Das neue Kraftwerk Ilanz mit seiner Schwingungsüberwachung

Autor(en): **Olsen, Ulrich / Rennhard, Markus**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **81 (1989)**

Heft 6

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-940478

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Das neue Kraftwerk Ilanz mit seiner Schwingungsüberwachung

Ulrich Olsen und Markus Rennhard

1. Einleitung

Die Kraftwerk Ilanz AG (KWI) mit Sitz in Ilanz wurde 1978 gegründet. Ab Ende 1989 wird die KWI zwei neue Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 85 MW in Betrieb nehmen. Das Kraftwerk Ilanz I nutzt hierbei die Wasserkraft des Vorderrheins zwischen Tavanasa und der Stadt Ilanz, während das Kraftwerk Ilanz II die Wasserkraft des Panixer- und des Siatertals erschliesst (Bilder 1 und 2).

Die Maschinen und Einrichtungen der Anlagen Ilanz I und II werden im gleichen Zentralengebäude installiert und von der Zentrale Tavanasa aus ferngesteuert.

Beide Anlagen entsprechen den hohen Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen der mit der Projektierung, der Bauleitung und der Geschäftsführung beauftragten Nordostschweizerischen Kraftwerke AG. Ein Beispiel hierfür ist die Schwingungsüberwachung der Wasserkraftmaschinensätze, die hinsichtlich Maschinenschutz, Fehlerfrüherkennung und Messdatenverarbeitung modernsten Ansprüchen gerecht wird.

2. Wasserhaushalt

Kraftwerk Illanz I (Stufe Tavanasa)

Das von den Kraftwerken Vorderrhein AG in Tavanasa verarbeitete Betriebswasser wird in einem Dücker unter dem Rhein hindurch in ein Ausgleichsbecken auf der linken Talseite oberhalb von Danis geleitet. Diesem Becken von 150000 m³ Inhalt wird auch das Wasser der Rheinfassung Tavanasa, die ein Zwischeneinzugsgebiet von 230 km² erfasst, zugeführt. Die aus dem Rhein gefasste Wassermenge ist auf 12,5 m³/s beschränkt.

Ein 12,5 km langer Druckstollen mit einem lichten Durchmesser von 4,6 m leitet das Betriebswasser zum Wasserschloss und durch den anschliessenden Druckschacht von rund 3,5 m Durchmesser zur freistehenden Zentrale Ilanz (Bild 3).

Die Ausbauwassermenge beträgt 50 m³/s, das Bruttogefälle 96 m und die Leistung der beiden Francisturbinen zusammen 35 MW.

Kraftwerk Ilanz II (Stufe Panix)

Mit einem Gefälle von zirka 740 m nützt das KW Ilanz II die Wasserkräfte des Panixer- und Siatertales. Auf der auf 1450 m ü.M. liegenden Alp Panix wird ein Stausee, mittels einer zirka 40 m hohen Staumauer, von 7,2 Mio m³ Speichervolumen geschaffen.

Ein 7,8 km langer Druckstollen von 2,5 bzw. 2,2 m Durchmesser führt unter dem Val de Siat hindurch zum Wasserschloss oberhalb von Ruschein. In diesen Stollen wird auch das aus dem Siaterbach gefasste Wasser eingeleitet. An das Wasserschloss schliesst ein Druckschacht (bzw. teilweise eine im Boden verlegte Druckleitung) von 2150 m Länge an. Die Schluckfähigkeit der Peltonturbine mit zwei Laufrädern beträgt 8 m³/s und ihre Leistung 50 MW.

Nutzbare Wassermengen und Energieproduktion

In einem hydrologisch durchschnittlichen Jahr fliessen an der eidgenössischen Messstation Vorderrhein Ilanz im langjährigen Mittel rund 1100 Mio m³ Wasser ab. Davon werden nach Projekt 626 Mio m³ im Kraftwerk Ilanz I und 80 Mio m³ im Kraftwerk Ilanz II genutzt.

Vom nutzbaren Wasserdargebot des KW Ilanz I entfallen im Durchschnittsjahr 208 Mio m³ auf das Winter- und 418 Mio m³ auf das Sommerhalbjahr. Dabei beträgt die erzeugbare Energie insgesamt 125,2 Mio kWh.

Das nutzbare Wasserangebot von Ilanz II beträgt im Mittel 80 Mio m³ im Jahr, davon 17 Mio m³ im Winter und 63 Mio m³ im Sommer. Daraus resultiert eine Energieproduktion von 134,7 Mio kWh. Das Staubecken Panix erlaubt nur eine geringe Umlagerung der verfügbaren Wassermengen. Es dient hauptsächlich dem Tages- und Wochenausgleich.

Die gesamte verfügbare Leistung beider Kraftwerke beträgt somit 85 MW und die gesamte Energieproduktion rund 260 Mio kWh pro Jahr.

Bild 1. Übersichtskarte des Wasserhaushaltes.

