

## **Schwungradspeicher zur unterbrechungsfreien Stromversorgung**

### **Hintergrund**

Schwungräder als mechanische Speichermedien für Energie bieten die Möglichkeit, batteriebetriebene Anlagen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) zu ergänzen oder ggf. zu ersetzen (konventionelle USV nutzen Blei- oder Lithium-Ionen-Akkus, vgl. Steckbrief „Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)“). Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung ist Teil der Grundausstattung der zum Betrieb von Serveranlagen und Rechenzentren notwendigen Infrastruktur. Die USV stellt im Falle von Störungen oder Schwankungen im Stromnetz die Versorgung der aktiven IT-Geräte mit elektrischer Energie sicher. USV-Anlagen befinden sich deshalb im Dauerbetrieb, selbst wenn die Netzstromversorgung stabil ist und die USV keine Spannungsschwankung kompensieren muss.

Schwungrad-Energiespeicher weisen bei maximaler Auslastung im Dauerbetrieb einen mit bis zu 99 % besseren Wirkungsgrad auf als die meisten Akku-basierten USV-Anlagen. Damit stellen Schwungrad-basierte USV eine energieeffiziente technische Option dar. Die Speicherung erfolgt in Form von kinetischer Energie in einem sehr schnell drehenden Schwungrad („Flywheel“). Dieser Rotor befindet sich in einem Vakuumbehälter und ist zudem reibungsarm gelagert, sodass es kaum Drehzahlverluste durch Reibung gibt. Im Normalbetrieb wird das Schwungrad durch einen Motor in Drehung versetzt (Aufladung) und konstant bei einer Drehzahl gehalten. Bei einer Unterbrechung der Versorgungsspannung wird die gespeicherte kinetische Energie mit dem nun als Generator wirkenden Motor wieder in elektrische Energie umgewandelt, um die Serveranlage über die Zeitdauer der Störung im Versorgungsnetz mit Strom zu versorgen. Der Vorteil dieser Technologie gegenüber Akku-betriebenen USV liegt in der geringen Ladezeit von unter 5 Minuten sowie der kurzfristigen Bereitstellung hoher Energiemengen, die allerdings gegenüber Batterieanlagen nur deutlich kürzere Überbrückungszeiten erlaubt (typischerweise 8 bis 30 Sekunden)<sup>1</sup>.

### **Energiesparpotenzial**

Eine Ergänzung oder sukzessive Umrüstung von konventionellen elektrochemischen USV-Anlagen auf Schwungradspeicher kann die Verlustleistung der USV-Anlagen

---

<sup>1</sup> <https://www.piller.com/de-DE/documents/2133/batteries-and-flywheels-de.pdf>

vor allem bei Rechenzentren mit häufigem Teillastbetrieb reduzieren. Die Mobilisierung dieses Energiesparpotenzials setzt jedoch nicht nur einen Austausch der USV-Hardware, sondern auch eine Reihe von planerischen und regelungstechnischen Maßnahmen voraus.

### **Wirtschaftlichkeit**

Die Anschaffungskosten einer Schwungrad-USV-Anlage liegen zunächst einmal über den Kosten einer konventionellen elektrochemischen Anlage derselben Leistungs-kategorie. Die Differenz ist in erster Linie den höheren Herstellungskosten für das Schwungrad geschuldet. Diesen Mehrkosten stehen jedoch Einsparungen beim Ersatz von Akkus und bei den Energiekosten im Betrieb gegenüber (Schrader-Hausmann, 2011)<sup>2</sup>:

- Beim Betrieb konventioneller USV-Anlagen (Lebensdauer etwa 10 bis 12 Jahre) müssen alle zwei bis fünf Jahre die Akkus ausgetauscht werden, damit ein Höchstmaß an Verfügbarkeit sichergestellt werden kann. Schwungräder hingegen sind auf eine Lebensdauer von bis zu 20 Jahren ausgelegt und können so lange genutzt werden wie die USV-Anlage, in die sie eingebaut sind. Allerdings sollten auch hier alle drei Jahre die Schwungrad-Lager ausgetauscht werden.
- Schwungrad-USV können in einem Temperaturbereich von 0 bis 40 °C ohne Einschränkung arbeiten. Es muss hier lediglich für eine ausreichende Belüftung gesorgt werden. Kosten für eine Klimatisierung entfallen hier also. Bei konventionellen USV-Anlagen hingegen fallen hier jährliche Kosten an, da diese aufgrund der chemischen Prozesse in den Akkus einen Temperaturbereich von 20 °C bis 25 °C benötigen. In vielen Fällen werden die Akkus in Schränken direkt neben der USV-Anlage aufgestellt. Die Klimaanlage muss hierdurch zusätzlich die gesamte anfallende USV-Verlustwärme abführen.
- Die Nutzung von Schwungrad-USV spart zusätzlich Energiekosten durch den um etwa vier Prozentpunkte höheren Wirkungsgrad gegenüber einer konventionellen USV-Anlage mit Akku.

### **Empfehlungen**

Die Umrüstung von USV-Anlagen in Rechenzentren auf Schwungradspeicher birgt ein Energiesparpotenzial durch Anhebung der Wirkungsgrade der USV-Anlagen. Dieses Potenzial besteht vorrangig bei Rechenzentren mit hohem zeitlichen Anteil von

---

<sup>2</sup> <https://www.elektroniknet.de/automotive/schwungrad-energiespeicher-koennen-akkus-ersetzen.79660.html>

Teillastbetrieb bzw. kontinuierlich geringer Auslastung von unter 50 %. Die Schwungradspeicher bieten hier eine interessante technische Option, die allerdings nicht als Einzelmaßnahme, sondern eher im Rahmen der Erneuerungsplanung der kompletten technischen Infrastruktur eines Rechenzentrums geprüft werden sollte.

Die Beschaffung von Schwungrad-Energiespeichern sollte nicht als Einzelmaßnahme umgesetzt werden. Vielmehr ist die gesamte Wirkungsweise der USV-Anlage im Hinblick auf die Optimierung von Lastszenarien und Redundanz von Serveranlagen zu beurteilen.

Außerdem ist im Einzelfall zu prüfen, ob die Einstufung der Ausfallsicherheitsklasse (VK) des jeweiligen Rechenzentrums gemäß DIN EN 50600 den Notwendigkeiten gerecht wird oder ob eine Einstufung gegebenenfalls zu hoch angesetzt ist. Die VK-Klassen 2 und 3 machen eine redundante USV-Anlage erforderlich, wodurch sich die Auslastung im Normalbetrieb verringert. Eine Herabstufung der Verfügbarkeitsklasse könnte die redundante Auslegung von USV-Anlagen überflüssig machen und demzufolge den Auslastungsgrad der primären USV anheben, um deren Wirkungsgrad zu verbessern. Eine weitere Möglichkeit könnte in der zeitlichen Staffelung der Ausfallsicherheit liegen. Eine zeitweilige Herabstufung der VK auf 1 (z. B. an Wochenenden) könnte die Abschaltung der redundanten USV zu diesen Zeiten erlauben. Schwungradspeicher sind hierzu aufgrund ihrer flexiblen Zuschaltbarkeit eine technisch interessante Option.