# Der vollständige Cybenetics Redundant Server PSU-Testprotokoll, einschließlich Energieeffizienz, Ausgangsrauschen und Gesamtleistungsberechnung von redundanten Server-AC-DC-Stromversorgungen

**Revision 1.3**

**Autoren: Aristeidis Bitziopoulos**




**Nikosia, Zypern**

November 2026

*Abgeleitet von und abgestimmt auf das Cybenetics PSU Test Protocol, Revision 3.9. Wo dieses Dokument schweigt, gilt das Desktop-Protokoll.*

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... 2
Revisionshistorie ..... 3
Einleitung und Umfang ..... 4
CRPS / M-CRPS Formfaktor-Übersicht ..... 4
Definitionen (Ergänzungen und Änderungen) ..... 5
Beziehung zum Desktop-PSU-Protokoll ..... 6
Testeinrichtung und Messbedingungen ..... 7
  Input Voltage ..... 7
  Thermal Conditions ..... 8
Effizienz-Messverfahren (ETA redundant) ..... 8
  Effizienz-Grading (ETA Redundant) ..... 8
Ausgangsgeräusch-Messungen (LAMBDA, CRPS Adaptation) ..... 9
  Unterschiede für Server-Module ..... 9
  Geräuschbewertung ..... 9
EMI-Emissionen ..... 10
Modul-Leistungs- und Schutzprüfungen ..... 10
  Standby (12 VSB) ..... 10
  Haltzeit und Zeitabstände ..... 10
  Transiente / Lastschritt-Antwort ..... 11
  Einschaltstrom ..... 12
  Schutzfunktionen ..... 12
Gesamtleistungsberechnung (Server-Modul angepasst) ..... 12
Ergebnisse nach Lastbereich (informativ) ..... 14
Gültigkeit einer Server-Zertifizierung ..... 16
Unsicherheitsschätzungen ..... 16
Referenzen ..... 17
Epilog ..... 17

# Revisionshistorie

| Version | Veröffentlichungsdatum | Anmerkungen |
|---|---|---|
| 1.0 | Juni 2026 | Erster Entwurf der spezifischen Methode für redundante Server-PSU-Module, abgeleitet vom Cybenetics PSU Test Protocol Rev 3.7. Definiert Einzelmodul-Effizienz (ETA Redundant), die Geräusch-(LAMBDA)-Anpassung für Server-Module und die eigenständige Modul-Performance- und Schutz-Testbatterie. |
| 1.1 | August 2026 | Messunsicherheiten an die aktuell gelenkten Budgets (P19) angepasst. |
| 1.2 | August 2026 | Titelseite bereinigt: Kopf- und Fußzeile werden auf Seite 1 nicht mehr angezeigt. Deutsche, traditionell-chinesische und vereinfacht-chinesische Ausgaben veröffentlicht. Der Verweis auf das übergeordnete Protokoll auf der Titelseite wurde von Revision 3.7 auf Revision 3.9 korrigiert, die veröffentlicht ist und die das Literaturverzeichnis dieses Dokuments bereits nannte. |
| 1.3 | November 2026 | Informative Ergebnisse für Wirkungsgrad und Leistungsfaktor nach Lastbereich sowie der Hochlast-Index hinzugefügt; die Geräuschbereiche folgen, sobald die Lüfterdrehzahl von Server-Modulen protokolliert wird. Neuer Abschnitt: Gültigkeit einer Server-Zertifizierung (24 Monate ab dem Zertifizierungsdatum für Zertifizierungen, die unter dieser Revision ausgestellt werden; frühere Zertifizierungen sind nicht betroffen). Messwerte, Prüfungen, Unsicherheiten und veröffentlichte Bewertungen bleiben unverändert. |

Dieses Protokoll wiederholt nicht jede Definition, Gleichung und Geräteanforderung, die bereits im Desktop-Protokoll veröffentlicht wurden. Es dokumentiert nur das, was für redundante Server-Stromversorgungen hinzugefügt, geändert oder entfernt wurde. Alle übernommenen Verfahren, Unsicherheitsbudgets und Berechnungen unterliegen weiterhin der Revision 3.7.

