

Diss. ETH Nr. 10418

# Die Instrumentierung von Energieanlagen mit erneuerbaren Quellen

ABHANDLUNG  
Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von

BEAT SEILER

Dipl. El. Ing. ETH  
geboren am 16. März 1946  
von Tägerig AG

*J. Hugel*  
*21. 12. 93*



Angenommen auf Antrag von:  
Prof. Dr. J. Hugel, Referent  
Prof. Dr. J. Weiler, Korreferent  
1993

## Kurzfassung

---

Energiesysteme mit erneuerbaren Quellen sind, bedingt durch ihre Einbettung in die natürlichen Energieströme der Erde, prinzipiell neutral in ihren Auswirkungen auf den globalen Wärmehaushalt. Dies verleiht ihnen für die langfristige Energieversorgung eine Bedeutung, welche weit über die kurzfristigen Einsatzmöglichkeiten hinausgeht. Die Instrumentierung solcher Energiesysteme soll einen sicheren und aufwandarmen Betrieb gewährleisten sowie die für die Weiterentwicklung der Anlagen benötigten Betriebsdaten liefern.

In der vorliegenden Arbeit werden der Stand der Technik sowie die neuesten Entwicklungen im Bereich der Instrumentierung von Energiesystemen mit erneuerbaren Quellen dargestellt. In einem stets gleichbleibenden systematischen Aufbau werden für die einzelnen erneuerbaren Energieformen die Grundlagen der Nutzungstechnik, typische Anlagekonzepte, Methoden der Betriebsdatenerfassung sowie die Instrumentierung für die Steuerung und Regelung solcher Anlagen erläutert. Besonderes Gewicht wird auf die geeignete Sensorik und auf die Berücksichtigung betrieblicher und messtechnischer Anforderungen gelegt. Regelungstechnische Gesichtspunkte werden nur insofern berücksichtigt, als sie für die Anforderungen an die Instrumentierung relevant sind.

Die Auswahl der besprochenen Energieformen und die Tiefe der Bearbeitung erfolgte nach zwei Kriterien. Einerseits wurde die quantitative Bedeutung für die Schweiz und andererseits die konkreten Erfahrungen des Verfassers berücksichtigt. Ausgewählt wurden nur Energiesysteme, welche direkt oder indirekt auf der Nutzung der Sonnenstrahlung beruhen: Aktive solarthermische Anlagen, passive Nutzung der Strahlung, Photovoltaik, Windkraftanlagen, Biogasanlagen und Holzfeuerungsanlagen. Wegen der vorhandenen umfangreichen Spezialliteratur zu Wasserkraftwerken wurde diese Energieform nicht berücksichtigt. Die Arbeit wird abgerundet durch einen Überblick über die gerätetechnischen Aspekte der Datenerfassung und Steuerung.

## Abstract

---

Energy systems based on regenerative sources, because they are embedded in the natural terrestrial energy flows, are in principle neutral in their influence on the global heat balance. This gives them an importance for long-term energy supply that far exceeds that for short-term application possibilities. The instrumentation of such energy systems should assure reliable operation with little effort and provide the operating data necessary for further development of the systems.

The present work describes the state of the technology and the latest developments in the instrumentation of energy systems based on regenerative sources. Using the same format for each of the regenerative energy forms, the fundamentals of the application technique, typical plant concepts, data acquisition methods and the instrumentation for control (and regulation) of such plants are explained. Special emphasis is placed on suitable sensor technique and the consideration of the requirements of operation and measurement. Control aspects are only dealt with inasmuch as they are relevant for instrumentation requirements.

The choice of energy forms considered and the depth of treatment are based on two criteria: the quantitative importance for Switzerland and the concrete experience of the author. Only those energy systems were selected that are based directly or indirectly on the utilization of solar radiation: active solar thermal plants, passive use of the radiation, photovoltaics, wind power plants, biogas plants and wood combustion plants. Hydroelectric plants were not included since extensive specialized literature is available on the subject. The present work concludes with an overview of the aspects of data acquisition and control related to the equipment itself.