

# Hochverfügbarkeit – Pumpspeicherkraftwerk Bad Säckingen



# Pumpspeicherkraftwerk für die öffentliche Energieversorgung

In der Energieversorgung sind Pumpspeicherkraftwerke bislang die technisch einzige Möglichkeit, ein Überangebot von elektrischer Leistung zu speichern. Diese können sie bei Bedarf innerhalb von Minuten zur Verfügung stellen und sorgen so im Zusammenspiel mit anderen Kraftwerken für eine gleichmäßigere Auslastung der Stromversorgung. Eine besondere Bedeutung kommt Pumpspeicherkraftwerken bei großflächigen Stromausfällen zu. Denn dank ihrer Schwarzstartfähigkeit

können sie zum Anfahren anderer nicht schwarzstartfähiger Kraftwerke wie Kohlekraftwerke eingesetzt werden.

Auch die Nutzung erneuerbarer Energien wird durch den Einsatz von Pumpspeicherkraftwerken unterstützt. Denn sie gleichen die unumgänglichen Schwankungen dieser Stromerzeuger aus.





## Kavernenkraftwerk Säckingen

Allgemein:	
Bauzeit	1961 bis 1967
mittlere Fallhöhe	400 m
Turbinen-Leistung	360 MW (4 x 90 MW)
Pump-Leistung	300 MW (3 x 70 MW + 1 x 90 MW)
4 x Francisturbine	
max. Leistung	92,5 MW
Schluckwassermenge	24.500 Liter/sek.
Laufreddurchmesser	2.072 mm
3 x Speicherpumpen	
max. Leistung	70,7 MW
Pumpwassermenge	16.150 Liter/sek.
Laufreddurchmesser	2.173 mm
1 x Speicherpumpe	
max. Leistung	89,3 MW
Pumpwassermenge	21.300 Liter/sek.
Laufreddurchmesser	2.880 mm
4 x Synchrongenerator	
Nennleistung	118 MVA
cos phi	0,76
Rotorgewicht	160 Tonnen
Nenn Drehzahl	600 U/min
Polpaarzahl	5
Pole	10
Ständer + Läufer	luftgekühlt
4 x Maschinentransformator	
Nennleistungen	125 MVA
Nennspannungen	235 kV / 15,75 kV
Regelbereich	+/- 16%
Gesamtgewicht	183 Tonnen
Bauwerke	
Maschinenkarverne	161,5 m lang, 23 m breit, 33,6 m hoch
Zufahrtsstollen	1.563 m lang, 6,3 m breit, 5,5 m hoch
Druckschacht	400 m hoch senkrecht, 4,3 m Durchmesser
Unterwasserstollen	2.000 m, 5,5 m Durchmesser
Eggbergbecken (Oberbecken)	
Stauziel	700 m +NN
Absenkziel	679 m +NN
ca. 18% Erzeugung aus natürlichen Zuflüssen im 10-jährigen Mittel	

# Anlagenüberwachung im geerdeten Netz (TN-System)

## Differenzstrom-Überwachungssystem

Für einen sicheren Betrieb der elektrischen Anlage ist eine wiederkehrende Prüfung nach DIN VDE 0100-600 notwendig. Prüffristen legt die verantwortliche Elektrofachkraft im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung fest. Empfehlungen lassen sich aus einschlägigen Vorschriften und Normen entnehmen. Zum Beispiel:

- DGUV Vorschrift 3 (ehemals BGV A3)
- DIN VDE 0105-100

Wird eine Anlage durch Elektrofachkräfte instandgehalten und durch messtechnische Maßnahmen im Rahmen des Betriebs kontinuierlich überwacht (z. B. Überwachen des Isolationswiderstandes mit einem Differenzstrom-Überwachungssystem RCMS), gelten die Anforderungen als erfüllt.



