

StochOpt ÖBB

Stochastische Optimierung zur Risikoanalyse und -absicherung der Speicherbewirtschaftung und Bahnstromversorgung der ÖBB

Programm / Ausschreibung	Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - VIF 2019	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.07.2020	Projektende	30.06.2023
Zeitraum	2020 - 2023	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Stochastische Optimierung, Wasserkraftsystem, Bahnstrom		

Projektbeschreibung

Die Bewirtschaftung von Wasserkraftsystemen mit großen Pumpspeichern in den Alpen stellt vor dem Hintergrund der immer weiter voranschreitenden Energiewende eine große Herausforderung dar.

Neben den erheblichen Unsicherheiten in den natürlichen Speicher- und Laufwasserzuflüssen bestehen große Unsicherheiten in der mittel- und langfristigen Entwicklung der Strompreise in unterschiedlichen Märkten. Dies sind die Börsenstrompreisentwicklungen (Day Ahead) in Deutschland und Österreich, die Entwicklungen der Intraday-Preise in Deutschland und Österreich sowie die Entwicklung der Regelernergiepreise in Österreich. Hinzu kommt noch die Unsicherheit des zukünftigen Bedarfs an Bahnstrom.

All diese zukünftigen Unsicherheiten haben großen Einfluss auf den Wert des Wassers in den Speicherbecken der ÖBB, welcher maßgeblich ist für die kurzfristige Beschaffung und Vermarktung von Strom. Daher kann eine erhebliche Effizienzsteigerung in der Nutzung des Wassers der ÖBB-Speicherseen erreicht werden, wenn die mittel- und langfristige Bewertung des Wassers basierend auf stochastischen Optimierungsansätzen erfolgt.

Decision Trees GmbH hat als Spezialist in der Optimierung energiewirtschaftlicher Portfolios langjährige Erfahrung insbesondere in der stochastischen Optimierung von Wasserkraftsystemen. Basierend auf den wissenschaftlichen Ansätzen des Instituts für Operations Research und Computational Finance der Universität St.Gallen ist es gelungen, die Szenariobaum-basierte stochastische Optimierung bei großen Wasserkraftunternehmen in den Alpen in die tägliche Praxis einzuführen, wie z.B. bei der Salzburg AG, der Tiroler Wasserkraft AG oder beim Elektrizitätswerk Zürich (ewz).

Decision Trees GmbH wird diese große wissenschaftliche und praktische Erfahrung in das Forschungsvorhaben der ÖBB einbringen und darüber hinaus die spezifischen Problemstellungen der Beschaffung und Bereitstellung von Bahnstrom in die stochastische Optimierung im DT.Energy-System einarbeiten.

Abstract

The operation of hydropower systems equipped with pump-storage facilities in the Alps poses a major challenge in times of energy system transition towards renewables. In addition to the considerable uncertainties in storage and run-of-river inflows, there are serious uncertainties in the medium and long-term development of electricity prices in different markets. These are the day-ahead electricity prices in Germany and Austria, the reserve market capacity and energy prices in Austria. Moreover, there is the uncertainty of the future energy demand of the railway system.

All these future uncertainties have a major impact on the value of the water in ÖBB's storage reservoirs, which is decisive for short-term procurement and marketing of electricity. Therefore, a considerable increase in efficiency in the use of the water of the ÖBB storage lakes can be achieved, if the medium and long-term valuation of the water is based on stochastic optimisation approaches.

Decision Trees GmbH has many years of experience as a specialist in the optimization of energy portfolios, especially in the stochastic optimization of hydropower systems. Based on the scientific approaches of the Institute for Operations Research and Computational Finance of the University of St.Gallen, Decision Trees has succeeded in introducing scenario tree based stochastic optimization for large hydropower companies in the Alps, such as Salzburg AG, Tiroler Wasserkraft AG or Elektrizitätswerk Zürich (ewz).

Decision Trees GmbH will contribute this vast scientific and practical experience to the research project of ÖBB.

Furthermore, the specific problem settings of the procurement and supply of railway power will be incorporated into the stochastic optimization of Decision Trees' DT.Energy optimization system

Endberichtkurzfassung

Decision Trees GmbH hat im von der österreichischen Forschungs-Förderungsgesellschaft unterstützten Projekt „Stochastische Optimierung zur Risikoanalyse und -Absicherung der Speicherbewirtschaftung und Bahnstromversorgung der ÖBB“ nach dreijähriger Forschungsarbeit maßgebliche Ergebnisse erarbeitet. Es hat sich gezeigt, dass durch die Berücksichtigung von wesentlichen zukünftigen Unsicherheiten wie der Börsenstrompreise, der Reservoir-Zuflüsse oder des Bahnstrombedarfs in der täglichen Optimierung der Bewirtschaftung nicht nur Kosten gesenkt, sondern auch das Gesamtsystem der Wasserkraft und des Leitungsnetzes schonender bewirtschaftet werden kann.