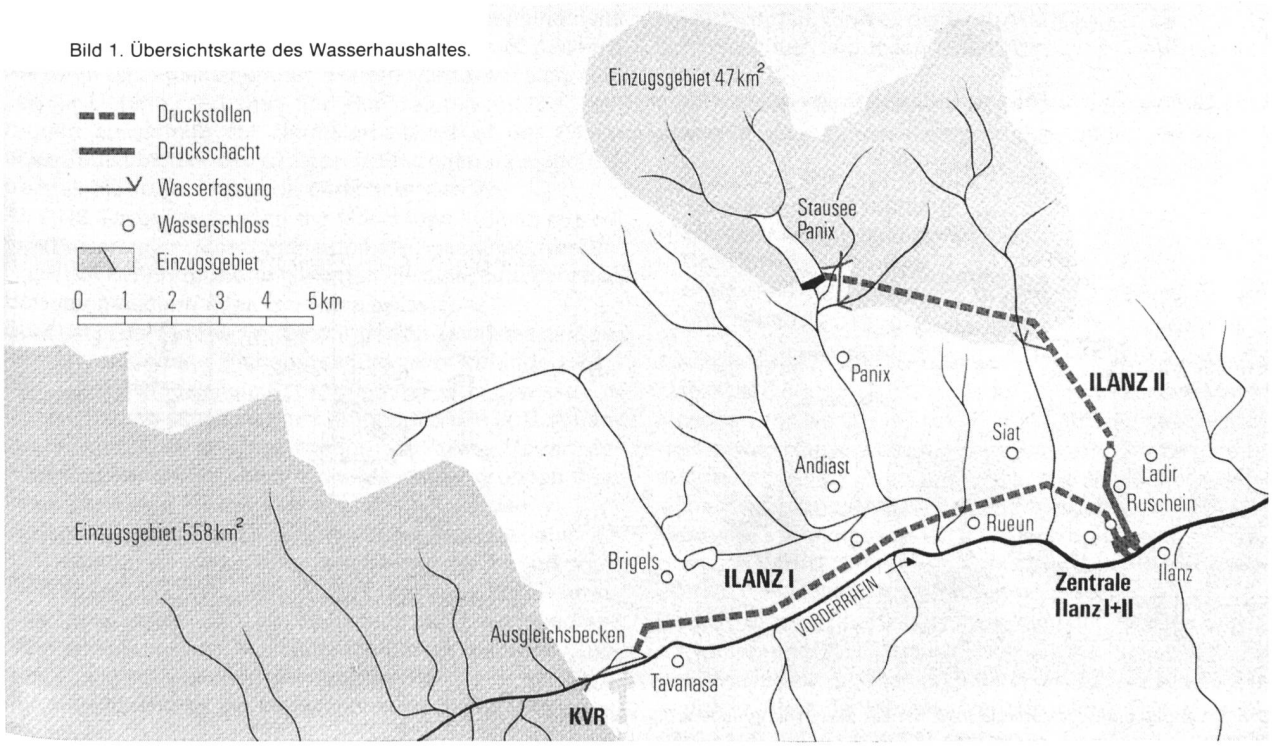
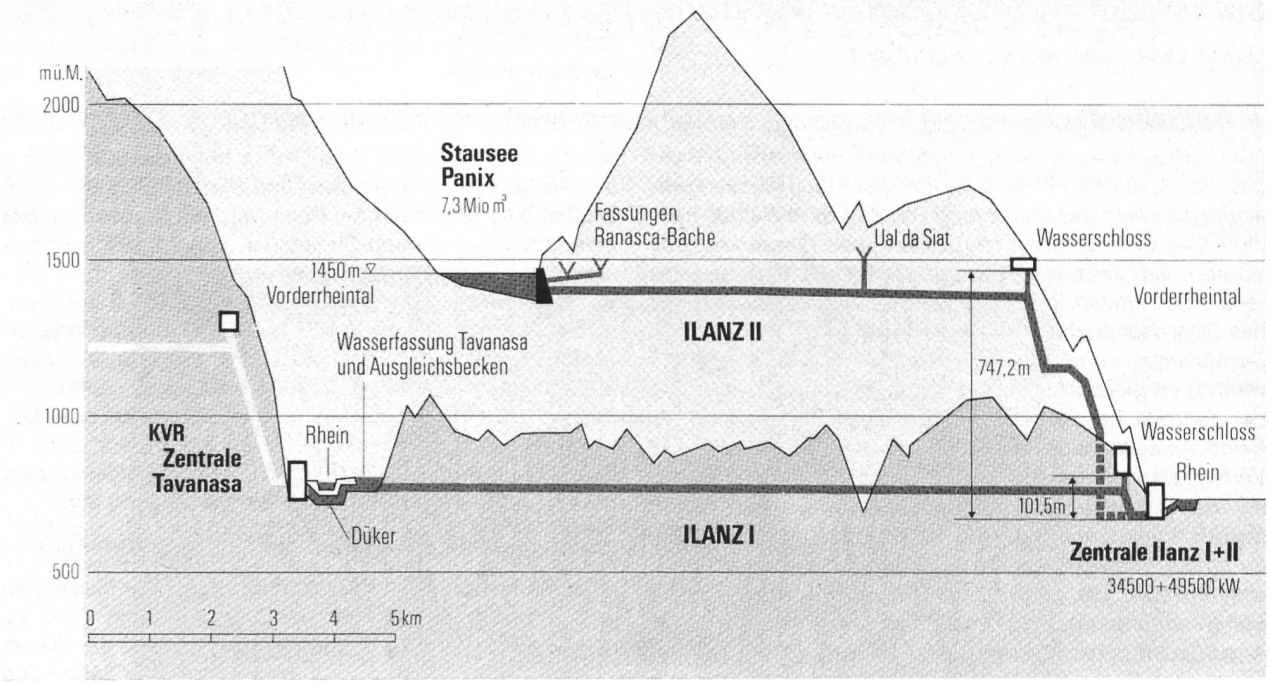


Bild 2. Längenprofil des Wasserhaushaltes.



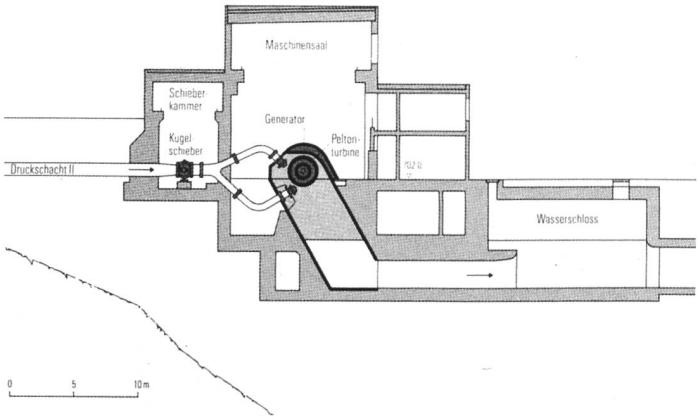


Bild 4. Längsschnitt der Zentrale Ilanz mit der Maschinengruppe 1 (Peltonturbine).

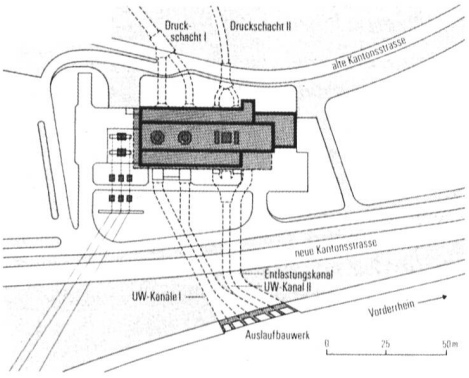


Bild 3. Situation der Zentrale Ilanz I und II.

