
Lastbank-Technologie und Anwendung

Ein technisches Whitepaper für Rechenzentrumsbetreiber,
Elektroingenieure und technische Einkäufer

Juni 2026

loadbanks.solutions | Taunusstrasse 12, 35796 Weinbach, Deutschland
info@loadbanks.solutions | +49 162 6692688 | www.loadbanks.solutions

Inhaltsverzeichnis

1. Executive Summary	3
2. Warum Lastbank-Tests unverzichtbar sind	4
3. Lastbank-Technologien im Vergleich	6
4. KI-Rechenzentren: Neue Anforderungen	8
5. Teststandards und Best Practices	10
6. Kauf vs. Miete: Wirtschaftlichkeitsanalyse	12
7. Über loadbanks.solutions	14
Anhang: Produktspezifikationen	15

1. Executive Summary

Lastbanke sind das zentrale Prüfwerkzeug für die elektrische Infrastruktur moderner Rechenzentren. Sie simulieren reale elektrische Lasten und ermöglichen die Validierung von USV-Anlagen, Notstromaggregaten und der gesamten Stromversorgungskette -- von der Mittelspannungsebene bis zur Steckdose im Rack.

Dieses Whitepaper richtet sich an technische Entscheider in Rechenzentren: Betreiber, Planungsingenieure und Einkaufsverantwortliche. Es bietet einen strukturierten Überblick über den Stand der Lastbank-Technik, vergleicht Technologien anhand praxisrelevanter Kriterien und zeigt auf, welche Anforderungen KI-Rechenzentren an die Testinfrastruktur stellen. Besonderes Augenmerk gilt dem wachsenden Segment der flüssigkeitsgekühlten Lastbanke sowie wirtschaftlichen Aspekten beim Erwerb von Prüfausrüstung.

Kernerkenntnisse:

- Lastbank-Tests sind kein Kostenfaktor, sondern eine Investition in Betriebssicherheit -- ein einziger ungeplanter Ausfall kostet im Schnitt über 1 Million Euro.
- Flüssigkeitsgekühlte Lastbanke werden zum Standard für neue Rechenzentren mit Rack-Leistungsdichten über 30 kW.
- Die Mietoption mit 100%iger Kaufanrechnung ermöglicht es Betreibern, hochwertige Testausrüstung ohne initiale CAPEX-Belastung einzusetzen.
- Modulare, parallel geschaltete Systeme bis 1 MW bieten maximale Flexibilität bei minimalem logistischem Aufwand.
- Die Integration von CDU-Kommunikationsprotokollen (Modbus TCP) ermöglicht realitätsnahe Tests unter Betriebsbedingungen.

2. Warum Lastbank-Tests unverzichtbar sind

2.1 Die Kosten eines Stromausfalls

Nach aktuellen Daten des Uptime Institute kostet ein einzelner Rechenzentrumsausfall im Durchschnitt über 1 Million US-Dollar -- Tendenz steigend. In stark regulierten Branchen wie dem Finanzsektor oder dem Gesundheitswesen können die Kosten ein Vielfaches betragen. Hinzu kommen Reputationsschaden, Vertragsstrafen aus SLA-Verletzungen und in Einzelfällen regulatorische Konsequenzen.

Die häufigste vermeidbare Ursache: unzureichend getestete Notstromsysteme. Lastbank-Tests sind der einzige Weg, das Zusammenspiel von USV, Generator, Schaltanlagen und Verkabelung unter realistischen Bedingungen zu verifizieren -- bevor der Ernstfall eintritt.

2.2 Regulatorische Anforderungen

Für Rechenzentren in Deutschland und der EU gelten verbindliche Prüfpflichten. Die DIN VDE 0100-710 schreibt wiederkehrende Prüfungen elektrischer Anlagen in medizinisch genutzten Bereichen vor. Für allgemeine Rechenzentren sind die Anforderungen durch den TÜV, Berufsgenossenschaften und Versicherer definiert, die zunehmend dokumentierte Lastbank-Tests als Voraussetzung für den Versicherungsschutz fordern.

