

Projektbeschreibung

Energiespeicherwerk für Gleichstromnetze im Nahverkehr



roseta Technik GmbH
Karl-Liebnecht-Str. 38
06862 Roßlau
Tel . (03 49 01) 5 20 40
www.roseta.de

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	3
Aufbau und Wirkungsweise	4
Technische Daten	8
Kosten	9
Nutzen	10
Energiespeicher – technische Details	11
Referenzen	13
Informationen zur rosseta Technik GmbH	14



Kurzfassung

Es gelang der rosseta Technik GmbH in einer 10jährigen Entwicklungszeit einen neuartigen Schwungradspeicher zur Produktionsreife zu führen. Ende 2006 begann die Serienfertigung der Energiespeicher. Seit Oktober 2006 befindet sich ein erstes Energiespeicherwerk der rosseta Technik GmbH in Zwickau in der Dauererprobung. Das System arbeitet zuverlässig und speichert bei einem geringen Eigenbedarf sämtliche ungenutzte Bremsenergie an dieser Strecke. In der Abbildung unten ist das Energiespeicherwerk der Straßenbahn Zwickau zu sehen.

Am Beispiel des Energiespeicherwerkes in Zwickau wird die Funktion und Wirkungsweise erläutert.

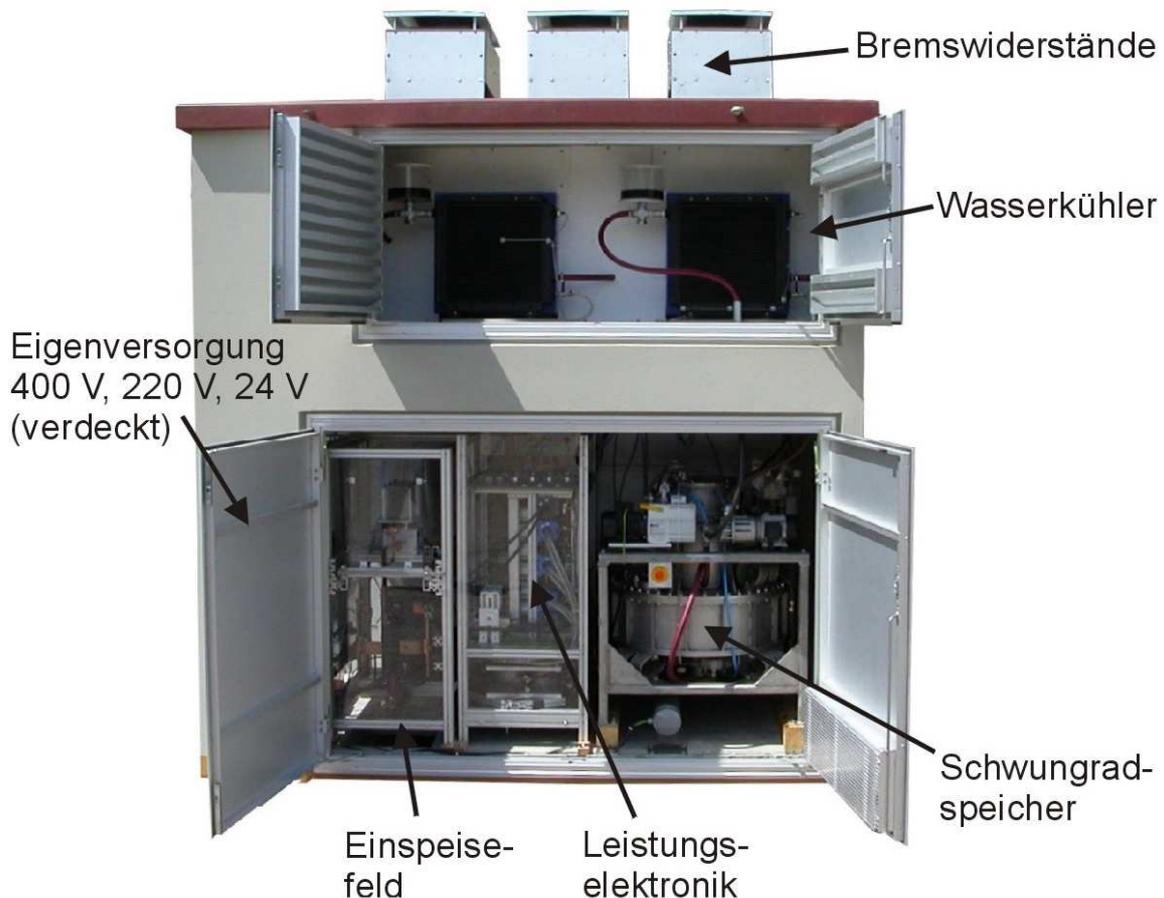
Das Energiespeicherwerk der rosseta Technik GmbH zeichnet sich durch eine hohe Leistungsfähigkeit bei geringen Abmessungen aus. Es ist in der Lage 350.000 kWh elektrische Energie pro Jahr einzusparen. Die maximale Stromaufnahme bzw. – Abgabe beträgt 1000 A. Sofern höhere Leistungen benötigt werden, können mehrere Energiespeicher in einem Speicherwerk gemeinsam betrieben werden. Im Energiespeicherwerk ist ein Energiezähler eingebaut, der die aufgenommene und abgegebene Energiemengen misst.

