen werden kann. Der Rest und allfällige Überlasten musste der eingesetzte Keil übernehmen.

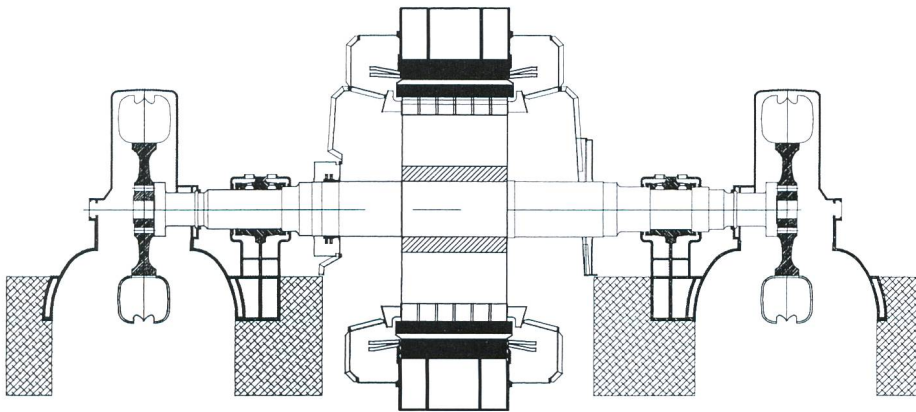


Bild 1. Längsschnitt durch eine Maschinengruppe des Kraftwerkes Tinizong.

fen. Gleichzeitig wurde an den Laufrädern die Geometrie der Passung geändert. Man hoffte, mit diesen Massnahmen das Übel beseitigt zu haben.

Nach nur 1000 Betriebsstunden fand man wieder Anzeichen neuer Risse. Weitere Prüfungen 1993 und 1994 zeigten ein Fortschreiten der Schäden. Auf Empfehlung von ABB wurde 1994 die Turbinenleistung auf 90 % begrenzt. Trotzdem zeigten erneute Prüfungen, dass die Rissbildung nicht aufgehalten werden kann. Ein Ersatz der Wellen drängte sich auf. Hiefür bot sich das Zeitfenster an, in welchem die Anlage auf den neuen Druckschacht umgebaut wurde (siehe Artikel «Hangbewegungen zwangen zum Ersatz einer Druckleitung durch einen Druckschacht» von Marco Ronchetti).

## 2. Aufbau der Maschinen und technische Besonderheiten

Die beiden baugleichen Maschinen sind mit zwei eindüsigen Peltonturbinen ausgerüstet (Bild 1). Die Laufräder sind fliegend auf die durchgehende Welle angeflanscht. Der Durchmesser der Kupplungsflanschen wurde bei dieser Bauart klein gehalten, weil beim Zusammenbau des Rotors die Kupplungs-

grösserem Kupplungsdurchmesser realisiert werden kann. Deshalb sah man den neuen Rotor als dreiteilige Konstruktion vor. Zwei Wellenteile sollten an den neuen Rotorkörper angeflanscht werden.

Es wurden die folgenden Lösungen untersucht:

1. Ersatz des ganzen Rotors samt Polen. Bei dieser Lösung hätte man die Kühlluftführung von radialer Durchströmung auf die heute übliche axiale Luftführung umstellen können.
2. Ersatz des Rotorsterns und Anbau von zwei Wellenstummeln mit grösseren Kupplungsflanschen. Dabei wäre man in der Dimensionierung der Laufradkupplung nicht mehr eingeschränkt gewesen. Die Rotorpole hätten dabei wiederverwendet werden können.
3. Ersatz des Rotorsterns wie vorgehend beschrieben, jedoch unter Wiederverwendung der auf den Stern aufgezogenen Rotorringe.

Alle drei vorgeschlagenen Lösungen sind technisch realisierbar. Zusammen mit Sulzer Hydro AG wurde versucht, auf der Basis des ursprünglichen Flanschdurchmessers eine akzeptable Lösung zu finden. Mit

## 3. Lösungssuche

Kupplungsberechnungen zeigten, dass mit dem bestehenden Wellenwerkstoff (St. C 35.61) ein akzeptabler Reibschluss nur mit