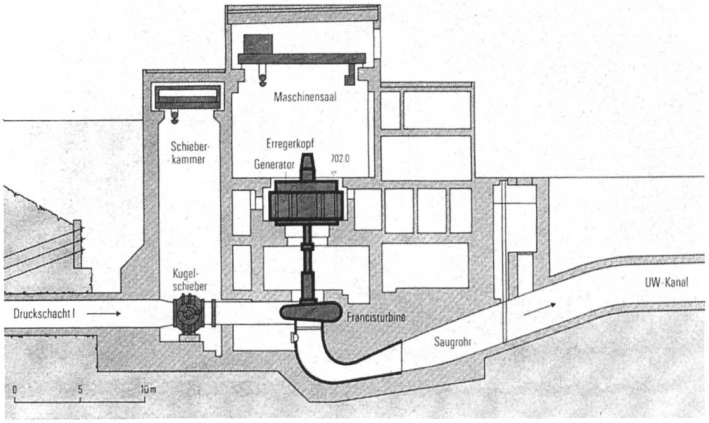


Bild 5. Längsschnitt der Zentrale Ilanz mit der Maschinengruppe 2 (3) (Francisturbine).

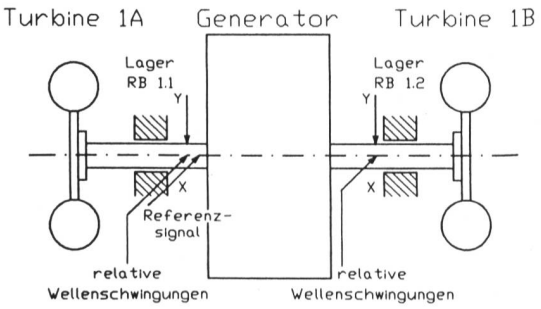


Bild 6. Peltonmaschinensatz mit eingezeichneten Messstellen für relative Wellenschwingungen und Referenzsignal.

3. Beschreibung der Maschinengruppen

Maschinengruppe 1, Ilanz II

Der horizontalachsige Maschinensatz besteht aus Generator, einer Doppel-Peltonturbine mit zwei Düsen und einem Kugelschieber pro Laufrad (Bild 4).

Nenndrehzahl	600 1/min
Generatorleistung	53 MVA
– Spannung	8 kV
– Lieferant	Asea Brown Boveri AG, Baden
Turbinenleistung	52,3 MW
– Nutzfallhöhe	721,6 m
– Wasserstrom	8,2 m^3/s
– Lieferant	Bell Maschinenfabrik AG, Kriens
Kugelschiebernennweite	750 mm
– Lieferant	Hydro Progress AG, Luzern

Maschinengruppe 2 und 3, Ilanz I

Zwei vertikalachsige Maschinensätze, bestehend aus Generator, einer Francisturbine und einem Kugelschieber (Bild 5).

Nenndrehzahl	428,6 1/min
Generatorleistung	22 MVA
– Spannung	8 kV
– Lieferant	Asea Brown Boveri AG, Baden
Turbinenleistung	22,3 MW
– Nutzfallhöhe	87,8 m
– Wasserstrom	28,4 m^3/s
– Lieferant	Ateliers des Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Vevey
Kugelschiebernennweite	1800 mm
– Lieferant	Hydro Progress AG, Luzern

4. Leittechnikkonzept der Zentrale Ilanz

Das Kraftwerk Ilanz wird ab Regionaler Netzsteuerstelle (RNS) Tavanasa fernbedient. In der Zentrale Ilanz hält sich Personal im allgemeinen nur während der Normalarbeitszeit für Unterhaltsarbeiten und Reparaturen auf. Bei Störungen ausserhalb der Normalarbeitszeit ist der Pikettdienst aufzubieten. Bis zu dessen Eintreffen muss im Extremfall bis zu einer Stunde gerechnet werden.
Ab RNS Tavanasa können die Maschinen in Ilanz nur bei funktionierender Maschinenautomatik gestartet werden. Nach der Synchronisierung werden die Maschinen mit den Belastungsreglern oder von Hand belastet.
Bei Ausfall der Fernwirkverbindung nach Tavanasa darf der zuletzt vorhandene Betriebszustand nicht verändert werden. Bereits eingeleitete Funktionen, die eine gewisse Ablaufzeit haben, sollen zu Ende geführt werden (z.B. Anfahren, Abstellen einer Maschinengruppe usw.). Dauert der Ausfall zu lange, so können die Maschinengruppen über einen parallelen Fernwirkkanal abgestellt werden.
Die Anlagen Ilanz I und II müssten in der Zentrale Ilanz normal gefahren werden können, auch wenn die Rechnerfernwirkverbindung resp. deren Unterstation in der Zentrale Ilanz ausgefallen ist. Die Bedienung ab Maschinentafel kann sowohl mit der Maschinenautomatik als auch autonom von Hand gesteuert werden. Die Störungen werden in der Maschinentafel mit konventionellen Signalanlagen signalisiert.
Die elektrischen und mechanischen Schutzeinrichtungen müssen unter allen Umständen funktionsfähig sein, auch bei Vorortsteuerung (Bedienung direkt beim Steuerobjekt). Die Überwachungseinrichtungen (wie Temperatur, Schwingung, Drehzahl usw.) müssen auch für den lokalen Betrieb funktionsfähig sein. Die Steuer-, Überwachungs-, Signalisier- und Schutzeinrichtungen sind für jede der drei Maschinengruppen autonom ausgeführt und in verschiedenen Räumen untergebracht.

Maschinensteuerung

Die Steuerung ab Maschinentafel und vor Ort ist in Hellschaltung mit Befehls- und Freigabetaste ausgeführt. Die Hellschaltung anstelle der bisher üblichen Dunkelschaltung wurde deshalb beschlossen, da eine reine Dunkelschaltung bei grösstenteils automatischen Funktionsabläufen nicht sinnvoll ist. Bei einer Dunkelschaltung müssten jeweils bei Umschaltung auf Handsteuerung die Steuerquittungsschalter zuerst in die aktuelle Stellung gebracht werden.
Die Vorortsteuerungen der Maschinengruppen erfolgten mit 110 VDC nach dem Arbeitsstromprinzip. Aus Sicherheitsgründen wird für die Schliessbewegung von Drosselklappe, Kugelschieber und Turbine das Ruhestromprinzip angewendet.
Die Maschinensteuerung ist in drei Ebenen gegliedert:

- Die unterste Ebene ist die Vorortsteuerung bei den Stellgliedern und Aggregaten.
- Die zweite Ebene ist die zentrale Handsteuerung in der Maschinentafel der Zentrale Ilanz.
- Die dritte Ebene ist die Maschinenautomatik (SPS) mit den Anfahr- und Abstellprogrammen.