Je nach Standort sind Amortisierungszeiten von 6 bis 12 Jahren zu erreichen.

Das Energiespeicherwerk hat einen geringen Wartungsaufwand. Die Betriebsdauer bis zur ersten Hauptuntersuchung beträgt 20 Jahre, die Kosten für die Wartung liegen bei 3.250 Euro pro Jahr.



Aufbau und Wirkungsweise des Energiespeichers



In der Abbildung ist der Aufbau eines Energiespeicherwerkes der rosseta Technik GmbH für die Straßenbahn in Zwickau zu sehen. Im Betoncontainer befinden sich unten nebeneinander der Schwungradspeicher, die Leistungselektronik, das Einspeisefeld und die Eigenversorgung. Durch einen Zwischenboden getrennt, befinden sich darüber zwei Wasserkühler für die Kühlkreisläufe der Leistungselektronik und des Schwungradspeichers. Auf dem Dach sind drei Bremswiderstände angeordnet, die es erlauben, bei einer Abschaltung den Schwungradspeicher schnell abzubremsen.

Das Energiespeicherwerk ist mit einer umfangreichen Sicherheitstechnik ausgestattet, die das Netz und das Speichersystem ständig überwacht. Sofern eine Wartung notwendig wird oder eine Störung vorliegt, werden entsprechende Signale gesendet.

Der Energiespeicher wird im automatischen Dauerbetrieb gefahren. Der Zustand des Bahnnetzes wird ständig kontrolliert. Sofern die Spannung um 5 V über die Leerlaufspannung der Unterwerke ansteigt, beginnt der Energiespeicher Strom aus dem Netz aufzunehmen. Die Regelung ist so eingestellt, dass die Spannung am Energiespeicher höchstens 10 V über der Leerlaufspannung der Unterwerke liegt. Auf diese Weise gelingt es, die gesamte ungenutzte Bremsenergie durch den Speicher aufzunehmen.

Sofern die Spannung unter die Leerlaufspannung der Unterwerke absinkt, beginnt der Speicher die Energie wieder in das Netz einzuspeisen. So übergibt der Speicher seine Energie bereits nach wenigen Sekunden wieder an eine anfahrende Bahn. Danach bleibt der Speicher im Leerlauf an der unteren Drehzahlgrenze und wartet wieder auf die nächste Bremsenergie.