# Einleitung und Umfang

Neben den nicht-redundanten Stromversorgungen, die in typischen Desktop-PCs verwendet werden, bewertet Cybenetics auch redundante Stromversorgungen, die in Servern, Speichersystemen und Netzwerkgeräten installiert sind, die rund um die Uhr (24/7) arbeiten. Dieses Protokoll gilt für alle redundante Server-Stromversorgungen, die eine einzelne Hauptleiste (typischerweise 12 V) plus eine Standby-Leiste liefern oder nur eine Hauptleiste — der Common Redundant Power Supply (CRPS) und sein moderner Nachfolger, der Modular Common Redundant Power Supply (M-CRPS), sind die dominierenden standardisierten Beispiele. Wo ein Gerät keine Standby-Leiste hat, gelten die unten stehenden standbyspezifischen Punkte einfach nicht.

Cybenetics bewertet ein einzelnes Strommodul eigenständig. Das Modul wird über seinen Goldfinger (Kartenkante)-Ausgangsstecker mit einem Cybenetics-Prüfstand verbunden oder mit einem mit dem Gerät gelieferten Stecker; der Hauptrahmen wird nicht verwendet. Die Zertifizierung misst die Energieeffizienz des Moduls (ETA Redundant) und das Ausgangsrauschen (LAMBDA) und fügt eine Reihe von eigenständigen Leistungs- und Schutztests hinzu — Transient / Laststufenreaktion und angegebene Spitzenleistungsauslenkungen, Haltezeit und Zeitschaltungen, Einschaltstrom, Welligkeit und Lastregelung, Standby und Schutzfunktionen (OCP/OPP/OVP/OTP/SCP, Lüfterausfall, Überspannung/Einschaltstrom-Teile).

**Nicht im Umfang: die digitale Management-Schnittstelle (PMBus / SMBus / SPDM) wird nicht verwendet, und Multi-Modul-Funktionen — Stromteilen, ORing, Hot-Swap und Redundanzverhalten — werden nicht getestet, weil jedes Modul eigenständig bewertet wird, anstatt in einem Hauptrahmen mit anderen Modulen installiert zu werden.**

Wie beim Desktop-Protokoll ist diese Methode so verfasst, dass jedes ISO/IEC 17025:2017 zertifizierte Labor mit gleichwertigen, kalibrierten Geräten die Ergebnisse reproduzieren kann. Cybenetics, als Zertifizierungsstelle, akzeptiert Daten von geprüften Laboren, die diese Methode befolgen. Die Anforderungen an redundante PSU werden voraussichtlich weiterentwickelt, je nachdem, wie sich die Datenbank erweitert; wo ein Schwellenwert als vorläufig gekennzeichnet ist, ist es ein Ausgangspunkt, der überarbeitet werden kann.

# CRPS / M-CRPS Formfaktor-Übersicht

Die Tabelle unten fasst die Formfaktor-Eigenschaften dieser Strommodule als Hintergrundinformation zusammen. Die neuere M-CRPS-Basis-Spezifikation wird unter dem Open Compute Project (OCP) gepflegt; die ältere CRPS stammt aus den Intel/SSI-Server-Stromrichtlinien. Die als Management- oder Multi-Modul-Funktionen markierten Elemente beschreiben die Gerätekategorie, sind aber nicht Teil des Cybenetics-Testumfangs (siehe Einleitung und Umfang).

**CRPS / M-CRPS Formfaktor-Eigenschaften (Hintergrund)**

| Attribute | CRPS / M-CRPS-Eigenschaft |
|---|---|
| **Architektur** | Mainframe + 2 oder mehr Hot-Swap-Netzteilmodule; Redundanzmodi 1+1, 2+1 und N+1. Cybenetics testet ein Modul eigenständig. |