Internationale Standards wie IEC 62040-3 (USV-Prüfung) und ISO 8528 (Generator-Leistungsprüfung) geben klare Testverfahren vor, die nur mit kalibrierten Lastbanken durchführbar sind. Die Einhaltung dieser Normen ist für den Export und Betrieb in regulierten Märkten obligatorisch.

2.3 Praxisbeispiel: Inbetriebnahme eines 10-MW-Campus

Bei der Inbetriebnahme eines neuen Rechenzentrums-Campus mit 10 MW installierter Leistung in Frankfurt am Main kamen insgesamt 12 Lastbank-Einheiten zum Einsatz: Acht 500-kW-Einheiten für die Generator- und USV-Tests sowie vier 1-MW-Einheiten für die Integrationstests auf Mittelspannungsebene. Im Test wurden zwei kritische Schwachstellen identifiziert: eine fehlerhafte ATS-Verkabelung, die im Ernstfall zum Totalausfall geführt hätte, sowie ein Dimensionierungsfehler in der Kühlwasserleitung, der bei Vollast zur Überhitzung geführt hätte. Beide Probleme wurden vor der Inbetriebnahme behoben -- die Kosten für die Tests beliefen sich auf weniger als 5% der potenziellen Ausfallkosten.

3. Lastbank-Technologien im Vergleich

3.1 Übersicht der Technologietypen

Lastbanke lassen sich nach zwei Hauptkriterien klassifizieren: der Art der elektrischen Last (resistiv, induktiv, kapazitiv oder kombiniert) und der Kuhlmethode (Luft oder Flüssigkeit). Für Rechenzentrumsanwendungen dominieren resistive Lastbanke, die Wirkleistung prüfen und thermische Lasten simulieren.

Kriterium	Luftgekühlt	Flüssigkeitsgekühlt
Typische Leistung	5 - 250 kW	100 kW - 1 MW+
Kühlprinzip	Forcierte Luft (Axial-/Radiallüfter)	Wasser/Glykol-Kreislauf (CDU)
Leistungsdichte	Mittel (50-100 kW/m ²)	Sehr hoch (200-400 kW/m ²)
Gerausentwicklung	60-75 dB(A) bei Vollast	40-55 dB(A) -- nahezu geruschlos
Platzbedarf	Hoch (benötigt Luftwege)	Gering (kompakte Bauweise)
Installationsaufwand	Gering (Steckdose + Abluft)	Mittel (Wasseranschluss + CDU)
Dauerbetrieb	Begrenzt (Kuhlpausen nötig)	Praktisch unbegrenzt
Wartungsaufwand	Filterreinigung, Luftertausch	Pumpenwartung, Dichtheitsprüfung
Investition (pro kW)	ca. 80-150 EUR	ca. 120-250 EUR

Tabelle 1: Luftgekühlte vs. flüssigkeitsgekühlte Lastbanke im Vergleich

3.2 Resistive vs. induktive Lastbanke

Resistive Lastbanke wandeln elektrische Energie nahezu vollständig in Wärme um ($\cos \phi = 1,0$). Sie sind die erste Wahl für die Prüfung von Wirkleistung, thermischen Management und USV-Systemen. Induktive Lastbanke erzeugen zusätzlich eine Phasenverschiebung ($\cos \phi = 0,8$ induktiv) und simulieren motorische Lasten wie Klimakompressoren oder Pumpen. Für Rechenzentren ist die Kombination beider Typen (R-L-Lastbank) dann sinnvoll, wenn das Zusammenspiel von USV und Klimaanlage unter realistischen Bedingungen getestet werden muss.

3.3 Entscheidungsmatrix für die Technologiewahl

Die Wahl der richtigen Lastbank-Technologie hängt von drei Faktoren ab: der Leistungsdichte des Rechenzentrums, den örtlichen Gegebenheiten (Lärmvorschriften, Platz, Kühlwasseranschluss) und dem Testregime (einmalige Inbetriebnahme vs. wiederkehrende Wartungstests). Wir empfehlen folgende Faustregel: Bei Rack-Leistungen unter 15 kW ist die Luftkühlung ausreichend und wirtschaftlicher. Ab 30 kW pro Rack -- typisch für KI- und HPC-Cluster -- dominiert die Flüssigkeitskühlung aufgrund der höheren Leistungsdichte und geringeren Gerausentwicklung.