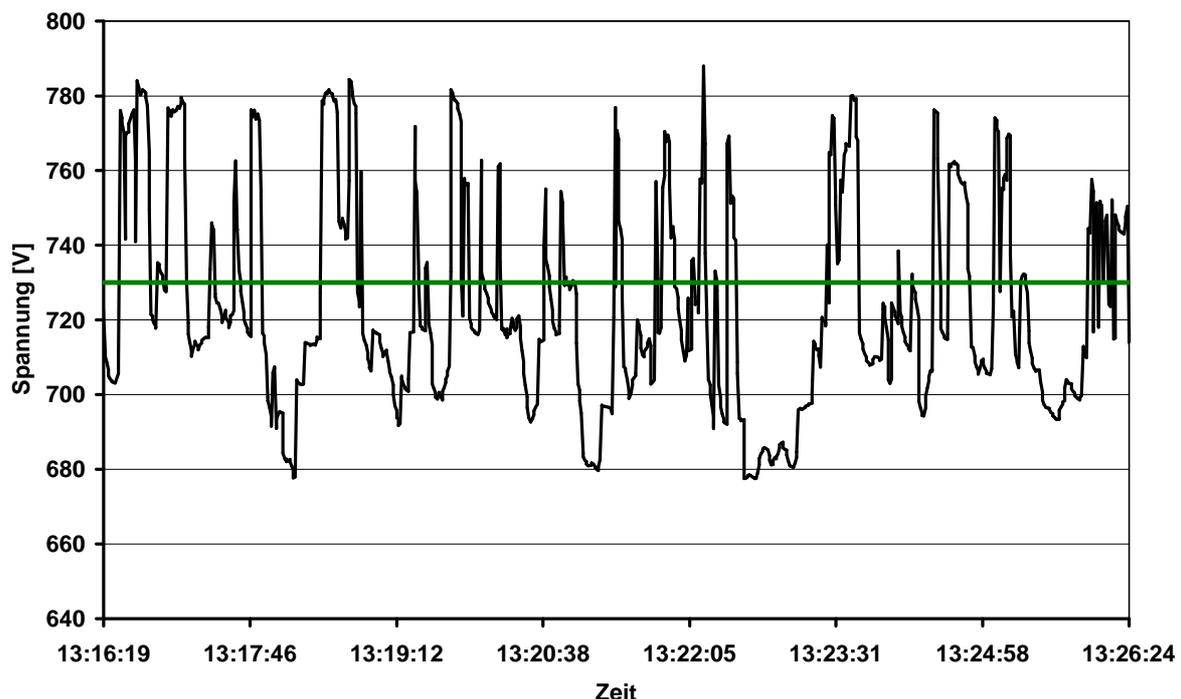


Abbildung 1: Bahnspannung ohne Energiespeicher in Zwickau Standort Planitzer Str. Ecke Himmelfürststr. – Die Leerlaufspannung der Unterwerke ist grün eingezeichnet.

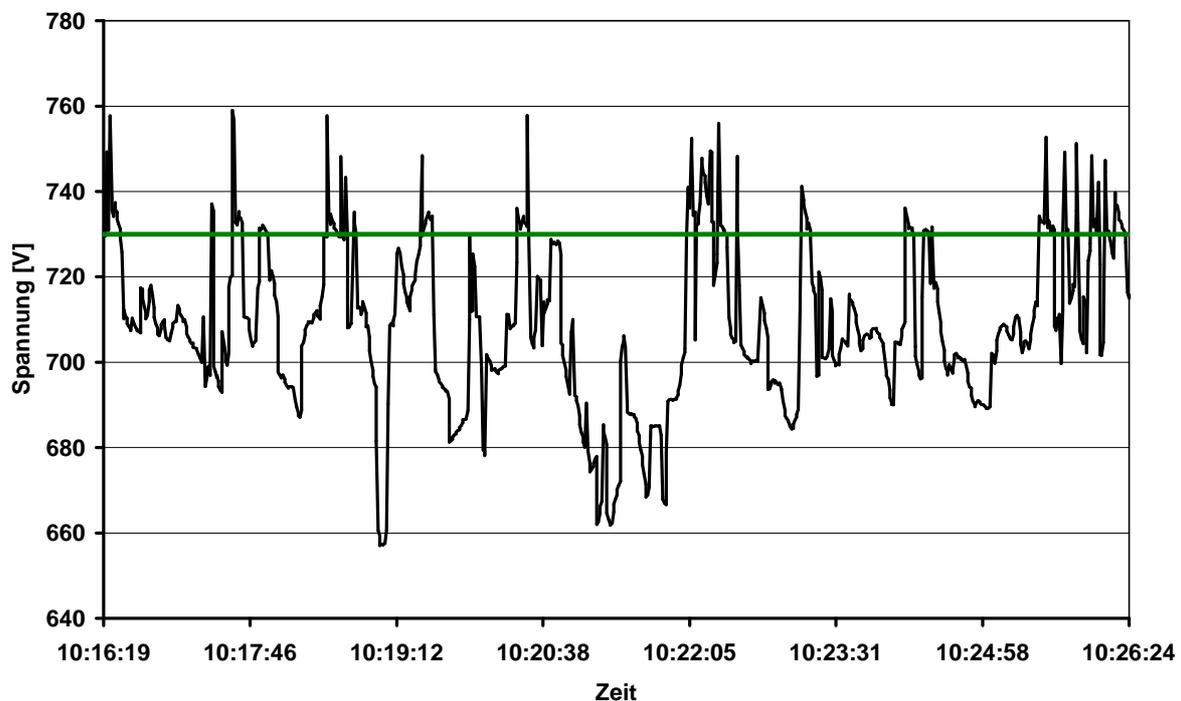


Abbildung 2: Bahnspannung mit Energiespeicher in Zwickau an der gleichen Stelle

Die Messungen zeigen, dass das Speicherwerk bis auf kurzzeitige Einschaltspitzen die gesamte Rückspeiseenergie aufnimmt.

Die Regelung des Speicherwerkes ist in der Lage, den Zustand des Netzes zu erkennen und zu berücksichtigen. Bei der Betriebsunterbrechung nachts, bei Kurzschlüssen oder Abschaltungen trennt sich das Speicherwerk automatisch von Netz. Sobald die Bahnspannung wieder anliegt, schaltet sich der Speicher wieder ein.

