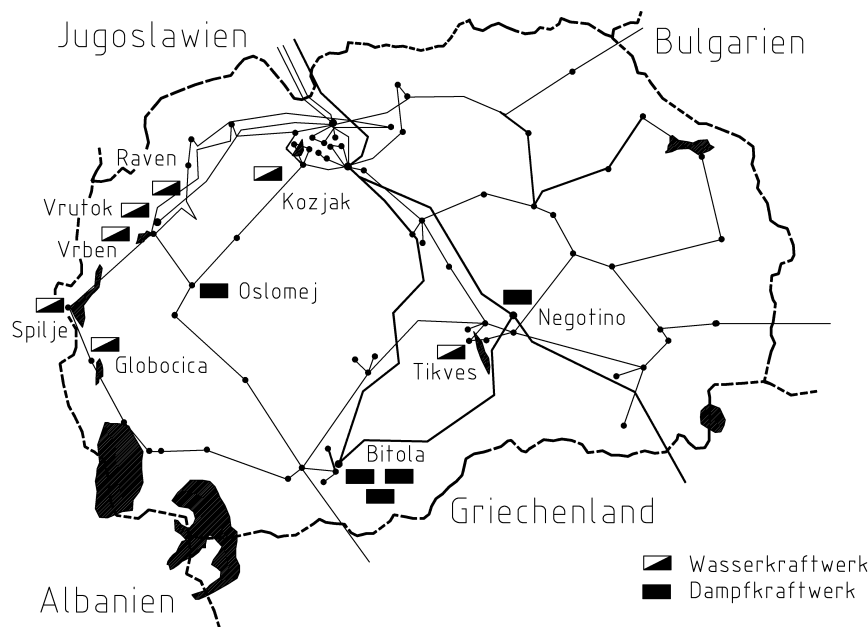


## Modellierung des mazedonischen Elektroenergiesystems

Fred Prillwitz, Harald Weber

### Einleitung

Die installierte Kraftwerksleistung Mazedoniens stammt zu ca. 30 % aus Wasserkraftwerken und zu ca. 70 % aus Dampfkraftwerken. Diese arbeiten auf der Basis von Erdöl bzw. Braunkohle. Gemessen an den benötigten Mengen an Kohle und Öl sowie Elektroenergie ist die Energiewirtschaft Mazedoniens zu 40 % importabhängig [1]. In Bild 1 sind die Kraftwerke und das Energieversorgungsnetz (110 kV bis 400 kV) dargestellt. Ein leistungsstarkes Zentrum der Energieversorgung wird durch die drei Blöcke des Kohlekraftwerks Bitola an der



**Bild1:** Kraftwerke und Energieversorgungsnetz Mazedoniens

Mazedoniens (1991) wird das gesamte Elektroenergiesystem vom einzigen und staatlichen Energieversorger ESM betrieben. Die ESM plant umfangreiche Maßnahmen zur Modernisierung der Energieversorgung, wie beispielsweise:

- Neubau von Dampf- und Wasserkraftwerken,
- Verbesserung der Brennstoffversorgung der Dampfkraftwerke,
- Erneuerung einzelner Komponenten der Kraftwerke und des Netzes.

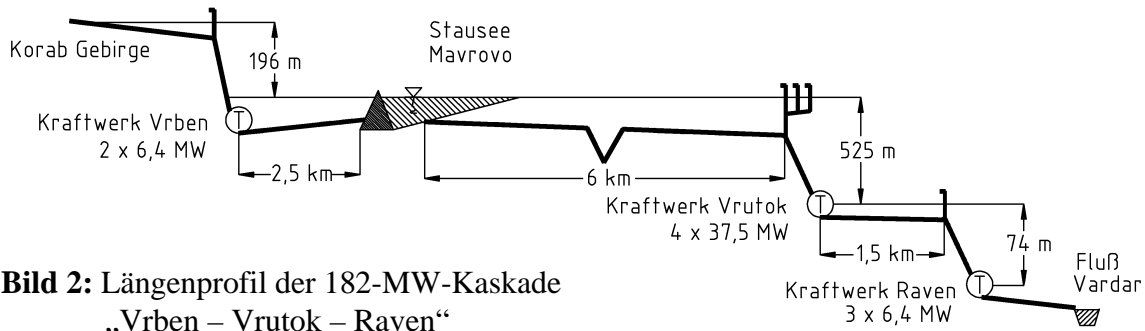
Diese Maßnahmen sollen

- den Übergang vom staatlichen Monopol-Versorgungssystem zum deregulierten marktwirtschaftlich orientierten Wettbewerbs-Versorgungssystem und
- den Wiederanschluß an das europäische UCTE-Netz vorbereiten.