Maschinenüberwachung

Die verschiedenen Systeme für die Maschinenüberwachung müssen einen sicheren Betrieb gewährleisten und sollen autark arbeiten. Die einzelnen Überwachungssysteme liefern bei Überschreitung der eingestellten Grenzwerte Störsignale, die an der Maschinentafel Ilanz und in der RNS Tavanasa angezeigt und an beiden Orten protokolliert werden. Ein Teil der Grenzwerte wirken auf den Maschinenschutz und lösen einen Schnell- oder Notschluss aus.
Das sichere Funktionieren folgender Überwachungssysteme ist eine Voraussetzung für den Betrieb der Maschinen:

- Temperaturüberwachung
- Lagerschwingungsüberwachung
- Drehzahlüberwachung
- Hilfsbetriebeüberwachung (Druck, Durchfluss, Niveau und Stellung)

Messwertregistrierung der Temperatur-, Schwingungs- und Drehzahlüberwachung: Pro Maschinengruppe werden die Messwerte (4 bis 20 mA) mit einer autonomen Messwerterfassung und Grenzwertüberwachung (SPS) im Sekundenzyklus abgerufen. Die Grenzwerte werden konventionell signalisiert und protokolliert. Die Messdaten von den drei Messwerterfassungssystemen werden von einem übergeordneten Personalcomputer über einen Datenbus abgeholt und für eine spätere Auswertung gespeichert.
Der Messwertverlauf in Funktion der Zeit kann in Tages- oder Monatsbildern verfolgt werden. Auf einem Drucker werden die Grenzwerte und periodisch die Messwerte ausgedruckt. Auch der Messwertverlauf auf den Bildschirmbildern kann damit gedruckt werden.

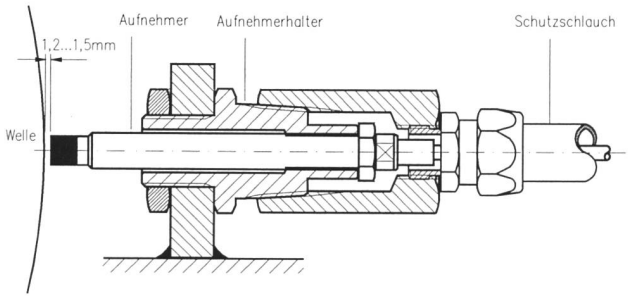


Bild 7. Berührungsloser Wirbelstromaufnehmer mit Aufnehmerhalter.

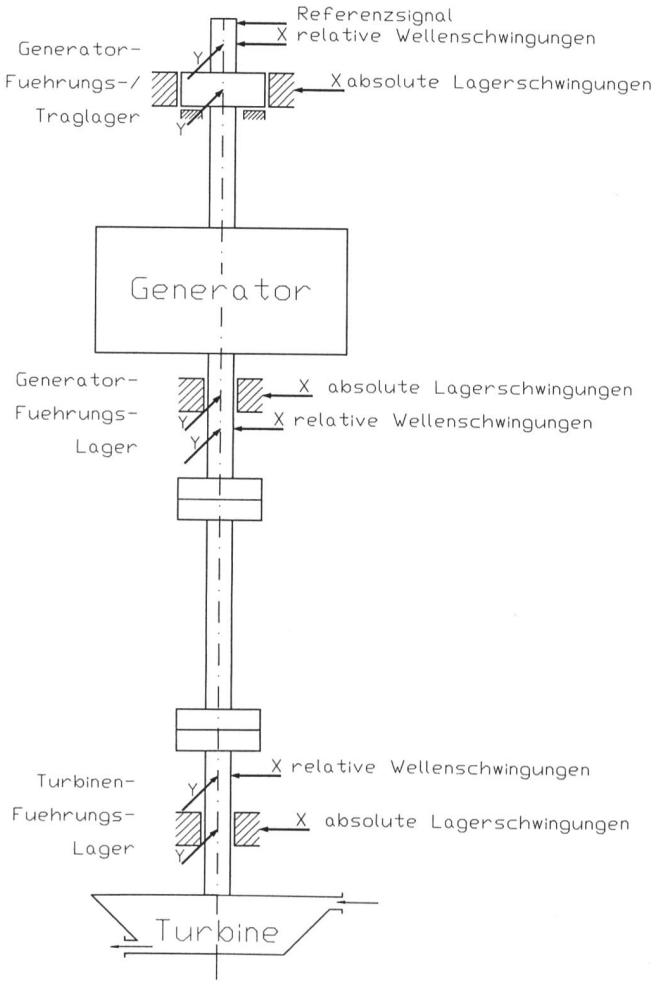
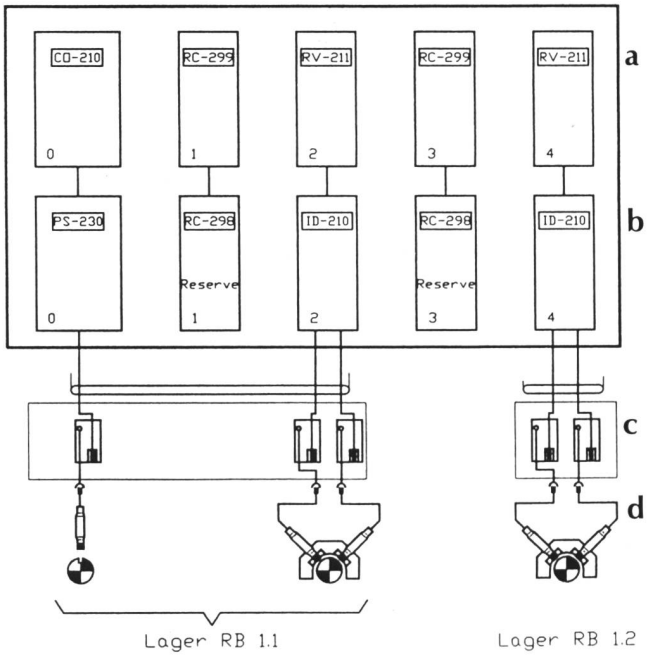


Bild 9. Francisturbinengruppe mit Messstellen für relative Wellenschwingungen, absolute Lagerschwingungen und Referenzsignal.

Bild 8. Blockschaltbild der Schwingungsüberwachung der Maschinengruppe 1. a) Front-Einschübe, b) Rück-Einschübe, c) Oszillatoren, d) Aufnehmer.