| Attribute | CRPS / M-CRPS-Eigenschaft |
|---|---|
| **Hauptausgang** | Einzelne Hochstrom-12-V-Bahn. Nebenspannungen werden durch DC-DC-Wandler auf dem Mainframe / Stromverteilerbrett erzeugt, nicht durch das Modul. |
| **Standby output** | 12 VSB auf M-CRPS (ältere CRPS können 12 V oder 5 V Standby verwenden), oder keine auf Main-Rail-only-Einheiten. |
| **Output connector** | 2x25 (50-poliger) Goldfinger-Kartensteckverbinder; hier wird das Prüfgerät angebracht. Bei älteren CRPS-Varianten werden andere Goldfinger-Pinouts verwendet. |
| **Form factor** | 1U-Klasse, nominell 73.5 mm Breite x 185 mm Tiefe (Länge variiert je nach Leistungsklasse). 2U und breitere Module existieren ebenfalls. |
| **Management (not tested)** | PMBus / SMBus / I2C-Telemetrie und FRU/EEPROM; M-CRPS kann SPDM hinzufügen. Cybenetics nutzt diese Schnittstellen nicht. |
| **Multi-module features (not tested)** | Stromteilung (ISHARE), ORing, Hot-Swap und Redundanz erfordern einen Mainframe und liegen außerhalb dieser Einzelmodul-Zertifizierung. |
| **Input variants** | AC-Eingang (100-127 / 200-240 Vac); High-Line-only High-Power-SKUs; und HVDC-Varianten auf einigen Plattformen. Zertifizierung ist nur 230 V (siehe Eingangsspannung). |
| **Cooling** | Ein oder mehrere Hochdrehzahl-Lüfter innerhalb jedes Moduls, PWM-gesteuert. Die eigene Lüfterleistung des Moduls ist in die Effizienzmessung einbezogen. |

## Definitionen (Ergänzungen und Änderungen)

Die Definitionen des Desktop-Protokolls gelten unverändert (Wechselstrom/Gleichstrom-Signal, Umgebungstemperatur, scheinbare Leistung, AWG, Effizienz, Welligkeit, echter Leistungsfaktor, Scheitelfaktor, RMS, stationärer Zustand, THD, UUT). Die folgenden Begriffe werden für redundante Server-Module ergänzt oder neu definiert:

**Mainframe (Gehäuse / Backplane / PDB) — Die Chassis-Unterbaugruppe, die die Strommodule beherbergt und die 12-V-Bus-Verteilung durchführt. Es wird hier als Hintergrundinformation beschrieben; Cybenetics testet das Modul ohne das Mainframe.**

**Strommodul (PSM) — Ein einzelnes hot-swappables redundantes Stromversorgungsmodul. Sofern nicht anders angegeben, ist das UUT in diesem Protokoll ein Strommodul, das eigenständig über seinen Goldfinger-Stecker getestet wird.**

**Redundanz (N+1 / N+N) — Eine Betriebskonfiguration, in der mehr Module vorhanden sind, als zur Tragfähigkeit der Last erforderlich sind. Als Hintergrundinformation bereitgestellt; die redundante Betriebsweise wird hier nicht getestet.**

**12 VSB (Standby-Leiste) — Die immer angeschaltete Standby-Ausgangsleiste eines Moduls, falls vorhanden. Hauptleisten-only-Module haben keine Standby-Leiste und überspringen standbyspezifische Artikel.**

**PSON# / PWOK — Fernsteuerungssignale (PSON#) und Stromversorgungsstatus (PWOK) am Modulstecker, die während der Zeitschaltung und Haltezeit-Tests verwendet werden.**

**Goldfinger (Kartenkante)-Stecker — Der 2x25 / 50-polige Kantenstecker des Moduls, der im Betrieb mit der Backplane verbunden ist; bei Tests wird er mit dem Cybenetics- oder dem mitgelieferten Prüfstand verbunden.**

## Beziehung zum Desktop-PSU-Protokoll

Die Tabelle unten ordnet jedes wichtige Element des Desktop-Protokolls (Rev 3.7) seiner Behandlung in diesem redundanten Server-PSU-Protokoll zu. „Übernommen“ bedeutet wörtliche Anwendung; „Geändert“ bedeutet Anpassung gemäß der beschriebenen Abschnitt; „Entfernt“ bedeutet nicht anwendbar; „Nicht im Umfang“ bedeutet eine Funktion des Geräts, die Cybenetics nicht testet.

