

# BESS-Simulation: Intelligente Batteriespeicher-Simulation für die Energiewende

---

## Überblick

Die **BESS-Simulation** (Battery Energy Storage System Simulation) ist eine umfassende, webbasierte Anwendung zur Planung, Simulation und Optimierung von Batteriespeichersystemen in der Energiewirtschaft. Das System wurde speziell für die Analyse von Wirtschaftlichkeit, technischer Machbarkeit und Marktintegration von Energiespeichern entwickelt.

## Kernfunktionalitäten

### 1. Projekt-Management & Simulation

- **Multi-Projekt-Verwaltung:** Gleichzeitige Bearbeitung mehrerer BESS-Projekte mit individuellen Parametern
- **Technische Simulation:** Detaillierte Modellierung von Batteriesystemen (Kapazität, C-Rate, Zyklenlebensdauer)
- **Wirtschaftlichkeitsanalyse:** Automatische Berechnung von ROI, NPV, LCOE und Payback-Perioden
- **Szenario-Vergleich:** Parallele Analyse verschiedener Konfigurationen und Marktbedingungen

### 2. Intelligentes Datenimport-Center

- **aWattar API:** Automatischer Import österreichischer Spotmarktpreise
- **ENTSO-E Integration:** Europäische Strommarktdaten (Day-Ahead, Intraday, Generation)
- **Wetter-APIs:** OpenWeatherMap und PVGIS für präzise Wetter- und Einstrahlungsdaten
- **Smart Grid Services:** FCR, aFRR, mFRR, Spannungshaltung und Demand Response
- **IoT-Sensor-Integration:** Real-time Monitoring von Batterie-, PV- und Grid-Sensoren
- **Blockchain-Energiehandel:** Simulation von Peer-to-Peer Energy Trading Plattformen

### 3. ML & KI Dashboard

- **Predictive Analytics:** Machine Learning für Preisprognosen und Lastprofil-Optimierung
- **Intelligente Dispatch-Algorithmen:** KI-basierte Betriebsoptimierung
- **Anomalie-Erkennung:** Automatische Identifikation von Systemabweichungen
- **Performance-Monitoring:** Echtzeitüberwachung mit prädiktiven Wartungsempfehlungen

### 4. Multi-User-System

- **Rollenbasierte Berechtigung:** Admin, Manager, Analyst, Viewer
- **Projekt-spezifische Zugriffe:** Granulare Kontrolle über Daten und Funktionen
- **Audit-Trail:** Vollständige Nachverfolgung aller Benutzeraktivitäten
- **Kollaborative Arbeitsumgebung:** Team-basierte Projektbearbeitung

## Technische Vorteile

### Moderne Architektur

- **Flask-basiert:** Skalierbare Python-Webanwendung
- **SQLite-Datenbank:** Robuste Datenspeicherung mit automatischen Backups
- **RESTful APIs:** Standardisierte Schnittstellen für externe Integrationen
- **Responsive Design:** Optimiert für Desktop, Tablet und Mobile

## Datenintegration

- **Real-time APIs:** Live-Daten von Energiebörsen und Wetterdiensten
- **Scheduler-System:** Automatische Datenabrufe und -verarbeitung
- **Demo-Modi:** Vollständige Funktionalität auch ohne API-Keys
- **Multi-Format-Support:** CSV, Excel, JSON, XML Import/Export

## Performance & Skalierbarkeit

- **Redis-Caching:** Optimierte Datenzugriffe und Session-Management
- **Docker-Containerisierung:** Einfache Deployment und Skalierung
- **Monitoring & Logging:** Umfassende Systemüberwachung
- **Backup-Automation:** Automatische Datensicherung und Wiederherstellung

## Anwendungsbereiche

### Forschung & Entwicklung

- **Akademische Studien:** Wirtschaftlichkeitsanalysen für Forschungsprojekte
- **Technologie-Vergleiche:** Bewertung verschiedener Batterietechnologien
- **Marktstudien:** Analyse von Energiespeicher-Märkten und -trends
- **Policy-Analyse:** Bewertung von Förderprogrammen und Regulierungen

### Industrielle Anwendungen

- **Projektentwicklung:** Due Diligence für BESS-Investitionen
- **Betriebsoptimierung:** Optimale Fahrweise bestehender Speichersysteme
- **Portfolio-Management:** Verwaltung mehrerer Energiespeicher-Projekte
- **Risikobewertung:** Sensitivitätsanalysen und Stress-Tests

### Beratung & Consulting

- **Wirtschaftlichkeitsgutachten:** Unabhängige Bewertungen für Investoren
- **Technische Beratung:** Systemauslegung und -optimierung
- **Marktanalysen:** Strategische Beratung für Energieunternehmen
- **Regulatory Compliance:** Einhaltung von Vorschriften und Standards

## Wirtschaftliche Vorteile

### Kosteneinsparungen

- **Reduzierte Planungszeit:** Automatisierte Berechnungen und Analysen
- **Bessere Investitionsentscheidungen:** Datenbasierte Wirtschaftlichkeitsanalysen
- **Risikominimierung:** Umfassende Sensitivitäts- und Szenarioanalysen
- **Operational Excellence:** Optimierte Betriebsstrategien

## Marktvorteile

- **Frühe Marktidentifikation:** Erkennung profitabler Geschäftsmodelle
- **Competitive Intelligence:** Vergleich mit Marktbenchmarks
- **Regulatory Advantage:** Compliance mit aktuellen Vorschriften
- **Innovation Leadership:** Nutzung modernster Technologien

## Zukunftspotential

### Erweiterte Funktionen

- **Künstliche Intelligenz:** Erweiterte ML-Algorithmen für bessere Prognosen
- **Blockchain-Integration:** Dezentrale Energiehandelsplattformen
- **Smart Grid Services:** Erweiterte Netzdienstleistungen
- **Carbon Trading:** Integration von CO2-Zertifikaten und -handel

### Skalierung

- **Cloud-Deployment:** SaaS-Lösung für globale Nutzung
- **API-Ecosystem:** Integration in bestehende Energiemanagement-Systeme
- **Mobile Apps:** Native Apps für Field-Services
- **IoT-Expansion:** Erweiterte Sensor-Integration und Edge Computing

## Fazit

Die BESS-Simulation bietet eine umfassende, technisch ausgereifte und wirtschaftlich wertvolle Lösung für die Planung und Optimierung von Batteriespeichersystemen. Mit ihrer modernen Architektur, umfangreichen Datenintegration und benutzerfreundlichen Oberfläche stellt sie ein unverzichtbares Tool für die Energiewende dar.

**Repository:** <https://github.com/HSchlagi/bess-simulation>

**Entwickler:** Ing. Heinz Schlagintweit

**Version:** 2.1 (Januar 2025)

---

*Diese Summary bietet einen Überblick über die umfangreichen Möglichkeiten der BESS-Simulation für Forschung, Industrie und Beratung im Bereich der Energiespeicherung.*