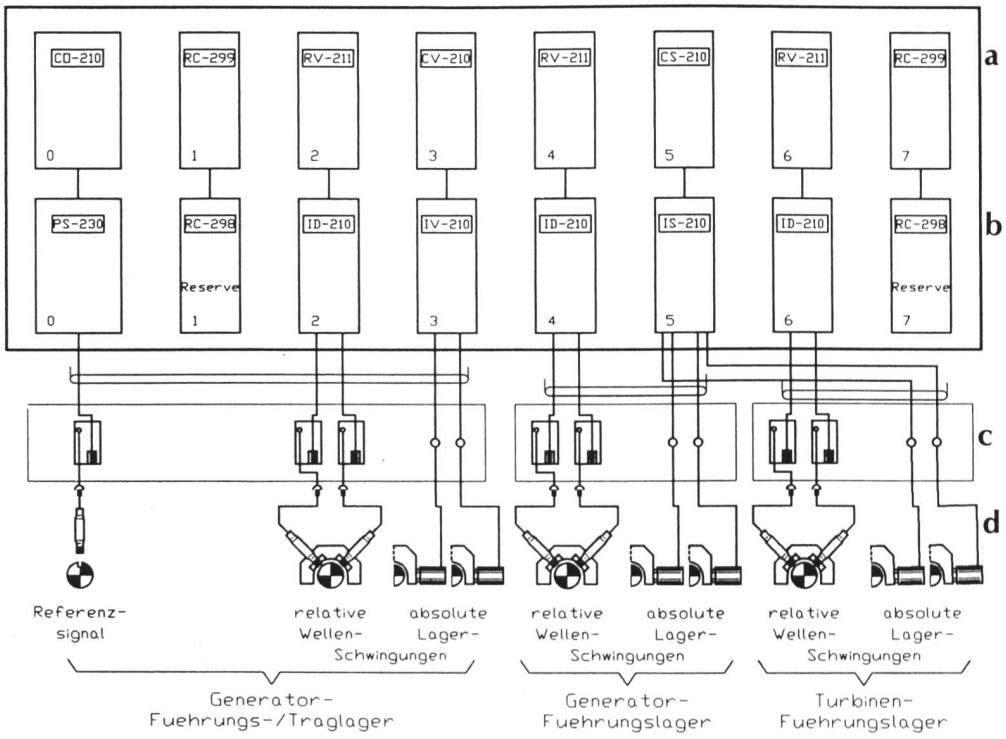


Bild 10. Blockschaltbild der Schwingungsüberwachung eines Maschinensatzes der Maschinengruppe 2.
a) Front-Einschübe,
b) Rück-Einschübe,
c) Oszillatoren,
d) Aufnehmer.

Maschinenschutz

Der Maschinenschutz ist in Haupt- und Reserveschutz unterteilt. Die Schutzeinrichtungen arbeiten nach dem Arbeitsstromprinzip und wirken direkt auf die Ausschaltspulen der Schalter und Schliessventile. Sicherheitsorgane sind zusätzlich zur 110-VDC-Ausschaltspule mit einer zusätzlichen 48-VDC-Spule ausgerüstet.
Der Hauptschutz umfasst die normalen Schutzeinrichtungen (elektrisch und mechanisch), die den Schutz der Anlagen unter allen denkbaren Betriebsbedingungen gewährleisten.
Der Reserveschutz enthält nur einige wichtige Schutzeinrichtungen, die bei Ausfall des Hauptschutzes die Anlagen vor grossem Schaden bewahren sollen.
Die mechanischen Auslösekriterien lösen grundsätzlich Schnellschluss aus. Die Abschlussorgane werden geschlossen, und bei Minimalleistung des Generators wird der Generator- und Magnetfeldschalter ausgeschaltet. Die Bremsung erfolgt nur bei Gefahr von Lagerschaden.
Die elektrischen Auslösekriterien lösen Notschluss aus. Die Leistungsschalter werden ausgeschaltet, und die Abschlussorgane werden geschlossen. Bei belasteter Maschine steigt dadurch die Drehzahl über die Nenndrehzahl.

5. Die Überwachung des Maschinenzustandes

An Wasserkraftmaschinensätzen bieten sich als Indikatoren für den Maschinenzustand zwei Parameter an:
- die mechanischen Schwingungen und
- die Lagertemperatur.

Beide Grössen sind mit geringem Aufwand messbar und liefern – besonders wenn ihre zeitliche Änderung betrachtet wird – zuverlässige Aussagen über das Laufverhalten von Turbine und Generator. Sie ermöglichen damit, sich anbahnende Schäden oder Störungen frühzeitig zu erkennen und grössere Maschinenhavarien, Folgeschäden und Produktionsausfälle zu vermeiden.
Im Kraftwerk Ilanz sind sowohl die Schwingungen als auch die Lagertemperaturen in das Maschinenüberwachungskonzept eingebunden, wodurch ein hoher Maschinenschutz erreicht wird.
Im folgenden soll vor allem die Ausführung der Schwingungsüberwachung näher erläutert werden. Sie ist nach dem heutigen Stand der Technik beispielhaft für Wasserkraftmaschinensätze der vorliegenden Bauart und Baugrösse, da sie sowohl eine kontinuierliche Überwachung des Maschinenzustandes gewährleistet als auch jederzeit eine Maschinendiagnose zur Fehlerfrüherkennung ermöglicht. Darüber hinaus sind Erweiterungen der Überwachung auf zusätzliche Messgrössen und/oder Messstellen möglich, die aufgrund von Betriebserfahrungen in der Zukunft erforderlich werden könnten.

6. Schwingungsüberwachung der Maschinengruppe 1

Der prinzipielle Aufbau des von zwei Peltonlaufrädern angetriebenen Maschinensatzes der Maschinengruppe 1 (Kraftwerk Ilanz II) ist in Bild 6 dargestellt.
Aufgrund der Empfehlungen des Generatorherstellers ABB wurden als Messgrösse für den Maschinenzustand die relativen Wellenschwingungen gewählt. Hierunter sind die schnellen Bewegungen der Rotorwelle relativ zu den Gleitlagern zu verstehen.
Die relativen Wellenschwingungen ermöglichen es, Veränderungen im Schwingungszustand der Maschine feinfühlig zu erkennen und die kinetische Beanspruchung der Lager zuverlässig zu überwachen. Beide Messaufgaben lassen sich am besten im Bereich der Gleitlager erfüllen, und zwar dann, wenn an jedem Lager jeweils zwei um 90° gegeneinander versetzte Aufnehmer installiert werden.
Nachdem aus konstruktiven Gründen eine Anordnung der Aufnehmer innerhalb der Lager nicht möglich war, wurden Messebenen dicht neben den Lagerstellen gewählt. Die berührungslos arbeitenden Wirbelstromaufnehmer stützen sich jeweils über steife Halterungen gegen das Lagergehäuse ab (Bild 7). Sie sind in einem Abstand von 1,2 bis 1,5 mm zur Wellenoberfläche justiert.
Um jederzeit eine Maschinendiagnose zu ermöglichen, ist ein zusätzlicher Wirbelstromaufnehmer installiert, der eine Referenzmarke berührungslos an der Rotorwelle abtastet.