Differenzstromüberwachung von Endstromkreisen und Abgängen

Eine Isolationsverschlechterung wird im laufenden Betrieb erkannt und gemeldet. Die übrigen Messungen und Arbeiten der wiederkehrenden Prüfung können ebenfalls im laufenden Betrieb der Anlage erfolgen.

**Vorteil:** Keine Anlagenabschaltung durch wiederkehrende Prüfung erforderlich

## ZEP-Überwachung

Für EMV-gerechten Betrieb elektrischer Anlagen ist ein Aufbau im TN-S-System mit einem einzigen zentralen Erdungspunkt (ZEP) erforderlich (DIN VDE 0100-444). Für den Erhalt dieses Zustandes über die gesamte Lebensdauer der Anlage (insbesondere bei Erweiterungen) sollte der ZEP permanent überwacht werden.

Genau an dieser Messstelle fließt der gesamte Ableitstrom der Anlage. Sprunghafte Veränderungen im gemessenen Ableitstrom weisen auf eine neue PE-N-Brücke, eine PE-N-Vertauschung oder einen niederohmigen Erdschluss hin. Durch den Historienspeicher der Überwachungsgeräte ist genau nachvollziehbar, wann signifikante Änderungen aufgetreten sind. Daran lässt sich auch meist die Verursachung erkennen (z. B. Wartungs- oder Umbauarbeiten) und den Fehlerort bestimmen.

**Vorteil:** Schnelles Auffinden von unerwünschten, zusätzlichen PE-N-Brücken

## Vorbeugender Brandschutz

Unvollkommene (widerstandsbehaftete) Erdschlüsse sind vor allem dann brandgefährlich, wenn an der Lichtbogenstelle relativ niedrige Widerstände im Fehlerstromkreis auftreten. Eine Abschaltung des Fehlers durch vorgeschaltete





Überstrom-Schutzeinrichtungen, wie Sicherung oder Leitungsschutzschalter, ist nicht gegeben. Bereits bei einer Wärmeleistung von > 60 W kann es bei Vorhandensein von Sauerstoff dazu führen, dass der Zündpunkt erreicht wird.

Hier bietet die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit einem Bemessungs-differenzstrom  $I_N$  300 mA einen umfassenden Schutz. Wenn bei bestimmten Anwendungsfällen eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) aus technischen Gründen nicht eingesetzt werden kann, wird in den Richtlinien zur Schadensverhütung der Sachversicherer (VdS) die Verwendung von Differenzstrom-Überwachungsgeräten (RCMS) nach DIN EN 62020 (VDE 0663) mit Schaltgeräten, z. B. Leistungsschaltern, empfohlen, wenn deren Versorgungsspannung vom speisenden Netz unabhängig ist (siehe: VdS2033). Außerdem sagt der VdS in der Richtlinie VdS3501, dass in Stromkreisen mit elektronischen Einrichtungen, wie zum Beispiel Frequenzumrichtern, die Fehlerströme im Frequenzbereich von 0 – 20 kHz, und unter Umständen sogar >20 kHz, erfasst werden sollten. Darüber hinaus wird mit einem RCMS ein Condition Monitoring möglich, welches zu jeder Zeit die jeweils aktuellen Werte melden kann. Das wiederum unterstützt den Betreiber bei der Dokumentation im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen, die z. B. von den Versicherern mehr und mehr gefordert werden.

In ungeerdeten Systemen (IT-System) kann durch die fehlende niederohmige Verbindung eines aktiven Leiters zur Erde beim ersten Auftreten eines Isolationsfehlers kein brandgefährlicher Fehlerstrom fließen.

Des Weiteren heißt es in der Richtlinie VdS3501, dass die derzeit beste Lösung zur Isolationsüberwachung in Stromkreisen mit elektronischen Einrichtungen der Aufbau eines IT-Systems mit Isolationsüberwachung sei, da Isolationsüberwachungseinrichtungen von betriebsbedingten Ableitströmen nicht beeinflusst werden.