4. KI-Rechenzentren: Neue Anforderungen an Lastbank-Tests

4.1 Leistungsdichte: Der Sprung von 7 kW auf 50 kW pro Rack

Noch vor fünf Jahren galten 7 kW pro Rack als Standard. Heute, im Zeitalter von NVIDIA H100/H200 und vergleichbaren KI-Beschleunigern, sind 40-50 kW pro Rack keine Seltenheit -- mit steigender Tendenz. Ein einzelnes DGX H100-System zieht bereits 10,2 kW. In einem Rack mit vier solcher Systeme kommen über 40 kW zusammen, die thermisch beherrscht werden müssen.

Für die Lastbank-Tests bedeutet das: Herkömmliche Luft-Lastbanke können die thermische Last eines solchen Racks nicht realistisch nachbilden, weil sie die Wärme in den Raum abgeben statt in den Flüssigkeitskreislauf. Hier sind flüssigkeitsgekühlte Lastbanke gefragt, die Durchflussraten, Vor- und Rücklauftemperaturen sowie Systemdrucke des CDU-Kreislaufs exakt emulieren können.

4.2 CDU-Integration und Kommunikationsprotokolle

Die Coolant Distribution Unit (CDU) ist das Herz der Flüssigkeitskühlung im Rechenzentrum. Sie regelt Temperatur, Durchfluss und Druck des Kühlmediums zwischen dem Gebäudekreislauf (Facility Water System, FWS) und dem Technologie-Kühlkreislauf (Technology Cooling System, TCS). Moderne CDUs kommunizieren über Modbus TCP und zunehmend auch über Redfish -- das gleiche Protokoll, das Server für das Management nutzen.

Unsere flüssigkeitsgekühlten Lastbanke implementieren dieselben Protokolle. Das ermöglicht echte End-to-End-Tests: Die Lastbank meldet sich bei der CDU als Server-Rack an, fordert Kühlleistung an und simuliert den vollständigen thermischen Zyklus -- vom Kaltstart über Volllast bis zum kontrollierten Herunterfahren. Fehler in der CDU-Regelung, Leckagen im Kreislauf oder unzureichende Pumpenleistung werden so zuverlässig erkannt, bevor die ersten Server installiert sind.

4.3 Parallele Lastbank-Systeme für Hochleistungstests

Für Tests jenseits der 500-kW-Marke setzen wir auf modulare, parallel geschaltete Systeme. Zwei oder mehr Lastbank-Einheiten werden über eine zentrale Steuereinheit synchronisiert und verhalten sich wie ein einziges System. Die Kommunikation zwischen den Einheiten erfolgt über EtherCAT mit Zykluszeiten unter 1 ms -- schnell genug für dynamische Lastprofile, die reale Server-Workloads nachbilden. Das System skaliert linear und erreicht im Laborbetrieb über 1 MW Testleistung bei einer Regelgenauigkeit von besser als 1%.

5. Teststandards und Best Practices

5.1 FAT -- Factory Acceptance Test

Der Werksabnahmetest (FAT) findet beim Hersteller statt, bevor die Lastbank das Werk verlässt. Geprüft werden: Nennleistung bei verschiedenen Spannungsstufen, Regelgenauigkeit über den gesamten Leistungsbereich (0-100%), thermisches Verhalten bei Dauerlast, Kommunikationsschnittstellen und Sicherheitsfunktionen (Not-Aus, Übertemperaturschutz). Der Kunde ist eingeladen, den Test persönlich zu begleiten. Jeder Test wird in einem detaillierten Prüfprotokoll dokumentiert und vom Kunden gegengezeichnet.