**Desktop-zu-Server-Modul-Zuordnung**

| Desktop element | Status | Rationale |
|---|---|---|
| Calibrated equipment & Faganas ATE | Carried over | Selbe Instrumentenklassen und Unsicherheitsdisziplin; Modul wird über eine Goldfinger-Testhalterung angebracht. |
| Hotbox / elevated ambient | Modified | Thermoprofil auf Server-Einlassbedingungen abgestimmt. |
| >1450 load combinations, averaged efficiency | Modified | Lastmatrix vereinfacht auf eine einzige 12-V-Hauptschiene (+ 12 VSB, falls vorhanden); Bereich 2-100%. |
| 115 V / 100 V / 230 V test inputs | Modified | 230 V-only-Zertifizierungsschema; keine 115 V-Tische. Low-line/HVDC wurde nur auf Überlebensfähigkeit geprüft. |
| 5 V / 3.3 V minor-rail tests | Removed | Kleine Schienen werden von der Hauptstromversorgung DC-DC erzeugt, nicht vom Modul. |
| Vampire power (no-load standby) | Removed | Module sind für den kontinuierlichen Betrieb ausgelegt; Standby-Idle ist kein sinnvoller Modus. |
| Average 5VSB efficiency term | Removed | Standby-Last und ihr Effizienzeinfluss sind minimal im Vergleich zur Gesamtladung. |
| LAMBDA noise grading | Modified | Gleiche energie-averagende Methode; vorläufige CRPS-Rauschskala für Hochdrehzahl-Serverfans. |
| EMI (CISPR 32 / EN 55032) | Carried over | Klasse-A-Grenzwerte gelten für IT-Ausrüstung in Rechenzentren. |
| ATX v3.x peak power excursions | Replaced | Server dynamische Lastschritt plus deklarierte Spitzenleistungsstufen, nicht die ATX-Ausbruchleiter. |
| Hold-up time, PWR_OK, timings | Modified | Evaluated against server requirements. |

| Desktop element | Status | Rationale |
|---|---|---|
| Protections (OCP/OPP/OTP/SCP, fan-fail) | Modified | Single-12 V context; OVP added. |
| Overall performance algorithm | Modified | Re-weighted for 12 V (+ 12 VSB). |
| PMBus/SMBus/SPDM-Telemetrie; Stromteilen, ORing, Hot-Swap, Redundanz | Out of scope | Erfordert eine Mainframe-/Multi-Modul-Setup oder digitale Verwaltung; nicht Teil dieser Einzelmodul-Zertifizierung. |

# Testeinrichtung und Messbedingungen

Die Instrumentenklassen und Genauigkeitsanforderungen des Desktop-Protokolls (programmierbare Wechselstromquelle ≥ 4 kVA, Mehrkanal-Gleichstrom-Elektronenlasten, ≤ ±0.1 % Leistungsanalysator, ≥ 100 MHz / ≥ 1 GS/s Oszilloskop, Klasse 1 Akustik-Kette, ≤ ±0.5 °C Temperatur, Tachometer, Labormultimeter, Online-UPS und Isolationstransformator) gelten vollständig. Die folgenden Ergänzungen und Änderungen sind spezifisch für redundante Server-Module:

- **Modul-Prüfstand (Goldfinger). Das Modul wird über seinen 2x25 / 50-poligen Kartenkante-Ausgangsstecker mit einem Cybenetics-Prüfstand verbunden oder mit einem mit dem Gerät gelieferten Stecker; der Hauptrahmen wird nicht verwendet; jedes Modul wird eigenständig bewertet. Der Prüfstand führt die 12-V-Hauptleiste, 12 VSB (falls vorhanden) und die PSON#/PWOK-Signale für die Zeitschaltung und Schutztests an.**
- **Hohe Stromdichte DC-Lastkapazität. Ausgelegt für die volle 12 V Ausgangsspannung von Hochleistungs-Servermodulen (häufig 800 W-3000 W pro Modul).**
- **HVDC / 48 V Quelle (falls zutreffend). Eine Gleichstromquelle für Module mit 240/336 Vdc- oder 48 Vdc-Eingang, zusätzlich zur Wechselstromquelle.**
- **Lüfterleistung. Der eigene Stromverbrauch des Moduls für den Lüfter ist in die Effizienzmessung einbezogen (die Lüfter sind Teil des Moduls). Es gibt keinen Hauptgehäuselüfter im Test, da das Modul ohne das Hauptgehäuse getestet wird.**
- **Nicht verwendet. Es sind keine PMBus-/SMBus-/SPDM-Hostadapter und keine Mainframe-/Multi-Module-Vorrichtung erforderlich, da Telemetrie und Multi-Modul-Verhalten außerhalb des Umfangs liegen.**