Im ersten Projektjahr wurde das gesamte Wasserkraft- und Bahnstromsystem der ÖBB mathematisch modelliert. Es wurden zunächst deterministische Optimierungen durchgeführt, um das Modell zu validieren. Weiterhin wurden deterministische Rollierungen, also tägliche iterative Optimierungen über das Jahr 2020 durchgeführt, um einen Benchmark für die Strombeschaffungskosten der ÖBB zu ermitteln. Ein weiterer Benchmark wurde durch eine ex-Post-Optimierung ermittelt, bei der im Nachhinein mit bekannten Verläufen der unsicheren Einflussfaktoren optimiert wird. Dieser ex-Post-Benchmark stellt einen nicht zu übertreffenden Wert dar.

Im zweiten Projektjahr wurde die stochastische Optimierung unter Berücksichtigung der Unsicherheiten der Börsenstrompreise sowie der Reservoirzuflüsse entwickelt. Dies war insofern eine Herausforderung, da das sehr komplexe Wasserkraft- und Bahnstromsystem der ÖBB zum einen nur eine begrenzte Anzahl an Szenarios (Verzweigungen im

Szenariobaum) erlaubt, zum anderen die Unsicherheiten aber hinreichend modelliert werden müssen. Es wurden stochastische Rollierungen über das Jahr 2020 durchgeführt.

Im dritten Projektjahr wurde die stochastische Optimierung um die Unsicherheit des Bahnstrombedarfs erweitert. Weiterhin wurden mehrere stochastische Rollierungen für die Jahre 2020 und 2021 durchgeführt, jeweils unter Berücksichtigung der drei Unsicherheiten (Börsenstrompreise, Reservoirzuflüsse, Bahnstrombedarf). Während die stochastische Rollierung im Jahr 2020 bezogen auf das ex-Post-Optimum um 2,8% (absolut 474 TEUR) schlechter abschnitt als die deterministische Rollierung, konnte sie im Jahr 2021 die Gesamtkosten um 6,2% (absolut 2,85 Mio Euro) gegenüber der deterministischen Rollierung verringern. Über zwei Jahre betrachtet konnten also Einsparungen von 2,375 Mio Euro erzielt werden .

Detaillierte Analysen der Ergebnisse der stochastischen Rollierungen führten zur Erkenntnis, dass sich im Vergleich zur deterministischen Optimierung mehrere für das Wasserkraft- und Bahnstromsystem vorteilhafte Bewirtschaftungsfahrpläne ergaben. So werden die großen Wasser-Reservoirs bei der stochastischen Optimierung nicht an ihre minimalen oder maximalen Grenzen gefahren , es wird immer ein „Puffer“ vorgehalten, der bei unerwarteten Entwicklungen von Unsicherheiten genutzt werden kann. Weiterhin werden durch die stochastische Optimierung die Leitungen bzw. Umformer weniger in Anspruch genommen und somit werden Umformerverluste reduziert .

Zukünftig wird die ÖBB neben den Speicherkraftwerken auch ein Pumpspeicherkraftwerk bewirtschaften. Dadurch kann von volatilen Entwicklungen der Börsenstrompreise, aber auch der Intradaypreise noch mehr profitiert werden. Für die Bewirtschaftung des komplexen Wasserkraftsystems mit Pumpspeicher gemeinsam mit dem Bahnstromsystem der ÖBB ist eine leistungsfähige, detaillierte Modellierung und Optimierung zur kostenminimalen Bestimmung aller Systemfahrpläne erforderlich. Nichtlineare Zusammenhänge wie z.B. die Umformerverluste sowie die Fallhöhen-Abhängigkeit der Pump- und Turbinenleistungen müssen berücksichtigt werden. Weiterhin ist basierend auf den Ergebnissen des Projektes StochOptÖBB eine stochastische Langfrist-Optimierung zur Bestimmung der Wasserwerte der Speicher und Pumpspeicher zu empfehlen .

Projektpartner

- Decision Trees GmbH