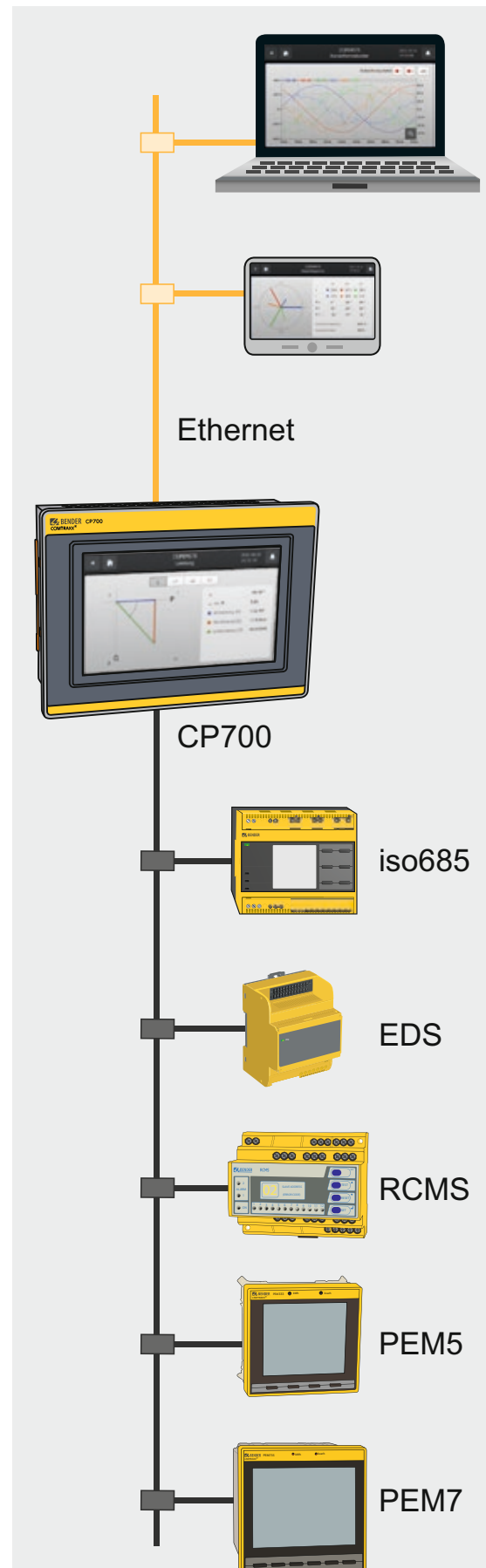
**Vorteil:** Minimierung der Brandgefahr

### Systemzentrale als Portal

Aufgrund steigender Energiekosten gewinnt das Thema Energieeffizienz zunehmend an Bedeutung. Sinnvolle Maßnahmen zur Energieeinsparung können jedoch erst ermittelt werden, wenn die Energieflüsse in der Anlage bekannt sind. Hierfür eignen sich Energiezähler für die Hutschienenmontage, aber auch Power Meter für den Fronteinbau wie das PEM333.

Zusätzlich zum Energiezähler bietet ein Power Meter Informationen über den Oberschwingungsgehalt und kann im Fehlerfall in die Fehlersuche einbezogen werden. Für die Überwachung der Spannungsqualität kommt ein PEM735 zum Einsatz. Der Netzwerkanalysator der Klasse A bietet über eine integrierte Web-Oberfläche wöchentliche Reports zum Download an. Eine Systemzentrale (CP700) sammelt die Messwerte von Erfassungsgeräten über unterschiedliche Bussysteme (Modbus RTU, TCP, BMS) und stellt die entsprechenden Informationen über Energieverbrauch und Leistungsflüsse zentral zur Verfügung. Der Anlagenzustand kann über einen Webserver-Zugang vom PC oder Smartphone eingesehen werden. Die Installation einer speziellen Software ist nicht erforderlich.

