

## Schwungradspeicher zur unterbrechungsfreien Stromversorgung

**Hintergrund:** Schwungräder als Speichermedium für Energie bieten die Möglichkeit, den Wirkungsgrad von Anlagen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) zu steigern. Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung ist aus Gründen der Funktionssicherheit ein Bestandteil der Grundausstattung der zum Betrieb von Serveranlagen und Rechenzentren notwendigen Infrastruktur. Diese Geräte stellen 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.

Konventionelle USV-Anlagen enthalten leistungsstarke elektrochemische Stromspeicher (Blei-Akkus oder Li-Ion Akkus). Mittels Doppelwandler wird der Wechselstrom aus dem Primärnetz in einen Gleichstrom zur Akkuaufladung umgewandelt. Bei Unterbrechung des Stromnetzes gibt die USV die gespeicherte Energie in Form von Wechselstrom ab, um einen Ausfall der angeschlossenen Server zu vermeiden. Dieser gestaffelte Stromumwandlungsprozess sowie die elektrochemische Speicherung im Akku hat eine Verlustleistung der USV Anlage zur Folge. Diese Verlustleistung tritt im Normalbetrieb der USV kontinuierlich auf und trägt deshalb trotz ihres geringen Anteils stetig zum gesamten Energieverbrauch von Rechenzentren bei. Schätzungen zufolge beträgt die Verlustleistung von USV-Anlagen zwischen 6 und 15 Prozent des gesamten Stromverbrauchs von Rechenzentren. Zwar kommen moderne USV-Anlagen bei Vollastbetrieb heute auf Wirkungsgrade von über 90 Prozent, aber im Teillastbetrieb, der für redundant ausgelegte Serveranlagen typisch ist, sinkt der Wirkungsgrad von USV-Anlagen auf unter 50 Prozent. Die Verlustleistung von USV-Anlagen stellt ein klares Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz dar. Die im Projekt IT Inventar durchgeführten Referenzmessungen an Stromversorgungsanlagen von Rechenzentren zeigen, dass der Wirkungsgrad der im Land Baden-Württemberg installierten USV-Anlagen zwischen 25 Prozent im Teillastbetrieb und bis zu 98 Prozent bei voller Auslastung liegt. Dabei bestehen jedoch beachtliche Effizienzunterschiede zwischen USV-Anlagen verschiedenen Alters und Größe. Vor allem kleinere ( $> 2$  kVA) und ältere ( $> 4$  Jahre) USV weisen deutlich geringere Wirkungsgrade zwischen 85 und 92 Prozent auf.

Eine Möglichkeit, den Wirkungsgrad von USV-Anlagen zu steigern, liegt im Einsatz rotierender Schwungräder als Speichermedium für Energie. Schwungrad-Energiespeicher weisen bei maximaler Auslastung im Dauerbetrieb einen mit bis zu 99,4 Prozent besseren Wirkungsgrad auf als die meisten Akku-basierten USV-Anlagen. Die Speicherung erfolgt mit dieser Technologie 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 von  $7700 \text{ min}^{-1}$  versetzt (Aufladung) und konstant bei dieser 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. Moderne kinetische Energiespeicher weisen auch bei Teillastverhältnissen einen mit bis zu 95% deutlich höheren Wirkungsgrad auf als herkömmliche elektrochemische USV-Anlagen. Damit stellen Schwungrad-basierte USV eine energieeffiziente technische Option dar. Aus der Perspektive der Ausfallsicherheit bei Netzstörungen ist eine garantierte Überbrückungszeit von 15 Sekunden bis zum Zuschalten der Diesel-Generatoren ausreichend gewährleistet.

**Energiesparpotenziale:** Die gegenwärtig im Bereich der Landesverwaltung Baden-Württembergs installierten USV-Anlagen in Rechenzentren weisen eine Verlustleistung von 2.282 MWh pro Jahr auf. Diese USV-Anlagen enthalten in der Regel elektrochemische Stromspeicher (Akkus). Eine sukzessive Umrüstung dieser konventionellen USV auf Schwungradspeicher könnte helfen, die Verlustleistung der USV-Anlagen vor allem bei Rechenzentren mit häufigem Teillastbetrieb zu reduzieren. Die mittels Schwungradspeichern theoretisch mögliche An-

hebung der Wirkungsgrade von USV-Anlagen in fünf Rechenzentren von durchschnittlich 90 auf 98 Prozent birgt beispielsweise ein Energiesparpotenzial von etwa 36 MWh pro Jahr. Die Mobilisierung dieses Potenzials 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 Anlage derselben Leistungsklasse. 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>1</sup>:

- Beim Betrieb konventioneller USV-Anlagen müssen alle zwei bis fünf Jahre die Akkus ausgetauscht werden, damit ein Höchstmaß an Verfügbarkeit sichergestellt werden kann. Über die Lebensdauer einer konventionellen USV-Anlage von etwa 10 bis 12 Jahren fallen so durch das Austauschen der Akkus etwa 40.000 Euro an. 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 jährlichen Kosten für diese Klimatisierung belaufen sich auf etwa 15.000 Euro pro Jahr.
- Die Nutzung von Schwungrad-USV spart zusätzlich Energiekosten: Bei einem um vier Prozentpunkte höheren Wirkungsgrad gegenüber einer konventionellen USV-Anlage mit Akku, liegt die Energieeinsparung der Schwungrad-USV bei rund 380.000 kWh pro Jahr. Dies entspricht etwa 45.600 Euro jährlich.

**Empfehlungen:** Die Umrüstung von USV-Anlagen in Rechenzentren auf Schwungradspeicher birgt ein theoretisches Energiesparpotenzial durch Anhebung der Wirkungsgrade der USV-Anlagen. Dieses Potenzial besteht vorrangig bei Rechenzentren mit hohem zeitlichen Anteil von 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. Die erfolgversprechendste Möglichkeit mit Hinblick auf eine Verbesserung der Energieeffizienz ist die Verbesserung der Auslastungsverhältnisse der Serveranlage. Zu diesem Zweck wäre die Virtualisierung von Servern eine geeignete Strategie.

Außerdem ist im Einzelfall zu prüfen, ob die Einstufung der Ausfallsicherheitsklasse (VK) des jeweiligen Rechenzentrums den Notwendigkeiten gerecht wird oder ob eine Einstufung gegebenenfalls zu hoch angesetzt ist. Die im Projekt IT Inventar bislang analysierten Rechenzentren weisen die Verfügbarkeitsklassen VK1, VK2 bis VK3 gemäß DIN EN 50600 auf. 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 Abschalt-

---

<sup>1</sup> <http://www.elektroniknet.de/elektronik/power/schwungrad-energiespeicher-koennen-akkus-ersetzen-79660-Seite-2.html>

tung der redundanten USV zu diesen Zeiten erlauben. Schwungradspeicher sind hierzu aufgrund ihrer flexiblen Zuschaltbarkeit eine technisch interessante Option.