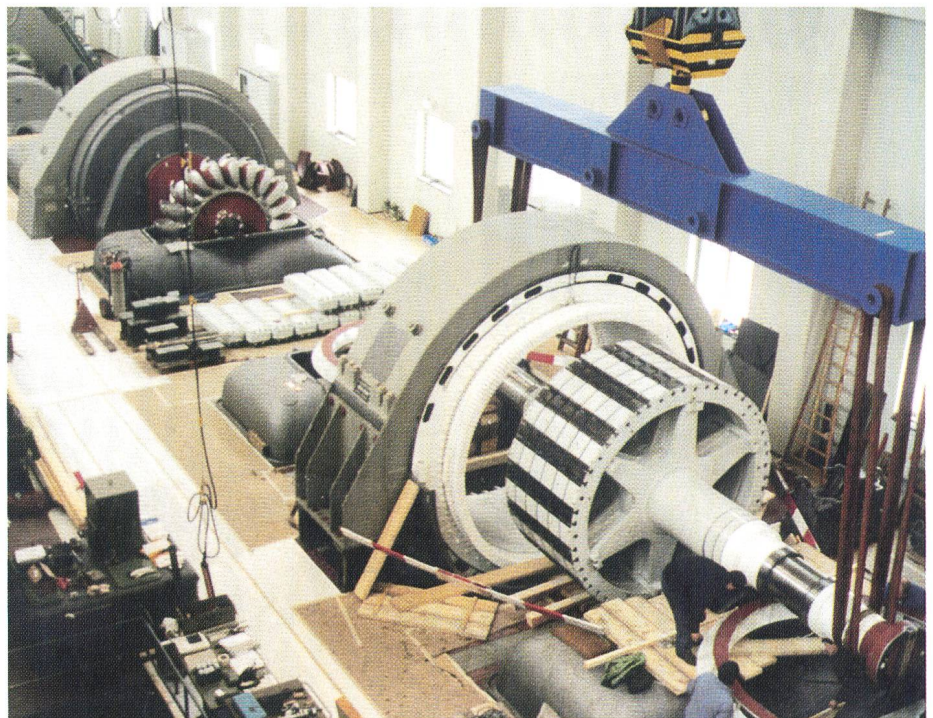
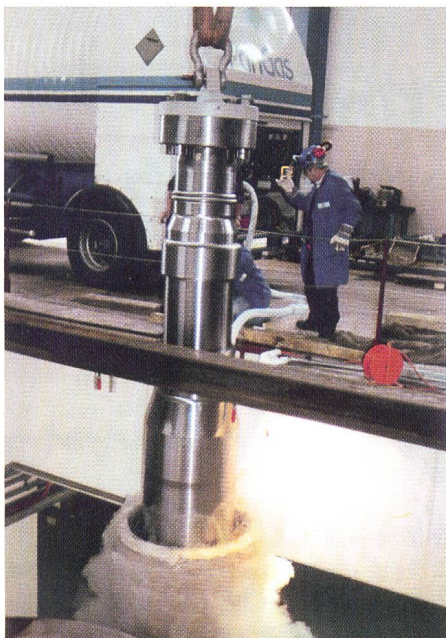


Bild 2. Ausfahren des Rotors.



**Bild 3. Abkühlen der Welle in einem Bad aus flüssigem Stickstoff auf  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ .**

der Wahl eines Wellenwerkstoffes mit höheren Festigkeitswerten (42CrMo 4) und der Erhöhung des Reibkoeffizienten durch Edelkorund konnte eine akzeptable Reibschlusskupplung konzipiert werden.

Damit waren die Voraussetzungen gegeben, nur die Welle zu ersetzen und den ganzen Rotorkörper mit den Polspulen wiederzuverwenden. Gleichzeitig wurde untersucht, bis zu welcher Grenze eine Leistungserhöhung mit der bestehenden Statorwicklung möglich ist. Durch Modifizierung der Düseninläufe ist es grundsätzlich möglich, die Turbinenwassermenge und damit die Leistung der Maschine zu erhöhen. Jedenfalls wollte man nicht eine tiefere Grenze setzen, als die, welche durch die Stator- und Rotor-

wicklung gegeben ist. So wurde die Laufradkupplung auf eine Leistung von 16 MW pro Laufrad ausgelegt.

#### 4. Realisierung

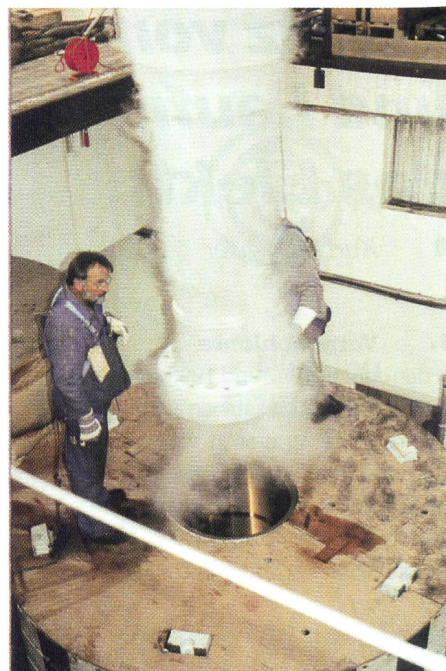
Aus insgesamt vier Angeboten wählten wir dasjenige der Firma Sulzer Hydro AG, Kriens, aus. Für die elektrischen Teile hat die Sulzer Hydro AG die Firma Gebrüder Meier & Co. AG in Regensdorf beigezogen.