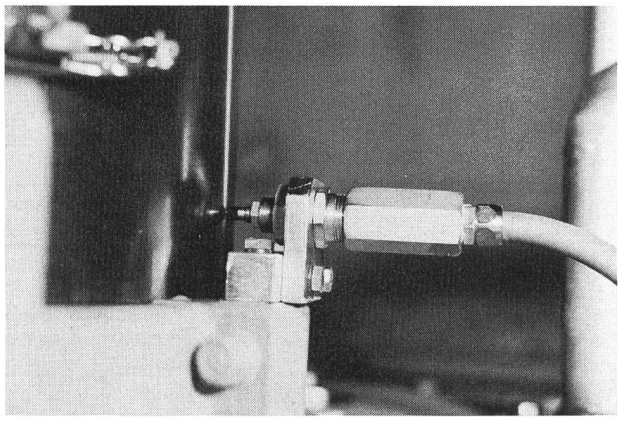


Bild 11. Berührungsloser Wirbelstromaufnehmer mit Aufnehmerhalter am Generatorführungslager der Maschinengruppe 3.

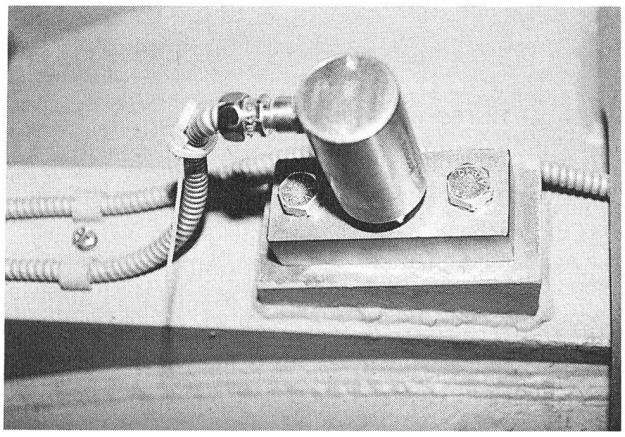


Bild 12. Elektrodynamischer Schwingungsaufnehmer mit Generatorführungstraglager der Maschinengruppe 3.

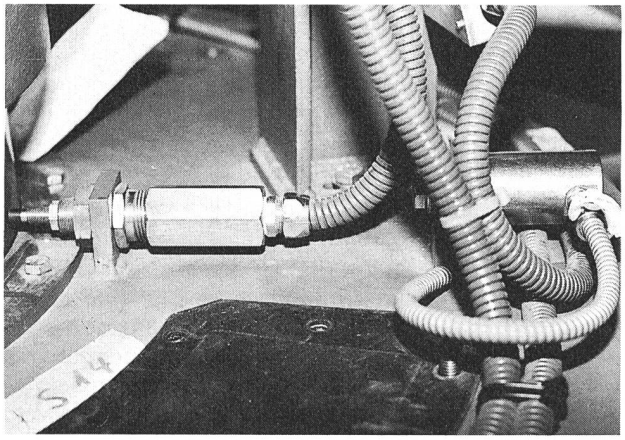
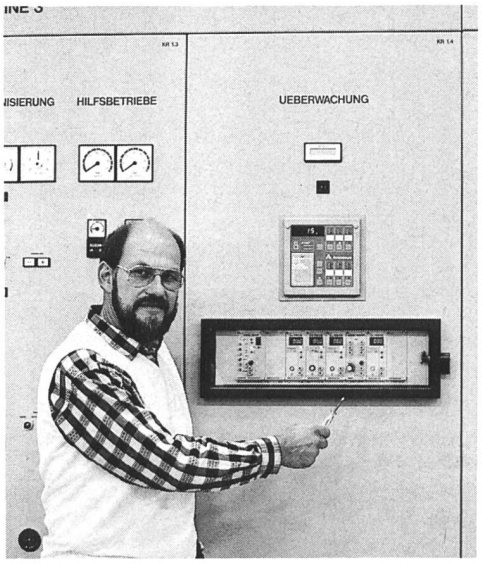


Bild 13. Relativschwingungsaufnehmer (links) und Absolutaufnehmer (rechts) in der *X*-Achse des Turbinenführungslagers der Maschinengruppe 3.



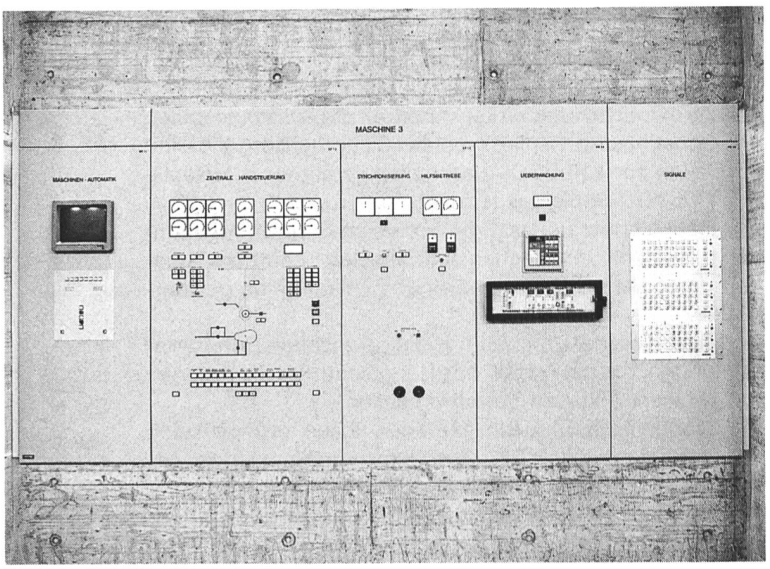


Bild 14, links. Die modulare Überwachungselektronik ist jeweils in der Maschinentafel des Maschinensatzes eingebaut. Bild 15, rechts. Maschinentafel der Gruppe 3 mit Schwingungsüberwachung.