Die Energie-Einsparung in Zwickau beträgt pro Jahr ca. 140.000 kWh. Für eine Ausläuferstrecke mit nur einer Linie, die im 10-Minutentakt fährt, ist das ein guter Wert. In der folgenden Abbildung sind die aufgenommene und abgegebene Energiemengen im Verlauf über einen Tag im November gemessen worden. Die Abhängigkeit von der Auslastung der Bahnen zeigt sich deutlich. Zu Zeiten eines hohen Fahrgastaufkommens sind die Bahnen schwerer und die Bremsenergiewerte entsprechend höher. In Zwickau liegen die Bremsströme bei durchschnittlich 300 A, der Speicher wird nur zu einem Drittel ausgenutzt. Die Erwärmung des Stators und der Schwungradwelle liegen noch deutlich unter den zulässigen Grenzwerten.

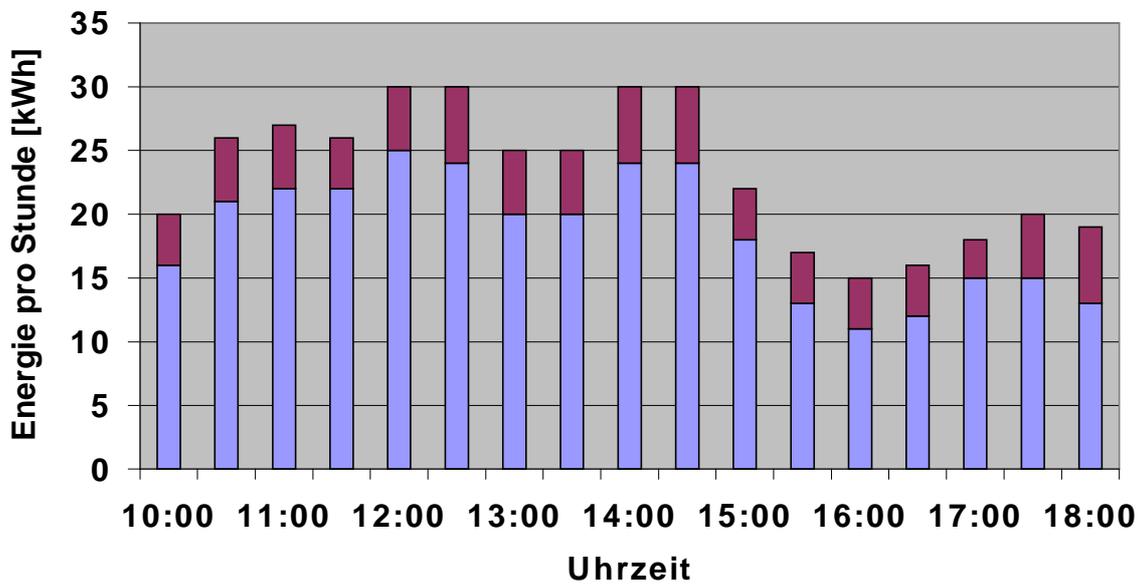


Abbildung 3 : Pro Stunde aufgenommene und abgegebene Energie in kWh im Verlauf über einen Tag im Energiespeicherwerk Zwickau