Für die Demontage des Rotors konstruierte das ewz einen speziellen Kranballen, mit dessen Hilfe der ganze Rotor ohne Trennung der Statorwicklung ausgefahren werden konnte (Bild 2).

Um den aus Grauguss bestehenden Rotorstern nicht zu beschädigen, wurden die alten Wellen beidseitig des Sterns abgetrennt und der in der Bohrung verbleibende Teil durch Zirkularfräsen soweit geschwächt, dass dieser ohne grossen Kraftaufwand entfernt werden konnte.

Die beiden neuen Wellen wurden vom Stahlwerk in Schweden fertig bearbeitet an Sulzer Hydro AG geliefert, dort eingehend geprüft, vermessen und für den Einbau vorbereitet. Im Rotorstern drehte man die Bohrung um 1 mm grösser aus, um saubere Oberflächen für eine gute Passung zu erhalten.

Der Zusammenbau von Generatorwelle und Rotorkörper erfolgte im Kraftwerk Wildegg-Brugg. Erstmals in der Schweiz wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Pan-Gas AG das «Kaltschrumpfen» angewendet. Anstatt den Rotorkörper auf 100 bis 150  $^{\circ}\text{C}$  aufzuwärmen, um die Welle einfahren zu können, wurde die Welle in einem Bad von flüssigem Stickstoff auf  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$  abgekühlt (Bild 3). Der Wellendurchmesser von 740 mm im Bereich der Passung verringerte sich um



**Bild 4. Einfahren der abgekühlten Welle in den Rotorstern.**

1,14 mm. Mit diesem Einbauspiel konnte die Welle leicht in die Bohrung eingefahren werden (Bild 4).

#### 5. Ersatz von zwei Peltonlaufrädern

An den zwei Laufrädern von Maschine 2 sind bei einer Routineuntersuchung 1997 ebenfalls Risse festgestellt worden. Nachfolgende Rissprüfungen zeigten auch hier, dass der Schadensverlauf nicht aufgehalten werden kann (Bild 5).

Bei diesen zwei 1976 hergestellten Laufrädern handelt es sich um eine Sonderkonstruktion. Anstelle der sonst aus einem Guss hergestellten Räder wurden die Naben



**Bild 5. Ausgeschliffene Risse an einem alten Laufrad.**



**Bild 6. Die durch Schweissen aufgetragenen Becher vor der Bearbeitung (MicroGuss®).**

und die Becher einzeln gegossen. Nach einer Vorbearbeitung wurden die Becher auf die Nabe gesetzt und angeschweisst.

Interessant ist, dass die im gleichen Jahr gefertigten Integralräder von Maschine 1 keinerlei Rissbildung zeigten. Diese Räder hat man nur in der Flanschpartie an die neuen Kupplungsmasse angepasst und nach gründlicher Prüfung wieder eingesetzt.

Die Fertigung der beiden neuen Laufräder wurde bei Sulzer Hydro AG in Auftrag gegeben. Sie wurden in dem von Sulzer patentierten MicroGuss®-Verfahren herge-

stellt. Dabei wird die Nabe aus hochwertigem Stahl geschmiedet. Die Becherwurzeln werden aus dem vollen Schmiedestück gearbeitet. Der eigentliche Becher wird dann mit Robotern als reines Schweissgut aufgetragen und anschliessend bearbeitet (Bild 6).

## 6. Wiedermontage und Inbetriebsetzung

Termingerecht wurden die beiden Rotoren und die neuen Laufräder angeliefert und wieder in die Maschinen eingesetzt. Dank der guten Vorbereitung und der präzisen Ferti-

gung der Teile konnten beide Maschinen problemlos montiert werden.

Am 31. Mai 1999 wurde die erste und am 1. Juni 1999 die zweite Maschine für die Produktion freigegeben.

Adresse des Verfassers

Kurt Mugwyl Ing. HTL, ewz, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Abt. des Departementes der Industriellen Betriebe, Tramstrasse 35, Postfach, CH-8050 Zürich.