Damit steht ein rotorfrequentes Referenzsignal zur Verfügung, das phasenstarr mit der Welle gekoppelt ist.
Das Blockschaltbild der Überwachung zeigt Bild 8.
Die Ausgangssignale der Aufnehmer, denen jeweils ein Oszillator zugeordnet ist, werden in einer modularen Überwachungselektronik gemessen, bewertet, digital angezeigt und auf Grenzwertüberschreitungen überwacht. Als Kenngrösse der relativen Wellenschwingungen empfiehlt die VDI-Richtlinie 2059, Blatt 5, den maximalen Wellenausschlag s_{max} mit der Einheit µm. Dieser Wert wird in den Überwachungseinschüben gebildet und kontinuierlich mit zwei voreingestellten Grenzwerten verglichen. Jede Überschreitung eines Grenzwertes, die länger als 3 s ansteht, aktiviert Grenzwert-Relais, deren Umschaltkontakte eine Warnung auslösen (Grenzwert 1) oder die Maschine abschalten (Grenzwert 2). Die Grenzwert-Relais werden in Arbeitsstromschaltung, und zwar selbsthaltend (Grenzwert 2) bzw. nicht-selbsthaltend (Grenzwert 1) betrieben.

7. Schwingungsüberwachung der Maschinengruppen 2 und 3

Die beiden Francisturbinengruppen im Kraftwerk Ilanz I weisen jeweils drei Gleitlager auf (Bild 9). Auch hier werden an jedem Lager die relativen Wellenschwingungen in *x*- und *y*-Richtung erfasst, der maximale Wellenausschlag s_{max} gebildet und auf Grenzwertüberschreitung überwacht (Bild 10).
Die Montage der berührungslosen Wirbelstromaufnehmer ist beispielhaft in Bild 11 dargestellt.
Während bei den Peltonlaufrädern im Kraftwerk Ilanz II die zusätzliche Überwachung der absoluten Lagerschwingungen erst zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen ist, wird diese Messgrösse bei den Francisturbinen bereits ab der Inbetriebnahme erfasst.
Der Grund hierfür ist in der Konstruktion der Francisturbinengruppen, vor allem in der geringeren dynamischen Steifigkeit der Lager und der Lagerabstützung zu sehen. Die absoluten Lagerschwingungen, das sind die schnellen Bewegungen der Lagerschale und der Lagergehäuse im Raum, sind bei diesen Maschinen gegenüber den relativen Wellenschwingungen nicht mehr zu vernachlässigen.
Die absoluten Lagerschwingungen werden mit elektrodynamischen Aufnehmern, die in zwei um 90° gegeneinander versetzten Radialrichtungen an den Lagergehäusen montiert sind, gemessen (Bilder 12 und 13). Während die Aufnehmersignale der Generator- und der Turbinenführungslager vorerst nur Diagnoseaufgaben dienen, werden die absoluten Lagerschwingungen des besonders gefährdeten Generatorführungstraglagers auch kontinuierlich überwacht (Bilder 10 und 14). Als Messgrösse ist in Übereinstimmung mit der VDI-Richtlinie 2056 der Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit mit der Einheit mm/s gewählt.

8. Grenzwerte

Die Höhe der zu überwachenden Schwingungsgrenzwerte wird während der Inbetriebnahme durch die Maschinenhersteller festgelegt und eingestellt. Entscheidungskriterien sind hierbei:
- Grenzwerte aus VDI-Richtlinien 2059 Blatt 5 (Bild 16) und VDI-Richtlinie 2056
- Erfahrungswerte, die von baugleichen oder ähnlichen Turbinengruppen vorliegen
- Schwingungswerte im Neuzustand der Maschinen

Grundsätzlich werden für jede Messstelle und für jede Messgrösse zwei Grenzwerte definiert. Sie gelten für den

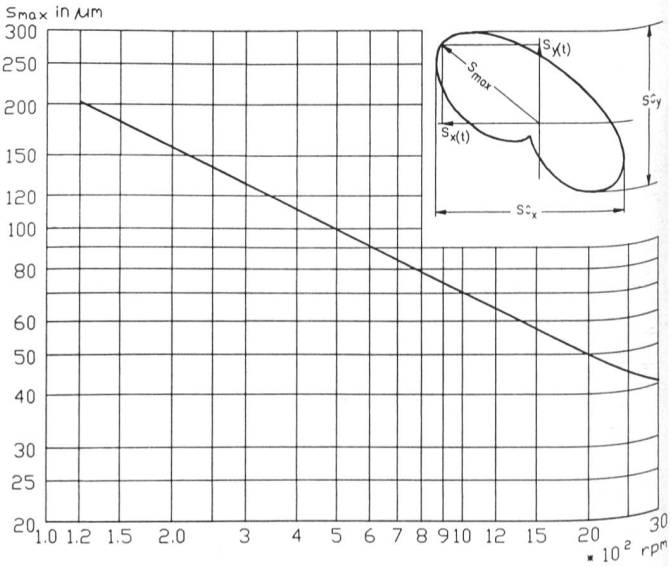


Bild 16. Grenzwerte für die relativen Wellenschwingungen in den Führungslagern von Wasserkraftmaschinensätzen (aus VDI 2059, Blatt 5).

Betrieb der Maschinen bei Nenndrehzahl. Während des Hochlaufes der Turbinengruppen werden diese Grenzwerte um einen empirisch ermittelten Faktor angehoben. Hierdurch wird einerseits ein Durchfahren der Aufstellungsresonanzen ohne Maschinenabschaltung ermöglicht und andererseits die kontinuierliche Maschinenüberwachung auch in transienten Betriebsbereichen sichergestellt.
Das Überschreiten eines 1. Grenzwertes wird in der Störmeldung der Maschinen mit einer optischen Anzeige signalisiert und protokolliert. Während die Verletzung eines 2. Grenzwertes zum Schnellschluss der betreffenden Maschine führt.

9. Zusammenfassung

Mit der Inbetriebnahme des Doppelkraftwerkes Ilanz I und II werden die fast 40jährigen Bemühungen um den Ausbau der Wasserkräfte im Vorderrheintal erfolgreich abgeschlossen. Die hohen Sicherheitsansprüche, die an dieses Wasserkraftwerk gestellt werden, dokumentieren sich in dem modernen Leittechnikkonzept, den zahlreichen Maschinenschutzvorrichtungen und nicht zuletzt auch in der anspruchsvollen Schwingungsüberwachung. Damit lassen sich Störungen an den Maschinensätzen zuverlässig und schnell erfassen und Maschinenschäden bereits in ihrer Entstehungsphase vermeiden.

Adressen der Verfasser: *Markus Rennhard,* El.-Ing. HTL, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Parkstrasse 29, CH-5401 Baden, und dipl. Ing. *Ulrich Olsen,* Verkaufsleiter der Abt. Schwingungsmesstechnik der Carl Schenck AG, Postfach 4018, D-6100 Darmstadt, Schenck AG, Postfach, CH-8606 Nänikon.