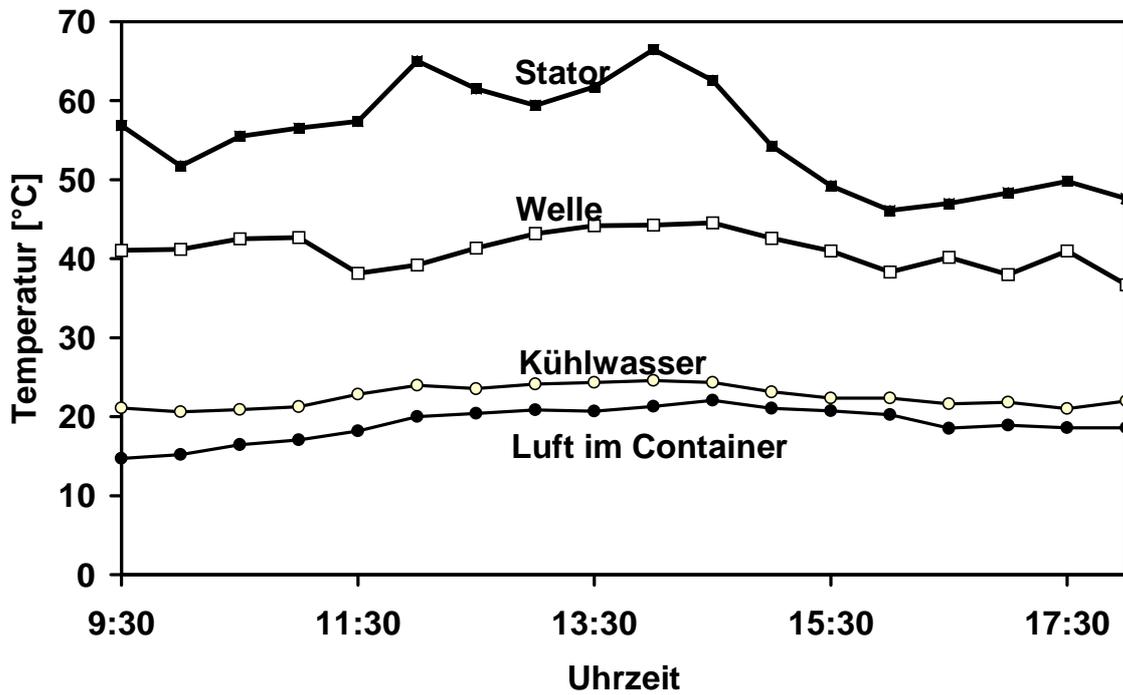


Abbildung 4 : Temperaturverlauf über einen Tag für Stator, Welle, Kühlwasser und die Raumtemperatur im Betoncontainer im Energiespeicherwerk Zwickau

Technische Daten

Parameter	
Spannung	450 .. 1000 V
maximale Ströme	- 1000 A .. + 1000 A
Drehzahlbereich	15000 .. 25000 /min
nutzbarer Speicherinhalt	4 kWh
Leerlaufverlustleistung bei unterer Drehzahl	2,0 kW
Hilfsenergiebedarf	2,5 kW
Gesamtwirkungsgrad	80 %
Abmessungen des Betoncontainers (Länge x Breite x Höhe)	3,0 x 1,8 x 3,15 m
Dauer bis zur ersten Hauptuntersuchung	20 Jahre

Tabelle 1 : Technische Daten des Energiespeicherwerkes

Der Energiespeicher wurde hinsichtlich seiner technischen Daten optimal an den Einsatzfall im Bahnnetz angepasst. Der Speicher arbeitet mit sehr geringen Verlusten. Obwohl eine Höchstleistung von 1 MW möglich ist, benötigt der Speicher im Leerlauf nur 4,5 kW.

Durch die Verwendungen eines Ölkreislaufs zur Lagerschmierung ist der Wartungsaufwand sehr gering. Eine jährliche Inspektion mit Ölwechsel ist ausreichend.

Der Speicher arbeitet sehr leise und ist daher zur Aufstellung in der Nähe von Wohngebieten geeignet. Die Schallemission beträgt nur 35 dB(A) in einem Abstand von 45 m. Der Schall wird hauptsächlich durch die Luftgeräusche der Ventilatoren der Wasserkühler erzeugt.

Sofern eine Grundfläche von 2,6 x 1,0 m in einem Gebäude vorhanden ist, kann der Energiespeicher beispielsweise in bestehende Unterwerke integriert werden.

Ein Zusammenschalten von mehreren Speichern in einem Energiespeicherwerk ist möglich.

Kosten

Die Kosten für den Aufbau eines Energiespeichers setzen sich wie folgt zusammen:

- Das Schwungradspeichersystem mit Leistungselektronik, Kühlkreislauf und Steuerung. Je nach geforderter Leistung können ein oder mehrere Systeme zu einem Energiespeicherwerk zusammengefasst werden.
- Einspeisefeld mit Schnellschalter, Kabelüberwachung, Blitzschutz und Netzdrossel zur Reduzierung der Stromwelligkeit
- Eigenversorgung mit 400 V (für die Pumpen- und Lüftermotore) und 24 V für die Steuerung, gepuffert mit einem Blei-Akkumulator. Je nach Standort können die 400 V aus einem vorhandenen Ortanschluss bezogen werden oder aus dem Bahnnetz selbst erzeugt werden.
- Bremssystem mit drei Bremswiderständen und einem Barrenschütz. Ein solches System ist erforderlich, sofern die 400 V aus dem Bahnnetz bezogen werden. Dadurch wird gewährleistet, dass beim Ausfall des Netzes und der Hilfsaggregate das Schwungrad schnell ohne Schäden der Lager heruntergefahren werden kann.
- Fernsignaltechnik nach Vorgabe
- Betoncontainer mit Wassererdung und Brandmeldesystem
- Aufwendungen für die Umgebung und Anbindung an das Bahnnetz