griechischen Grenze gebildet. Das Ölkraftwerk Negotino arbeitet aus Kostengründen nur in Spitzenzeiten. Die

Wasserkraftwerke konzentrieren sich auf Grund geografischer Gegebenheiten vorzugsweise im westlichen Landesteil. Das Netz arbeitet im Verbund mit den unmittelbaren Nachbarländern Albanien, Serbien, Bulgarien und Griechenland. Seit der Unabhängigkeit

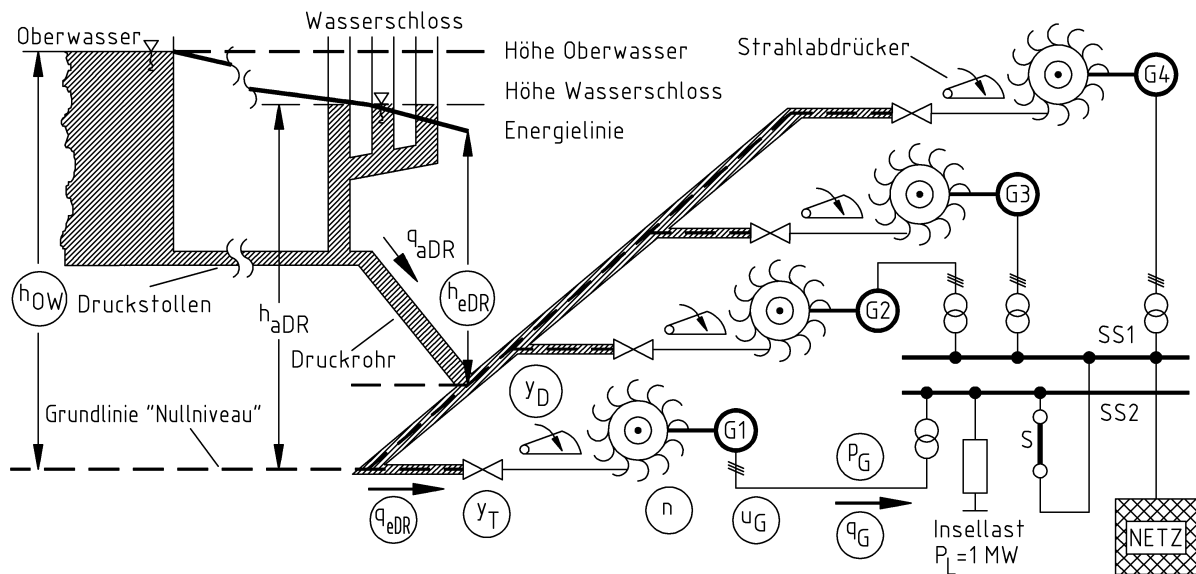
Zur Lösung dieser Aufgaben arbeitet die ESM u.a. über die Universität Skopje (Mazedonien) mit der Universität Rostock zusammen. Das Projekt DYSIMAC (**DY**namische **SI**mulation des **MAC**edonischen Energieversorgungssystems) wird vom DAAD im Rahmen des Stabilitätspaktes für Südosteuropa im Programm „Akademischer Neuaufbau Südosteuropa“ gefördert. Ziel des Projektes ist die Erstellung eines detaillierten technischen und ökonomischen Modells des gesamten mazedonischen Elektroenergiesystems. Voraussetzung dafür ist die genaue Kenntnis des technischen und ökonomischen Ist-Zustandes der Kraftwerke und des Netzes. Die Untersuchungen werden daher in der prinzipiellen Reihenfolge Modellbildung, Messung, Identifikation und Simulation durchgeführt. Ziel des vorliegenden Beitrags ist die Darstellung dieser Vorgehensweise am Beispiel des Wasserkraftwerks Vrutok.



**Bild 2:** Längensprofil der 182-MW-Kaskade „Vrben – Vrutok – Raven“

### Das Wasserkraftwerk Vrutok

Beginnen wurden die Untersuchungen am Wasserkraftwerk Vrutok. Das Kraftwerk mit insgesamt 150 MW ist Teil einer 182-MW-Kaskade zu der auch noch die Kraftwerke Vrben und Raven gehören, siehe Bild 2. Das Kraftwerk wird vom Stausee Mavrovo über einen 6 km langen Druckstollen (mit Siphon) gespeist. Das Kraftwerk besteht aus vier Pelton-Maschinengruppen, siehe Bild 3 und weist eine Fallhöhe von 525 m auf. Alle Turbinen sind mit Strahlabdrückern (Deflektoren) ausgestattet, welche bei einsetzender Überdrehzahl den Wasserstrahl von den Pelton-Rädern ablenken können.