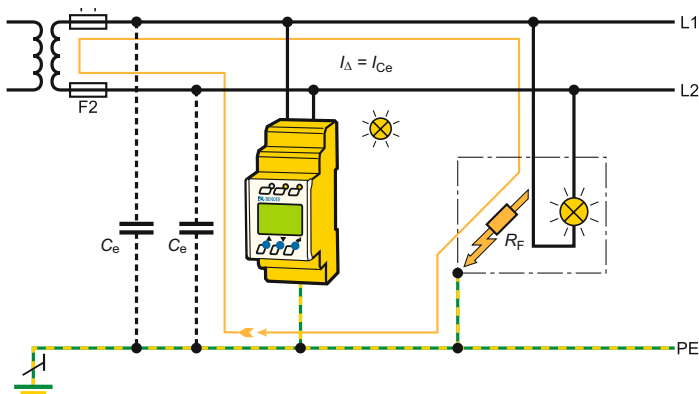
**Vorteil:** Zentraler Anlagenüberblick



# Anlagenüberwachung im ungeerdeten Netz (IT-System)

Um die Stromversorgung der 20 kV-Schaltanlage permanent und hochverfügbar zu gewährleisten, wurde die Spannungsversorgung als isoliertes DC 110 V-Steuer-  
spannungsnetz aufgebaut. Das DC 110 V-Netz wird über einen Gleichrichter zur  
Verfügung gestellt und ist über eine Batterie gepuffert. Ein Ausfall der Steuer-  
spannung für die 20 kV-Schaltanlage muss unter allen Umständen verhindert  
werden.

Die Vorteile des IT-Systems liegen darin, dass bei einem ersten Isolationsfehler  
die Anlage nicht abgeschaltet werden muss. Dadurch ergibt sich eine hohe  
Betriebsicherheit und eine damit verbundene hohe Wirtschaftlichkeit.



Durch den Einsatz eines Isolationsüberwachungsgerätes ist die Anlage permanent  
überwacht und Wartungen können abhängig vom Isolationsniveau geplant  
werden. Das Isolationsüberwachungsgerät zeichnet den gemessenen Isolations-  
widerstand kontinuierlich auf und stellt den Verlauf auf einem Graphen dar. Bei  
der wiederkehrenden Prüfung kann auf die  $R_{iso}$ -Messung verzichtet werden, da  
die Anlage durch das Isolationsüberwachungsgerät ständig überwacht ist und  
jede Verschlechterung des Isolationswiderstandes meldet.



**Vorteil:** Hohe Verfügbarkeit, da die Anlage nicht abgeschaltet werden  
muss. Auch ist keine wiederkehrende Prüfung erforderlich.



Kommt es in dem Steuerspannungsnetz der 20 kV-Schaltanlage zu einem Isolationsfehler, muss dieser so schnell wie möglich gefunden und beseitigt werden. Ein fortwährender Betrieb der Anlage ist zwingend erforderlich. Gewährleistet wird dies durch die eingesetzte Einrichtung zur Isolationsfehlersuche. Sie kann bei einem aufgetretenen Isolationsfehler die Fehlersuche automatisch starten. Das Isolationsüberwachungsgerät mit integriertem Prüfstromgenerator prägt einen limitierten Prüfstrom in das Netz ein, der von einem Isolationsfehlersuchgerät mit angeschlossenen Stromwandlern in den fehlerbehafteten Abgängen detektiert werden kann. Nachdem der Isolationsfehler gefunden wurde, wird der entsprechende kundenspezifische Text auf dem Display des Isolationsüberwachungsgerätes angezeigt.



**Vorteil:** Kostenreduzierung durch Vermeidung von Ausfällen.





# Fit für die Zukunft und immer am Netz



Robert Schäuble



Bernd Hierholzer

Fit für die Zukunft soll das Kavernenkraftwerk in Bad Säckingen gemacht werden. Im ersten Schritt stand die Teilerneuerung der Elektro- und Leittechnik an. Die knapp 50 Jahre alte 20 kV/400 V-Schaltanlage wurde dabei rundum erneuert – ohne Unterbrechung der Stromversorgung.