5.2 SAT -- Site Acceptance Test

Der Vor-Ort-Abnahmetest (SAT) wird nach der Installation im Rechenzentrum durchgeführt. Im Unterschied zum FAT liegt der Fokus auf der Integration: Passt die Lastbank physisch an den vorgesehenen Platz? Funktionieren die elektrischen Anschlüsse mit der vorhandenen Infrastruktur? Sind die Kommunikationsprotokolle zum DCIM-System korrekt konfiguriert? Der SAT umfasst einen kompletten Testzyklus mit der tatsächlichen Stromversorgung vor Ort.

5.3 IST -- Integrated System Test

Der Integrierte Systemtest (IST) geht über die Einzelprüfung der Lastbank hinaus und testet das Zusammenspiel aller Komponenten: Generator startet, USV übernimmt, Lastbank zieht definierte Last, CDU regelt die Kühlung, DCIM-System protokolliert alle Messwerte. Dieser Test simuliert den realen Storfal -- Netzausfall mit automatischer Umschaltung -- und ist die letzte Prüfung vor der Inbetriebnahme der IT-Hardware.

5.4 Empfohlenes Testregime für Rechenzentren

Testintervall	Testumfang	Dauer	Verantwortlich
Monatlich	Generator-Probelauf mit 30% Last	30 min	Facility Team
Quartalsweise	USV-Batterietest + 60% Laststufen	2 h	Facility Team
Halbjährlich	Volltest inkl. ATS-Umschaltung (80% Last)	4 h	Externer Prüfer
Jährlich	IST: Kompletter Blackout-Test mit 100% Last	8 h	Externer Prüfer + TUV

Tabelle 2: Empfohlenes Testregime für Rechenzentren

6. Kauf vs. Miete: Wirtschaftlichkeitsanalyse

6.1 CAPEX vs. OPEX

Die Anschaffung einer Lastbank ist eine Investitionsentscheidung. Ein typisches 500-kW-System kostet zwischen 60.000 und 120.000 Euro -- je nach Kuhltechnologie und Ausstattung. Für ein Rechenzentrum, das die Lastbank nur ein- bis zweimal jährlich für Wartungstests benötigt, kann die Miete wirtschaftlicher sein als der Kauf.

Kostenposition	Kauf (5 Jahre)	Miete (5 Jahre, 4x/Jahr)
Anschaffung / Mietkosten	75.000 EUR	48.000 EUR (12 x 4.000 EUR)
Wartung & Kalibrierung	12.500 EUR	0 EUR (im Mietpreis)
Lagerung / Stellplatz	5.000 EUR	0 EUR
Transport (2x/Jahr)	8.000 EUR	0 EUR (im Mietpreis)
Personal (Bedienung)	10.000 EUR	6.000 EUR (geringerer Aufwand)
Restwert nach 5 Jahren	-15.000 EUR	0 EUR
Gesamtkosten (5 Jahre)	95.500 EUR	54.000 EUR

Tabelle 3: TCO-Vergleich Kauf vs. Miete, 500-kW-System

6.2 Unser Mietmodell: 100% Kaufanrechnung

Wir bieten ein Mietmodell, das speziell auf Rechenzentren zugeschnitten ist: Wenn Sie sich innerhalb der ersten zwölf Monate nach Mietbeginn für einen Kauf entscheiden, wird die gesamte bereits gezahlte Miete zu 100% auf den Kaufpreis angerechnet. Bei längeren Mietzeiträumen gilt eine gestaffelte Anrechnung (80% im zweiten Jahr, 60% im dritten Jahr).

Das Modell löst ein häufiges Problem: Rechenzentren benötigen hochwertige Testausrüstung, wollen aber nicht das volle Investitionsrisiko tragen -- insbesondere bei Neubauten, bei denen der tatsächliche Testbedarf erst im Betrieb klar wird. In der Praxis entscheiden sich etwa 40% unserer Mietkunden innerhalb des ersten Jahres für den Kauf.

Ein weiterer Vorteil: Geringere Kapitalbindung ermöglicht es, in höherwertige Ausstattung zu investieren -- etwa in flüssigkeitsgekühlte Systeme statt der günstigeren luftgekühlten Alternative. Die Mietzahlungen werden operativ verbucht (OPEX), was die Bilanzstruktur gegenüber einer CAPEX-Investition verbessert.