**Bild 3:** Anlagenschema des Kraftwerks Vrutok

## Modellierung

Der erforderliche Modellierungsaufwand wird durch zwei Randbedingungen bestimmt:

1. Das Kraftwerksmodell muß als Teilmodell in einem umfangreicheren Gesamtnetzmodell zusammen mit einer Vielzahl von anderen Kraftwerken und Verbrauchern einsetzbar sein. Das bedeutet, ein maximaler Detaillierungsgrad darf nicht überschritten werden.
2. Das Kraftwerksmodell muß andererseits aber ebenfalls das Dynamikverhalten beim alleinigen Betrieb im leistungsschwachen Inselnetz beschreiben können. Das bedeutet, ein bestimmter minimaler Detaillierungsgrad darf nicht unterschritten werden.

Die Modellstruktur kann durch die Analyse der technischen Dokumentationsunterlagen herausgearbeitet werden. Für das gesamte Wasserkraftwerk ergibt sich ein Signalflußbild nach Bild 4. Darin enthalten sind die einzelnen Teilmodelle des Kraftwerks. Eingangsgrößen des Gesamtmodells sind die Wirk- und Blindleistung, die am Generator abgenommen werden. Ausgangsgrößen sind die Generatorspannung und die Drehzahl der Maschinengruppe. Die Teilmodelle müssen dabei so gestaltet werden, daß im Hinblick auf die später zu erfolgende Identifikation die jeweiligen Ein- und Ausgangsgrößen meßtechnisch erfaßt werden können. Ähnliche Untersuchungen sind in der Schweiz bereits in mehreren Wasserkraftwerken erfolgreich angewandt worden [2].

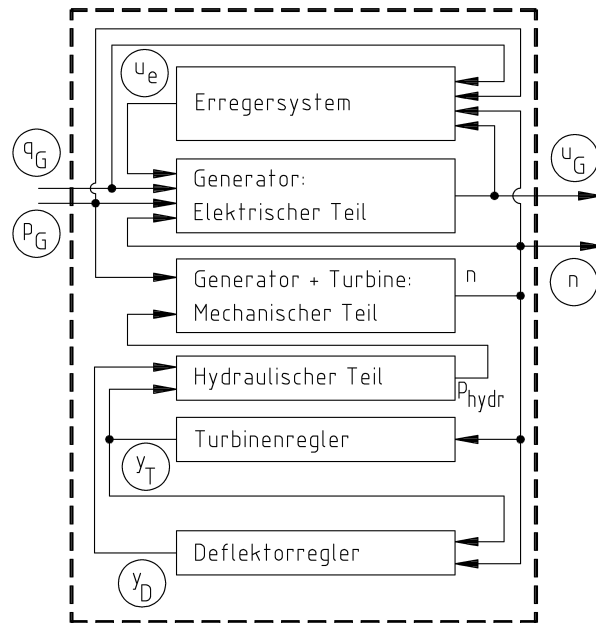
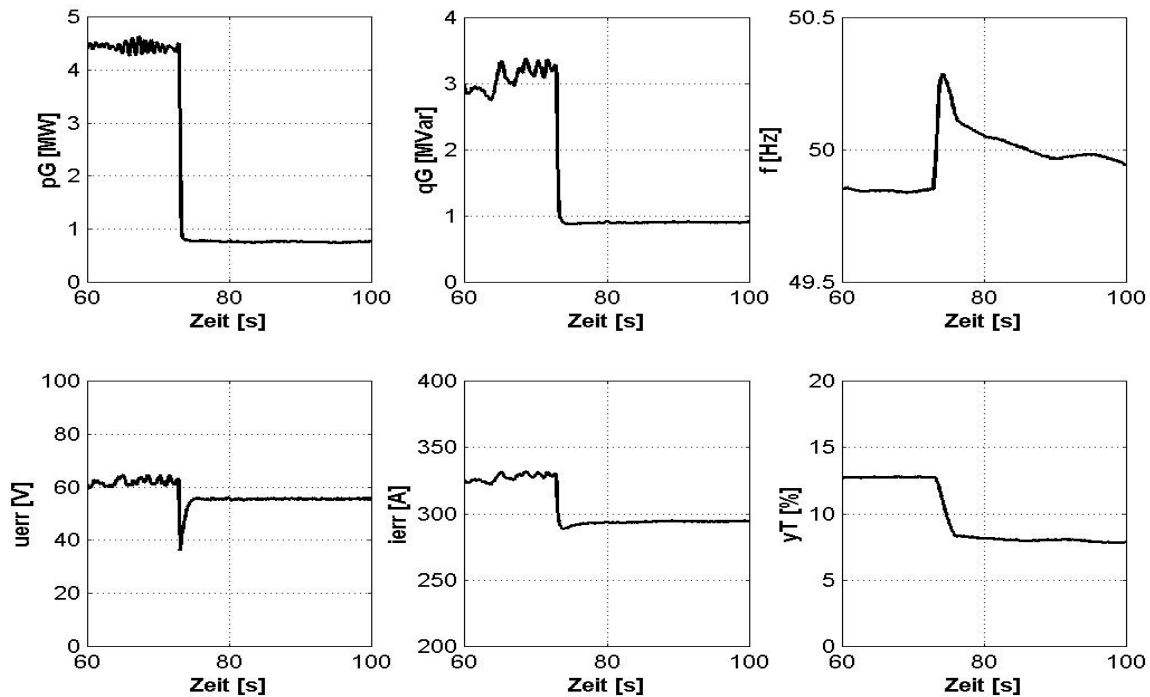