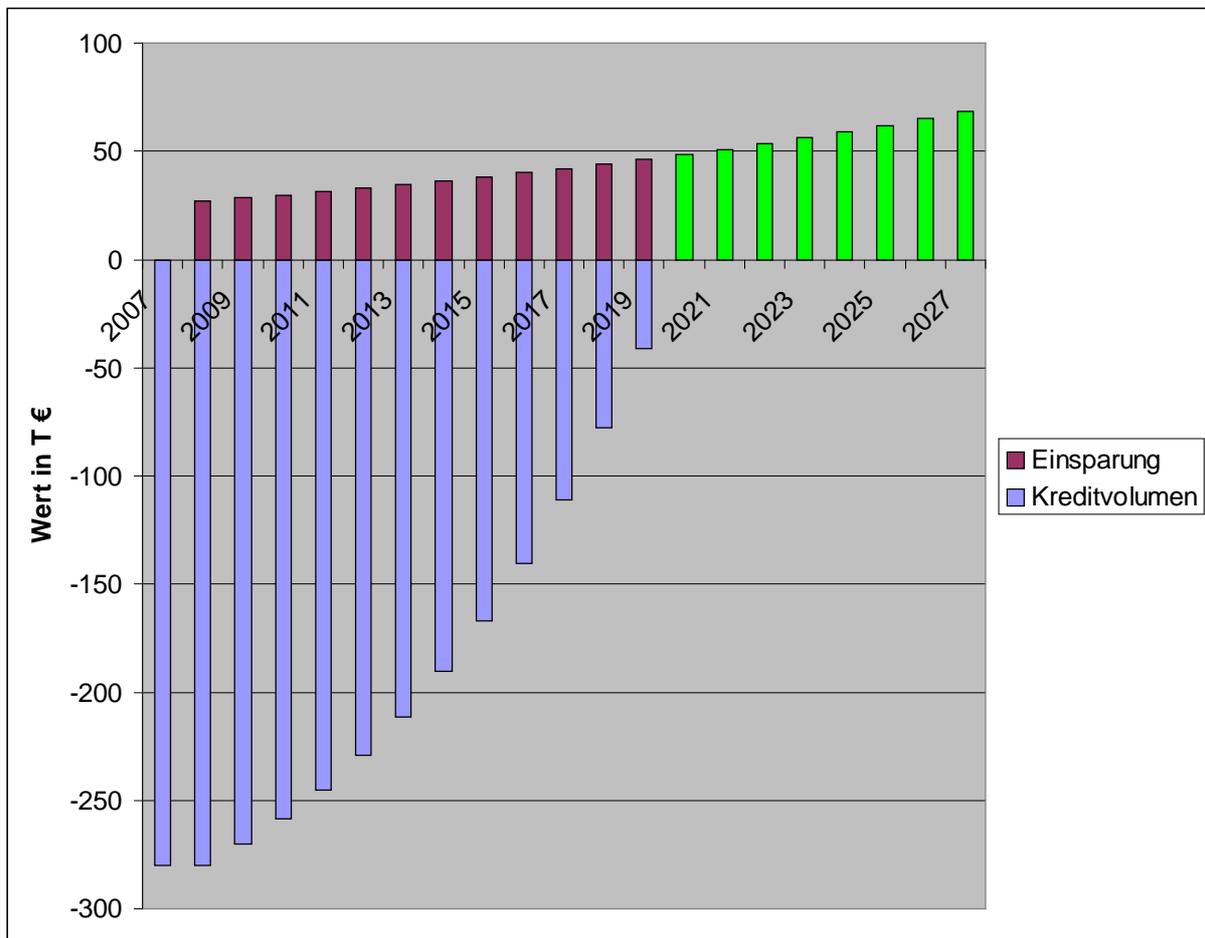
In Abhängigkeit von den Forderungen des Projektes und der Möglichkeit vorhandene Infrastruktur zu nutzen, variieren die Kosten. Sofern wir die Bedingungen kennen, unterbreiten wir gern ein Orientierungsangebot.



Nutzen

Der Nutzen besteht in der Einsparung von Elektroenergie.

Es werden für eine Beispielrechnung folgende konservative Annahmen getroffen:
Strompreis 2007 0,07 Euro/kWh mit einer Steigerungsrate von 5 % pro Jahr
Einsparung pro Jahr 350.000 kWh ab 2008
jährliche Kosten für Service und Wartung 3.250 Euro
Kreditaufnahme von 280.000 Euro 2007 mit 5 % Zinsen pro Jahr



Die Rechnung ergibt, dass innerhalb von 12 Jahren der Kredit getilgt werden muss und innerhalb von acht Jahren ein Reingewinn von 392 T Euro erzielt wird.