7. Über loadbanks.solutions

loadbanks.solutions ist ein spezialisierter Hersteller von Lastbanken für Rechenzentren. Unsere Fertigung in Shenzhen, China, verfügt über mehr als zehn Jahre Erfahrung im Bau kundenspezifischer Lastbanken im Leistungsbereich von 5 kW bis 1 MW. Die Konstruktion erfolgt nach IEC 60204-1, alle Produkte tragen das CE-Kennzeichen.

Unser europäisches Büro in Weinbach (Hessen) ist der direkte Ansprechpartner für Kunden in Deutschland, Österreich, der Schweiz und der gesamten EU. Von hier aus koordinieren wir technische Beratung, Projektierung, Lieferung und Vor-Ort-Service.

Unsere Kernkompetenzen:

- Kundenspezifische Entwicklung: Jede Lastbank wird nach Ihren Vorgaben gefertigt -- Leistung, Spannung, Kühlung, Schnittstellen.
- In-House Softwareentwicklung: PC-basierte Steuerungssoftware mit Lastprofilen, automatischen Testsequenzen und Datenlogging.
- CDU-Kommunikation: Modbus TCP und Redfish-Integration für realitätsnahe Tests unter Betriebsbedingungen.
- Modulare Systeme: Parallelschaltung mehrerer Einheiten für Testleistungen bis 1 MW und darüber hinaus.
- CE-zertifiziert: Alle Produkte erfüllen die EU-Richtlinien für elektrische Sicherheit und EMV.

Kontakt

loadbanks.solutions

Taunusstrasse 12, 35796 Weinbach, Deutschland

Tel: +49 162 6692688

E-Mail: info@loadbanks.solutions

Web: www.loadbanks.solutions

Anhang: Produktspezifikationen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die sechs Standard-Produktlinien von loadbanks.solutions. Alle Modelle sind kundenspezifisch anpassbar.

Produktlinie	Leistung	Kühlung	Format	Schnittstellen	Einsatzbereich
19" Air Cooled	5-50 kW	Luft (aktiv)	19" Rack, 2-4HE	Modbus TCP, RS485	Rack-Test, PDU-Prüfung
19" Liquid Cooled	10-100 kW	Flüssigkeit (CDU)	19" Rack, 3-6HE	Modbus TCP, Redfish	AI-Rack-Test, CDU-Validierung
Dual PSU	2x 5-30 kW	Luft (aktiv)	19" Rack	Modbus TCP, RS485	A/B-Pfad-Test, USV-Redundanz
Hybrid Cabinet	50-200 kW	Luft + Flüssigkeit	Standschrank	Modbus TCP, SNMP	Gemischte Umgebungen
100-500kW Liquid	100-500 kW	Flüssigkeit	Standschrank, modular	Modbus TCP, Profibus	FAT/SAT, Kraftwerkstest
Cluster Control	N/A	N/A	Software + Controller	EtherCAT, Modbus TCP	Parallelbetrieb, Multi-Site

Tabelle 4: Produktübersicht loadbanks.solutions

Glossar

ATS	Automatic Transfer Switch -- Automatische Umschalteneinrichtung
CDU	Coolant Distribution Unit -- Flüssigkeitskühlverteiler
DCIM	Data Center Infrastructure Management
FAT	Factory Acceptance Test -- Werksabnahmetest
IST	Integrated System Test -- Integrierter Systemtest
PF/THD	Power Factor / Total Harmonic Distortion
PUE	Power Usage Effectiveness -- Energieeffizienzkennzahl
SAT	Site Acceptance Test -- Vor-Ort-Abnahmetest
SLA	Service Level Agreement
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (UPS)

Tabelle 5: Glossar häufiger Abkürzungen

Dieses Whitepaper wurde von den Ingenieuren der loadbanks.solutions erstellt. Alle Angaben basieren auf internen Messdaten, Kundenprojekten und öffentlich verfügbaren Industriequellen. Stand: Juni 2026.