# L'Opération Rivières Propres (ORP)

■ J.-B. Lachavanne, O. Goy, F. Widmann

Dans le but d'apporter une contribution effective à la lutte contre la pollution des eaux dans le bassin lémanique, l'Association pour la Sauvegarde du Léman (ASL) a lancé cette vaste campagne de sensibilisation et d'action le 5 septembre 1990, motivée par deux constats:

1. l'état sanitaire du Léman reste fragile malgré les progrès enregistrés ces dernières années;
2. l'état du système d'assainissement des eaux usées du bassin lémanique n'est pas encore satisfaisant.

L'ASL visait plusieurs objectifs qu'elle a largement atteints:

- constituer un cadastre des rejets polluants dans les cours d'eau du bassin lémanique;
- susciter l'intervention d'élus locaux au sein des municipalités;
- sensibiliser la population lémanique aux multiples problèmes de pollution des eaux non encore résolus et l'associer à l'effort général de lutte contre la pollution.

## Un travail de bénévoles encadrés par des spécialistes

Cette campagne consiste, avec l'aide de bénévoles, à mener une enquête le long des rivières et de leurs affluents afin de dresser l'inventaire des rejets polluants sauvages et des dépôts de déchets ainsi que de les localiser.

Parmi les nombreux critères d'évaluation du caractère polluant d'un rejet, un contrôle visuel et olfactif très simple basé sur l'observation de certains paramètres permet de repérer les rejets suspects et de déterminer s'il agit de rejets polluants avec une bonne approximation.

Un rejet non polluant doit au moins ne provoquer aucune formation de boues, aucune turbidité, ni coloration ou formation de mousses et aucune altération de goût et d'odeur par rapport à l'état naturel.

De plus, il ne doit pas se produire de prolifération indésirable d'algues, de bactéries et de champignons.

D'autres observations et mesures simples sont également effectuées (pH, phosphates, nitrates, etc.).

Chaque équipe de bénévoles reçoit de la part de l'ASL un set de matériel (carte, fiches de terrain à remplir, kits d'analyses chimiques, guide).

La plupart des informations recueillies sont ensuite vérifiées et évaluées par des spécialistes de l'ASL. Une base de données est réalisée ainsi que la cartographie des rejets. Le tout constitue le cadastre des rejets polluants des rivières à partir duquel sont réalisées des fiches techniques destinées aux services cantonaux et communaux.

## Evaluation du caractère polluant des rejets suspects

Selon le nombre et la valeur des critères dépassant plus ou moins nettement les normes, nous avons classé les rejets en quatre catégories:

- 0 absence de caractère polluant;
- 1 caractère polluant à confirmer (souvent des eaux de drainage: surfaces agricoles, routes);
- 2 forte probabilité de pollution;
- 3 pollution incontestable (souvent des rejets domestiques, euh... disons aisément reconnaissables).

Il n'est toutefois pas possible, sur la base de ces résultats, de préjuger de la nature exacte de la pollution ni de sa gravité. En outre, le type 0 ne signifie pas forcément conformité.

Les dépôts de déchets sont classés en deux catégories selon leur importance. Vu la difficulté de repérer et d'atteindre certains rejets, le mérite des équipes de bénévoles tient autant à leur flair et à leur agilité qu'à leur patience et à leur endurance!

## Un travail de titan et de fourmi

Le Léman recueille les eaux de 280 rivières totalisant plus de 7000 km de cours, dont 4000 nécessitent d'être parcourus pour le recensement des rejets sauvages. Un quart de ces rivières, soit 70, se trouvent dans le canton de Vaud, représentant près du tiers du cours à prospecter (1422 km). La longueur des rivières vaudoises varie de 500 m à, pour les plus grandes, 280 km (Grande Eau), 175 km (Veveyse), 161 km (Venoge) et 105 km (Avançon) (figure 1).

Les 1422 km de rivières vaudoises ont été parcourus à pied, mètre après mètre, protocole de l'ORP en main, par des centaines de bénévoles entre 1991 et 1997. La première rivière visitée fut l'Aubonne, une des plus polluées du bassin lémanique vaudois, la dernière fut l'Avançon, une des moins polluées. On finit donc en beauté! Tant mieux car le bilan global est tout de même assez lourd.

En travail accompli tout d'abord, ce sont en moyenne 4 rejets par kilomètre de rivière (5921 en tout) qui ont fait l'objet d'un relevé, d'analyses, de vérifications, de saisie de données, de cartographie, etc.