Energiespeicher

technische Details

Der Schwungradspeicher zeichnet sich durch eine hohe Leistungsfähigkeit bei kleinem Bauraum aus. Die maximale Leistung beträgt 1 MW, sein Eigenbedarf liegt nur bei 4,5 kW. Der Speicher arbeitet sehr leise und erfordert nur einen geringen Wartungsaufwand. Einmal pro Jahr ist ein Ölwechsel und eine Diagnosemessung erforderlich. Seine Lebensdauer bis zur ersten Hauptuntersuchung beträgt 20 Jahre.

Der Energiespeicher wurde seit 1995 zunächst im Wissenschaftlich-Technischen Zentrum Roßlau und danach in der Rosseta Technik GmbH entwickelt und hat eine Reihe von neuen technischen Lösungen.

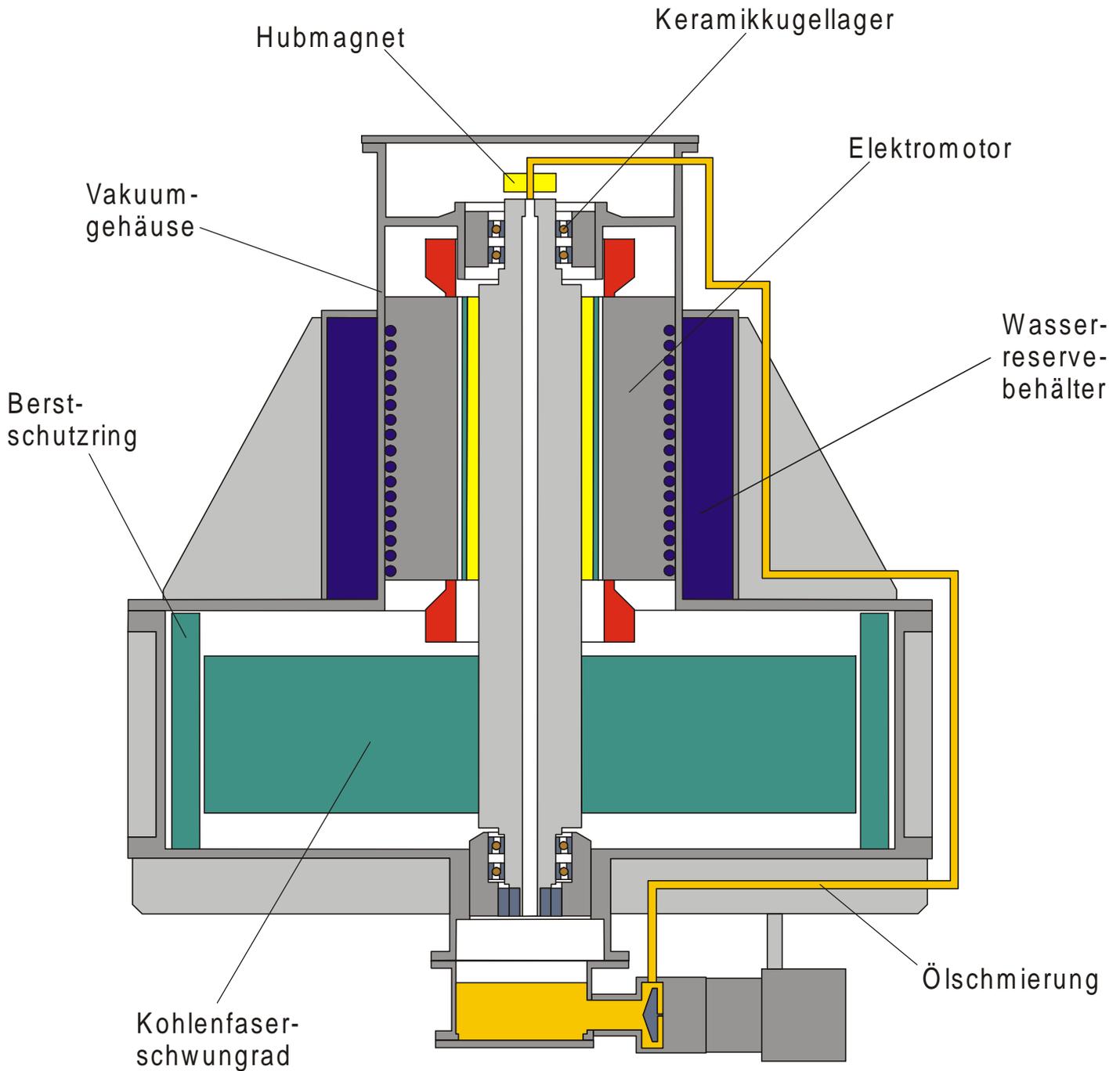
Schwungrad

Es wird ein Kohlenstofffaser-Epoxidharz-Verbundwerkstoff verwendet, der von der Rosseta Technik GmbH hergestellt und montiert wird. Der Faserverbund hat ein Gewicht von 100 kg und einen Durchmesser von 700 mm. Bei der höchsten Drehzahl beträgt die Umfangsgeschwindigkeit 915 m/s, das ist etwa die dreifache Schallgeschwindigkeit. Die Verwendung eines Faserverbundes hat zwei Vorteile im Vergleich zu Stahlschwungrädern. Zum einen lassen sich bei ähnlichen Abmessungen wesentlich größere Mengen Energie speichern, da die erreichbaren Drehzahlen wesentlich höher sind.