## Input Voltage

Das redundant Server-PSU-Programm ist ein 230 V-only-Schema: alle Effizienz- und Geräuschzertifizierungsmaßnahmen werden bei 230 V Eingang durchgeführt, konsistent mit ETA (Redundant). Es gibt keine 115 V-Zertifizierungstabellen (im Gegensatz zum Desktop-ETA-Programm, das bei 115 V und 230 V zertifiziert). Funktionsstart und Überleben am unteren Ende des AC-Bereichs eines SKU, sowie bei jedem bewerteten HVDC-Eingang, werden weiterhin als Schutz-/Ride-Through-Checks durchgeführt, erzeugen jedoch keine Zertifizierungsstufe. Die Etikettenbewertung bestimmt die maximale Wattzahl; zusätzlich überprüfen wir das Verhalten bei 110 % Last und wenden erhöhte Umgebungsspannung wie unten an.

### Thermal Conditions

Die Tests begin bei etwa 30 °C mit dem Modul in einer Heizkammer, die eine Server-Einlassumgebung simuliert; die Kammer wird bis zum oberen Ende des betriebsmäßigen Temperaturbereichs des Moduls getrieben, sodass das Lüfterverhalten, die Effizienz unter Wärme und die Schutzfunktionen unter realistischem Data-Center-Stress charakterisiert werden, anstatt bei einer unrealistisch niedrigen Umgebungstemperatur. Jeder Lastpunkt wird mehrere Minuten gehalten, und alle Messwerte werden von Faganas (der C#-Datenerfassungsschicht) als Endresultat gemittelt, genau wie im Desktop-Protokoll.

## Effizienz-Messverfahren (ETA redundant)

Wir wenden mindestens 1450 verschiedene Lastkombinationen auf das Modul an, die den Bereich von 2 % bis 100 % seines Betriebsbereichs abdecken. Da ein Servermodul eine einzelne 12 V-Hauptschiene plus (falls vorhanden) die 12 VSB-Standby-Schiene freigibt, ist die Lastmatrix deutlich einfacher als der dreirail-Desktop-Test: Die 12 V-Schiene wird über ihren gesamten Bereich abgestuft, während jede Standby-Last auf einem festen, repräsentativen Wert gehalten wird. Die Gesamtwirkungsgrad- und Leistungsfaktor-Ergebnisse sind das arithmetische Mittel aller Messpunkte, was (mit Interpolation) zu Zehntausenden effektiver Punkte über den gesamten Betriebsbereich führt. Das Durchschnittnehmen des gesamten Bereichs macht es unmöglich, eine Einheit auf eine Handvoll fester Lastniveaus abzustimmen.

Konsistent mit ETA (Redundant) misst Cybenetics keine Vampire Power und schließt keine durchschnittliche Standby-Effizienz für diese Module ein: die Standby-Last ist im Verhältnis zur Gesamtlast vernachlässigbar. Alle Standby-Schienen werden weiterhin protokolliert und berichtet, und große Anomalien werden markiert.

### Effizienz-Grading (ETA Redundant)

Die Zertifizierung verwendet die unten angegebenen Effizienz- und Leistungsfaktor-Grenzwerte bei 230 V. Wenn eine Einheit einen Grenzwert knapp verfehlt (innerhalb von 0.1 %), können wir eine zweite und, falls erforderlich, eine dritte Probe anfordern, gemäß der Standard-Überprüfungsvorschrift; eine Differenz von ≤ 0.05 % zum oberen Grenzwert wird auf die höhere Klasse gerundet. Wenn eine Einheit die Leistungsfaktor-Anforderung nicht erfüllt, fällt sie in die Klasse, deren PF-Anforderung sie erfüllt, unabhängig von der Effizienz.