**„Wir waren immer am Netz“: Für alle verantwortlichen Mitarbeiter des Fachbereichs Instandhaltung ein ganz wichtiger Punkt, auf den man stolz sein darf.**

Die unterbrechungsfreie Stromversorgung soll nun auch im laufenden Betrieb gewährleistet sein. Für Robert Schäuble, Asset Management Elektrotechnik (Zuständig für alle Eigenbedarfs- und Versorgungsanlagen der Kraftwerke der Schluchseewerk AG), war das der ausschlaggebende Punkt, um zur Überwachung der sicheren Stromversorgung auf die Vorteile von Bender-LINETRAXX zu setzen.

**Herr Schäuble, wie haben Sie von den Möglichkeiten der permanenten Überwachung mit Bender-LINETRAXX erfahren?**

Die Schluchseewerk AG setzt bereits auf Differenzstromüberwachung für die Betriebssicherheit der Maschinen im Pumpspeicherkraftwerk Waldshut. Der Meister der Instandhaltung Elektrotechnik, Wolfgang Kiefer, konnte so schon positive Erfahrungen sammeln.

Die Vorteile der Bender-Technik wurden uns dann vor Ort präsentiert und ausführlich erläutert. Mein Kollege Bernd Hierholzer und ich waren schnell überzeugt davon, dass uns die Firma Bender auf unserem Weg zur Hochverfügbarkeit und sicheren Stromversorgung am besten unterstützen kann.

**Bender-LINETRAXX wird in allen Anlagenteilen zur Fehlerortung und zur Power Quality Analyse eingesetzt. Welche Aspekte waren Ihnen dabei besonders wichtig?**

Im Falle eines Fehlers in unserer 20 kV-Schaltanlage müsste ein enormer Aufwand betrieben werden, um den Fehlerort zu lokalisieren. Die Versorgungssicherheit wäre nicht zu gewährleisten, sollte ein Fehler durch zeitaufwendige Abschaltungen ermittelt werden müssen.

Wichtig war uns ein Höchstmaß an elektrischer Sicherheit und Anlagenverfügbarkeit. Bender-LINETRAXX bietet uns eine permanente Überwachung und einen Gesamtüberblick über alle relevanten Messstellen der geerdeten und ungeerdeten Stromversorgung.

**Waren Sie mit der Unterstützung durch Bender zufrieden?**

Ja. Der Bender-Außendienst und das Produktmanagement/Entwicklung waren bei der Projektierung der Anlage permanent eingebunden. In intensiver Zusammenarbeit wurden die Komponenten in der Anlage geprüft, optimiert und in Betrieb genommen.

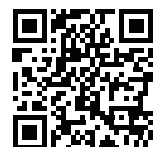
Zur Realisierung eines derart komplexen Projekts bedarf es Unterstützung vor Ort – der Support durch Bender erfolgte stets zeitnah und war immer hilfreich. Dabei konnten wir den Umgang mit den Systemen kennenlernen und haben im Ergebnis ein optimales Werkzeug zur kontinuierlichen Instandhaltung. Bei der Inbetriebnahme wurden wir immer von kompetenten Bender-Mitarbeitern unterstützt, die uns auch künftig für Fragen zur Verfügung stehen werden.



## Bender GmbH & Co. KG

Postfach 1161 • 35301 Grünberg • Germany  
Londorfer Straße 65 • 35305 Grünberg • Germany  
Tel.: +49 6401 807-0 • Fax: +49 6401 807-259  
E-Mail: [info@bender.de](mailto:info@bender.de) • [www.bender.de](http://www.bender.de)

Fotos: Bender Archiv.



BENDER Group