

# Hydro-electric power plant dispatch-planning - multi-stage stochastic programming with time- consistent constraints on risk

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Densing, Martin

**Publication date:**

2007

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005464814>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

DISS. ETH Nr. 17244

# Hydro-Electric Power Plant Dispatch-Planning – Multi-Stage Stochastic Programming with Time-Consistent Constraints on Risk

A dissertation submitted to the

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

MARTIN DENSING

dipl. phys. ETH

born 27.7.1970

citizen of Ermatingen, Thurgau

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Hans-Jakob Lüthi, examiner

Prof. Dr. Peter Kall, co-examiner

2007

# ZUSAMMENFASSUNG

---

Thema der Arbeit ist die optimale Steuerung eines Pumpspeicher-Elektrizitätskraftwerks unter Unsicherheit. Die Unsicherheit stammt vom Wasserzufluss und von Preisfluktuationen auf einem Spotmarkt, auf dem die Elektrizität gehandelt wird. Das Kraftwerksmodell ist als mehrstufiges stochastisches lineares Programm formuliert. Ein kohärenter und zeitkonsistenter risiko-adjustierter Wert ist in einer mehrperiodigen Risiko-Nebenbedingung berücksichtigt.

Die Arbeit besteht aus zwei Hauptteilen. Der erste Teil behandelt die kohärente Risikomessung –soweit für das spätere Modell von Relevanz–, der zweite die optimale Kraftwerkssteuerung.

Im ersten Teil wird ein einfach zu handhabender, rekursiver risiko-adjustierter Wert definiert, für den in einem Spezialfall eine untere Schranke hergeleitet wird.

Im zweiten Teil werden Optimierungsprobleme von einfachen Kraftwerksmodellen explizit gelöst; die Probleme weisen dieselbe Struktur auf wie jene, die im Zusammenhang mit kohärenter Risikomessung auftreten. Das hochfrequente Handeln am Spotmarkt wird modelliert, und dies trotz der beschränkten Anzahl numerisch bewältigbarer Zeitstufen. Der Szenariobaum wird mittels Aufenthaltszeiten des Spotpreises erzeugt, für welche eine Hauptkomponentenanalyse eine charakteristische Struktur ergibt. Schlussendlich wird das allgemeine Kraftwerksmodell mit der mehrperiodigen Risiko-Nebenbedingung numerisch gelöst.

# ABSTRACT

---

The principal topic is the optimal operation of a hydro-electric pumped storage plant under uncertainty. The uncertainty stems from the water inflow and from the fluctuations of prices at a spot market, on which the electricity is traded.

The model of the plant is formulated as a multi-stage stochastic linear programming problem. A coherent and time-consistent risk-adjusted value is incorporated in a multi-period constraint on risk.

The thesis is made up of two parts. The first part considers coherent risk-adjusted values, the second part the optimal control of the plant.

The first part defines a simple recursive risk-adjusted value, for which in a special case a lower bound can be derived.

In the second part, some optimization problems of simple dispatch models are explicitly solved; the problems are structured similarly to those in coherent risk measurement. The short-term trading on the spot market is modeled in defiance of the limited number of numerically tractable time stages. The scenario tree is generated by the occupation times of the spot price. The principal component analysis of the occupation times exhibit their characteristic pattern. Finally, the general dispatch model subject to the multi-period constraint on risk is numerically solved.