Literatur
Veröffentlichung der Kraftwerke Ilanz AG: Die Kraftwerke Ilanz I und II. Oktober 1985.
VDI-Richtlinie 2059, Blatt 5: Wellenschwingungen an Wasserkraftmaschinensätzen. Oktober 1982.
VDI-Richtlinie 2056: Beurteilungsmassstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen. Oktober 1964.
H. J. Schmid: Zum dynamischen Verhalten und zur Überwachung von Wasserkraftmaschinensätzen. «wasser, energie, luft» 1986, Heft 7/8, CH-5401 Baden.
Veröffentlichung der Firma Schenck AG: Maschinenüberwachung und Maschineninstandhaltung in Wasserkraftwerken. Seminar C5, 1987.

Die Renaturierung von Flüssen und Bächen

Daniel Vischer

«Tempora mutantur et nos mutamur in illis»
(Die Zeiten ändern sich und wir uns mit ihnen)

Früher, das heisst vor einem halben Jahrhundert und mehr, galt bei uns eine Landschaft als schön und geordnet, wenn die Fliessgewässer ihren fest zugewiesenen Platz, einen geraden Lauf und eine regelmässige Querschnittsform aufwiesen. Als Zeuge dafür kann beispielsweise der Engländer *Jerome K. Jerome* angeführt werden, der um 1910 eine kleine Europareise antrat und darüber in seinem Buch «Drei Männer auf einem Bummel» folgendes schrieb:

«Ein Deutscher ist auch einem ungezähmten Landschaftsbild nicht abgeneigt, vorausgesetzt, es ist nicht zu wild. Scheint es ihm zu ungezügelt, so macht er sich daran, es zu zähmen. Ich erinnere mich, wie ich in der Umgebung Dresdens ein malerisches enges Tal entdeckte, das zur Elbe hinabführte. Die gewundene Strasse verlief einem Wildbach entlang, der zwischen waldbestandenen Ufern etwa eine Meile weit über Felsen und Kiesel schäumte. Entzückt folgte ich ihm, bis ich auf einmal hinter einer Biegung auf einen Trupp von achtzig bis hundert Arbeitern stiess. Sie waren damit beschäftigt, das Tal aufzuräumen und den Wildbach anständig herzurichten. Alle Steine, die den Lauf des Wassers behinderten, wurden herausgeholt und weggekarrt. Die Ufer zu beiden Seiten wurden mit Ziegeln verkleidet und zementiert. Die herabhängenden Bäume und Büsche, die verschlungenen Reben und Kletterpflanzen wurden ausgerissen oder beschnitten. Ein bisschen weiter unten stiess ich dann auf das fertige Werk, das Bergtal, wie es nach deutscher Vorstellung auszusehen hat. Das Wasser, jetzt ein breiter, träger Strom, floss über ein ebenes, gekiestes Bett zwischen zwei mit Schlusssteinen gekrönten Mauern. Alle hundert Meter fiel es sanft über drei flache hölzerne Stufen herab. Auf beiden Seiten war ein Streifen gelichtet und in regelmässigen Abständen mit Pappeln bepflanzt. Jeder Schössling wurde durch eine Umhüllung aus Weidengeflecht geschützt und von einem eisernen Stab bevormundet. Die Gemeinde hofft, das Tal in seiner gesamten Länge in einigen Jahren ‹bewältigt› zu haben, so dass es einem ordnungsliebenden deutschen Naturfreund möglich sein wird, sich darin zu ergehen. Es wird alle fünfzig Meter eine Bank, alle hundert Meter eine Polizeiverordnung und alle fünfhundert Meter ein Restaurant geben.»

Allerdings muss beigefügt werden, dass diese Präferenz der früheren Gesellschaft für Ordnung und Zähmung der Natur nicht nur einem ästhetischen Empfinden entsprach, sondern auch gesundheitspolitischen und landwirtschaftlichen Interessen. Die Fliessgewässer sollten nämlich so angelegt sein, dass sie nicht mehr ausuferten und überdies die Sümpfe entwässerten. Damit wollte man die Anwohner vor verheerenden Überschwemmungen und vor allerlei Krankheiten bewahren, von denen das Sumpffieber, das heisst die Malaria, am gefürchtetsten war. Damit konnte man aber auch Land gewinnen, das bislang überhaupt nicht oder nur extensiv nutzbar war und nun für intensiven Ackerbau oder gar für eine Überbauung zur Verfügung stand.
Seither hat sich aber vieles geändert. Die gewaltige Ausdehnung der Siedlungen und Verkehrswege hat die Natur derart zurückgedrängt, dass sie zur Mangelware geworden ist. Die heutige Gesellschaft sehnt sich dementsprechend nach unberührten Naturreservaten und damit nach unverbauten Gewässern. Vor Überschwemmungen fürchtet man sich nur noch bedingt. Denn einerseits haben die früheren Gewässerkorrektionen die Gefahr ganz erheblich verringert, und andererseits gibt es heute Versicherungen, die für allfällige Schäden grosszügig aufkommen. Auch gibt es so wenig Sümpfe oder Moore, dass das Sumpffieber in unseren Breiten nicht nur verschwunden, sondern völlig in Vergessenheit geraten ist. Das einstige Ziel, durch Eingriffe in Fliessgewässer möglichst viel nutzbares Land zu gewinnen, hat ebenfalls an Bedeutung verloren. Zwar wird das Acker- und Weideland in der Schweiz von Jahr zu Jahr knapper. Es wird zwischen den sich ausbreitenden Siedlungen und dem durch Forstgesetze eisern geschützten Waldbestand sukzessive zusammengedrängt. Doch hat sich die landwirtschaftliche Produktion dennoch auf einem hohen Niveau halten können, ja in gewissen Bereichen zeitigt sie sogar schwer zu bewältigende Überschüsse.
Der heutige Ruf nach naturnahen Gewässern ist deshalb verständlich. Nur fragt es sich, wie ihm entsprochen werden kann. Vor allem im schweizerischen Mittelland finden sich praktisch keine ursprünglichen Flüsse und nur wenige ursprüngliche Bäche mehr. Es ist daher naheliegend, an eine Renaturierung gewisser Strecken zu denken. Als Vorlage können die seltenen unverbauten Strecken oder allenfalls Gewässer im benachbarten, weniger besiedelten Ausland dienen. Bei begradigten Bächen geht es darum, diesen einen natürlich gewundenen und vielleicht sogar mehrarmigen Lauf zu geben; bei kanalartigem Querprofil wird eine Auflockerung durch Ausweitungen und Änderung der Böschungsneigungen gesucht; bei nicht oder monoton bepflanzten Ufern muss eine standortgerechte Bestockung vorgesehen werden usw. Doch soll bei all diesen Massnah-