Zum zweiten haben Faserverbundschwungräder ein gutmütiges Berstverhalten. Die größten Belastungen treten nahe am Schwungradrand auf. Bei einer Havarie lösen sich nur Faserbündel, die gegen den Berstring reiben. Die Energie wird dadurch vernichtet.

Lagersystem

Die Konstruktion einer geeigneten Lagerung war eine weitere große Herausforderung. Für die Rotorenmasse von 165 kg und Drehzahl von 25.000 Umdrehungen/min wurde eine Lagerung mit Keramikkugellagern entwickelt. Diese hat drei Besonderheiten. Es erfolgt eine Schmierung von innen, so dass auch bei hohen Drehzahlen die Kugeln immer mit Öl versorgt werden. Ein Hubmagnet hält den Rotor in der Schwebe, so dass die Lager nur radiale Kräfte aufnehmen müssen. Der Rotor wird überkritisch gefahren, wodurch die Lagerkräfte im Betrieb gering sind.



Motorgenerator

Um einen möglichst leistungsstarken Motor auf der Welle des Schwungrads anordnen zu können, werden NdFeB-Magnete aufgeklebt und mit einer Kohlenstofffaser-Bandage auf die Welle gepresst. Die dazu erforderliche

Technologie wurde entwickelt und wird auch anderen Firmen für den Aufbau von schnellen Motoren zur Verfügung gestellt. Die Kühlung der Welle erfolgt durch einen Ölkreislauf im Vakuum, mit dem gleichzeitig die Lager geschmiert werden.

Aufhängung

Die mechanische Befestigung des Systems an dem Grundrahmen erfolgt elastisch durch Drahtseilfedern. Dadurch können Schwingungen und Stöße wirksam abgebaut werden und der Energiespeicher kann funktionsfähig transportiert werden.

Sicherheit

Das System ist mit den erforderlichen Einrichtungen ausgerüstet, die eine absolut sichere Funktion garantieren. Dazu gehört der Berstschutzring, ein Überdruckventil, ein Reservekühlwasserbehälter, die elastische Aufhängung mit Drahtseilfedern und die Kontrolle des Schwungrads mit 9 Sensoren für Temperatur, Druck und Unwucht.

Referenzen

Städtische Verkehrsbetriebe Zwickau GmbH (2006)

Im Januar 2006 erteilte die Planungsgesellschaft der rosseta Technik GmbH den Auftrag für ein Energiespeicherwerk. Anfang Juni erfolgte bereits die Lieferung und Aufstellung des fertig ausgerüsteten Betoncontainers. Mitte August wurde das System an das Bahnnetz geschaltet und die Erprobung begonnen. Ab Oktober 2006 läuft der Dauerbetrieb am Bahnnetz.

aeras GmbH Clausthal-Zellerfeld (2004 - 2006)

Ein Energiespeicher wurde im Zeitraum von September 2004 bis März 2006 auf einem Prüfstand für die Entwicklung der Leistungselektronik betrieben, ohne Ausfälle und ohne Wartung.

IMG gGmbH Nordhausen (2002)

Ein Energiespeicher T1 mit einer Dauerleistung von 150 kW wurde im Jahr 2002 an das Institut für Maschinen, Antriebe und elektrische Gerätetechnik verkauft. Es wird dort auf Motorprüfständen für die Entwicklung einer Straßenbahn ohne Oberleitung eingesetzt.

Informationen zur rosseta Technik GmbH

Gründungsdatum:	21.08.2002
Geschäftsführer:	Dr. Frank Täubner
Stammkapital:	435.000 €
Gesellschafter:	Dr. Frank Täubner (392.000 €) Dr. Beate Platzer (43.000 €)
Beschäftigte:	11 Personen
Ausrüstungen:	Faserverbundwickelmaschinen Mechanische Werkstatt Prüfstände zur Schwungraderprobung Laborprüfstand bis 25 kW Prüfstand Dessau bis 1.000 kW
Räumlichkeiten:	zwei Werkstatthallen, Lagerraum, Büros mit insgesamt 500 m ² (zur Miete)