**ETA (Redundant) Effizienz-Level — 230 V Input**

| Efficiency level (230 V) | Overall efficiency | Leistungsfaktor |
|---|---|---|
| **DIAMOND** | ≥ 95% | ≥ 0.950 |
| **TITANIUM** | ≥ 93% & < 95% | ≥ 0.940 |
| **PLATINUM** | ≥ 91% & < 93% | ≥ 0.930 |
| **GOLD** | ≥ 88% & < 91% | ≥ 0.920 |
| **SILVER** | ≥ 85% & < 88% | ≥ 0.910 |
| **BRONZE** | ≥ 82% & < 85% | ≥ 0.900 |

# Ausgangsgeräusch-Messungen (LAMBDA, CRPS Adaptation)

Die LAMBDA-Messmethode wird beibehalten: wir ordnen den Lüfterdrehzahl-Bereich des Moduls Geräusch zu. Mit dem Modul auf dem Halterung installiert, protokollieren wir den Lüfterdrehzahl-(RPM)-Bereich über die Lastmatrix, während wir es mit einem Tachometer überwachen; anschließend nehmen wir im halb-anechoischen Raum dB(A)-Messungen in kleinen RPM-Intervallen (z. B. pro 50 RPM) vor, wobei das Modul ausgeschaltet und der Lüfter durch eine externe Versorgung angetrieben wird, um elektronisches Lastgeräusch zu eliminieren. Faganas weist jedem protokollierten Lüfterdrehzahl eine dB(A)-Wert zu und mittelt das Ergebnis energetisch.

Energetische Mittelung bleibt unverändert: da dB logarithmisch ist, wird jeder A-gewichtete Pegel in linearen Schalldruck umgerechnet, gemittelt und wieder in dB(A) umgerechnet, gemäß ISO 7779 und ECMA-74. Die Hintergrundgeräusch-(K1)-Korrektur wird wie im Desktop-Protokoll angewendet.

## Unterschiede für Server-Module

- **Mikrofonposition. Es wird ein einzelnes festes Mikrofon verwendet, identisch mit der Desktop-Methode: eine Beobachterposition bei 1 m horizontaler Entfernung, 1.5 m Höhe, ~30° Einfallswinkel, gemäß ISO 7779 / ECMA-74 und ISO 11201. Die Kammergeometrie und die Hintergrundgeräusch-Korrektur bleiben unverändert im Vergleich zum Desktop-Protokoll.**
- **Betriebspunkt. Die Server-Lüftergeschwindigkeit wird gemeinsam von Last und Eintrittstemperatur gesteuert. Geräusch wird daher mit dem angegebenen Last-/Thermobetriebspunkt berichtet, und das Mittelwert spiegelt den realistischen Lüfterdrehzahl-Bereich wider, der über die Lastmatrix bei der definierten Umgebung beobachtet wurde.**
- **Spulenknistern. Rauschprüfung (> 6-6.5 dB(A)) wird gemäß dem Desktop-Protokoll mit einem passiv gekühlten Lasttester durchgeführt.**

## Geräuschbewertung

Die Desktop-LAMBDA-Skala (A++ < 15 dB(A) … Standard 40-45 dB(A)) ist unrealistisch für Hochdrehzahl-1U-Serverfans, die sie regelmäßig übertreffen. Zwei Referenzskalen sind unten dargestellt: die etablierte Desktop-Skala (für Kontext) und eine vorläufige Server-Skala, die um ~20 dB verschoben ist. Die Server-Skala ist nur ein Ausgangspunkt und wird mit wachsendem Datenbestand finalisiert, in Übereinstimmung mit der ETA (Redundant)-Philosophie der sich entwickelnden Anforderungen.

**LAMBDA-Geräuschniveaus (vorläufige Server-Skala)**

| Grade | Desktop LAMBDA (reference) | Proposed server scale (provisional) |
|---|---|---|
| **A++** | < 15 dB(A) | < 35 dB(A) |
| **A+** | 15 - < 20 dB(A) | 35 - < 40 dB(A) |
| **A** | 20 - < 25 dB(A) | 40 - < 45 dB(A) |
| **A-** | 25 - < 30 dB(A) | 45 - < 50 dB(A) |
| **Standard++** | 30 - < 35 dB(A) | 50 - < 55 dB(A) |
| **Standard+** | 35 - < 40 dB(A) | 55 - < 60 dB(A) |
| **Standard** | 40 - < 45 dB(A) | ≥ 60 dB(A) |