Bild 4: Signalflußbild Kraftwerk Vrutok

## Identifikation und Simulation

Im nächsten Schritt müssen dann die Parameter der erstellten Teilmodelle und des Gesamtmodells identifiziert werden. Dazu wurden im Kraftwerk Vrutok eine Reihe sogenannter Inselnetzversuche durchgeführt. Ein Inselnetzversuch besteht darin, eine definierte Austauschleistung in das Verbundnetz einzuspeisen und dann über den Kuppelschalter „S“, siehe Bild 3, abzuschalten. Die untersuchte Maschinengruppe muß dann mit einem dynamischen Übergangsvorgang die entstehende Insel allein versorgen. Die Inselast (ca. 1 MW) wurde aus mehreren Dörfern der näheren Umgebung des Kraftwerks Vrutok gebildet. Die Ausgleichsvorgänge wurden meßtechnisch erfaßt, indem alle relevanten Zustandsgrößen des Kraftwerks aufgezeichnet wurden. In den Bildern 3 und 4 sind aufgezeichnete Größen jeweils eingekreist dargestellt. Die Messungen wurden mit einem PC und der Meßsoftware LabVIEW durchgeführt. Die Abtastrate betrug 100 ms. Bild 5 zeigt am Beispiel eines Wirkleistungssprungs von ca. + 4 MW den zeitlichen Verlauf einiger der aufgezeichneten Größen. Mittels der Least-Square-Methode und unter Verwendung der Software MATLAB werden dann die Parameter der einzelnen Modelle so identifiziert, daß eine bestmögliche Übereinstimmung zwischen Messung und Simulation erzielt wird. Die beschriebenen Schritte sollen auch auf die anderen Kraftwerke Mazedoniens angewandt werden. Die Modelle der Kraftwerke werden dann zu-



**Bild 5:** Zeitverläufe der Meßgrößen bei einem Leistungssprung von + 4 MW

sammen mit den Modellen der Verbraucher und des Energieversorgungsnetzes in das Netzsimulations-Softwarepaket DIGSILENT implementiert. Mit diesem Gesamtmodell sollen dann u.a. die folgenden Fragestellungen untersucht werden:

- Inselnetzfähigkeit der Kraftwerke gemäß deutschen GridCode-Anforderungen;
- Wiederaufbaustrategien nach Netzausfällen;
- Wiederanschlußfähigkeit an das europäische UCTE-Netz;
- statische und dynamische Netzsicherheitsrechnungen;
- Kostenabschätzungen für die P- und Q- Reserve für Primär- und Sekundärregelung;
- Kraftwerkseinsatzplanungen im deregulierten Markt.

## Literatur

- [1] Kaschig, O.: Der Energiesektor in der Republik Mazedonien. Elektrizitätswirtschaft, 99(2000), Heft 22, 64.
- [2] Weber, H., Zimmermann, D.: Inselbetriebsverhalten von Wasserkraftanlagen. 5.GMA/ETG-Tagung „Netzregelung und Systemführung“, 23. Und 24. Februar 2000, München

## Verfasser

Dr.-Ing. Fred Prillwitz, Prof. Dr.-Ing. Harald Weber  
 Universität Rostock, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik  
 Institut für Elektrische Energietechnik  
 18051 Rostock

e-mail: fred.prillwitz@etechnik.uni-rostock.de    harald.weber@etechnik.uni-rostock.de