# EMI-Emissionen

Durchgeleitete und abgestrahlte EMI werden gemäß CISPR 32 / EN 55032 mit den Geräten und dem Pass/Fail-Verfahren des Desktop-Protokolls bewertet (Spitzen-Detektor zuerst; bei Bedarf quasi-peak und Durchschnitt; getrennte Phase- und Neutralleiter-Läufe für durchgeleitete EMI). Server-Module sind Data-Center-IT-Ausrüstung und werden gegen die Klasse-A-Grenzwerte bewertet; die ATX 4 dB-Marge gilt nicht, daher wird das Gerät direkt den CISPR 32 / EN 55032-Grenzwerten unterzogen. Durchgeleitete Grenzwerte (Klasse A): 79/66 dBµV (QP/Avg) für 0.15-0.50 MHz und 73/60 dBµV für 0.50-30 MHz.

# Modul-Leistungs- und Schutzprüfungen

Abgesehen von Effizienz und Geräusch wird das eigenständige Modul hinsichtlich derselben Leistungs- und Schutzaspekte wie eine Desktop-PSU charakterisiert, angepasst an die Single-12-V-Topologie. Alle Tests werden allein am Modul über den Testhalter durchgeführt.

## Standby (12 VSB)

Wo das Modul eine Standby-Leitung hat, wird 12 VSB für die Regelung und Welligkeit über seinen Lastbereich und während der Hauptleiter-Ein-/Ausschalt-Übergänge charakterisiert und für Information und Regelkonformität berichtet. Hauptleiter-only-Module überspringen diesen Test.

## Haltzeit und Zeitabstände

Haltzeit ist das Zeitintervall, in dem das Modul die 12 V Schiene im Regelbereich hält, nachdem die Wechselspannung verloren ging bei voller Last. Die M-CRPS-Anforderung beträgt ≥ 11 ms Haltzeit bei voller Last (ältere CRPS-Einheiten spezifizieren häufig ≥ 10 ms), gemessen bei Nennspannung. PWOK muss de-assert vor der 12 V Schiene die Regelung verlässt (ein „falsches“ Power-Good wird bestraft, wie im Desktop-Algorithmus). PSON#-Ein-/Ausschaltzeit und PWOK-Assertion-Verzögerungen werden bei leiser und voller Last gemessen, und die Ausgangsrisezeit muss innerhalb des 10-70 ms-Fensters liegen. Diese Passkriterien folgen der OCP M-CRPS-Basis-Spezifikation und der SKU-Design-Spezifikation; die Berichterstattung folgt der Desktop-Konvention.

**Wichtige CRPS / M-CRPS-Zeit- und elektrische Anforderungen (typisch)**

| Timing / parameter | CRPS / M-CRPS requirement (typical) |
|---|---|
| **Hold-up time (12 V, full load)** | ≥ 11 ms (M-CRPS); ≥ 10 ms bei älteren CRPS-Systemen |
| **PWOK de-assert vs. regulation** | PWOK muss ≥ 1 ms vor dem Verlassen der 12 V-Regelung abfallen |
| **Output rise time (12 V & 12 VSB)** | 10 - 70 ms |
| **AC-on delay / PWOK rising** | ≤ 3 s AC-on / ≤ 50 ms rising (SKU-dependent) |
| **12 V / 12 VSB regulation (static & dynamic)** | ±5% total output regulation window |
| **Output ripple & noise** | ≤ 1% of nominal (≈ ≤ 120 mV on 12 V) |
| **Inrush current** | < 35 A peak cold start (< 55 A warm start on some SKUs) |
| **OCP (12 V)** | Staged latch-off, z. B. 125 % / 135 % des Nennstroms |
| **OVP (12 V & 12 VSB)** | < 15 V (latch-off on 12 V; hiccup on 12 VSB) |

*Werte gemäß der OCP M-CRPS-Basis-Spezifikation und repräsentativen konformen Datenblättern; der genaue Wert für eine gegebene Einheit folgt ihrer Design-Spezifikation.*

## Transiente / Lastschritt-Antwort

Transientes Verhalten wird auf zwei ergänzende Weisen bewertet - ein dynamischer Lastschritt (Slew)-Test und die vom Gerät deklarierten Spitzenleistungsauslenkungen. Es gibt eine Server-Richtlinie für beide: Die OCP M-CRPS-Basis-Spezifikation behandelt sie unter Dynamischer Belastung und Spitzenlastschutz. Sie ist anders strukturiert als die ATX v3.1-Leistungsauslenkungsleiter, aber sie existiert.

**Dynamischer Lastschritt. Eine Lastschritt von 50 % der maximalen Ausgangsleistung wird auf die 12 V Schiene mit einer Slew-Rate von 0.5 A/µs und der angegebenen Ausgangskapazität angewendet; die Schiene muss innerhalb von ±5 % bleiben mit Über- und Unterschwingung ≤ 5 % und sauberer Wiederherstellung. Jede Standby-Schiene wird mit ihrem eigenen kleineren Schritt getestet. Im Gegensatz zu ATX gewährt CRPS kein entspanntes Transientenfenster (ATX erlaubt -8 % bei PCIe / -7 % sonstwo); das gleiche ±5 % gilt sowohl statisch als auch dynamisch.**

**Spitzenleistungsauslenkungen. Server-Module deklarieren Spitzenausgangsstufen in ihrer Lasttabelle, und wir testen dagegen. Typischerweise gibt es zwei Stufen über der kontinuierlichen Bewertung: einen kurzen Spitzenwert von etwa 10 ms und einen nachhaltigen Spitzenwert von etwa 20 Sekunden, der letztere durch den Temperatursensor begrenzt. Wir bestätigen, dass die 12 V Schiene die Regelung durch jede deklarierte Auslenkung hält, dass kein falscher Schutztrip auftritt, und dass die Wiederherstellung sauber ist. Dies ist das Server-Äquivalent zu den ATX v3.x-Leistungsauslenkungen - aber während ATX v3.1 eine feste Prozent-/Duty-Leiter vorschreibt (110/120/160/180/200 % bei 100 µs bis 100 ms, gerichtet auf GPU-Spitzen über den 12V-2x6-Stecker), werden CRPS-Spitzenmagnituden und -Dauern pro SKU deklariert und durch thermischen Schutz begrenzt, da das Modul eine Backplane versorgt, wo nachgeschaltete DC-DC-Wandler und Bulk-Kapazität die CPU/GPU-Spitzen puffern.**

**CRPS-Ausgangs-Laststufen (Größen pro SKU; Beispiele aus einer 2.6 kW / ~210 A-Einheit)**

| Tier | Magnitude (12 V main) | Duration | Anmerkungen |
|---|---|---|---|
| Continuous (Pmax) | Rated current (e.g., ~211 A) | Indefinite | Nennkontinuierliche Ausgangsleistung bei der zertifizierten Umgebungstemperatur. |
| Sustained peak (CLST) | Rated + ~6 A (example) | ≥ 20 s | Thermisch begrenzt; muss ≥ 20 s bei maximaler Betriebstemperatur gehalten werden. |
| Short peak (Pmax app) | Rated + ~30 A (example) | ≈ 10 ms | Momentane Auslenkung; der Schienenverlauf bleibt im Regelfall, kein Schutzauslösung. |
| Dynamic step | 50% of max @ 0.5 A/µs | Transient | Slew-Test; Ausgang innerhalb ±5 %, Über- oder Unterschwingen ≤ 5 %. |

*CRPS drückt die Spitzenkapazität als den Nennstrom plus einen festen Adder aus, nicht als Prozentsatz: Bei der repräsentativen 2.6 kW / ~210 A-Einheit oben betragen +6 A für ~20 s und +30 A für ~10 ms nur wenige Prozent nachhaltig*

*und etwa 10-15 % für den kurzen Impuls - weit unterhalb der ATX v3.1-Leiter. Genauere Adder und Dauern stammen aus der Lasttabelle jeder Einheit; die ATX 12VHPWR / 12V-2x6-Auslenkungstabelle wird nicht angewendet.*

### Einschaltstrom

Spitzen Einschaltstrom beim kalten Start wird bei Hochspannung (und bei Niederspannung, falls unterstützt), bei dem ungünstigsten Wechselstrom-Phasenwinkel erfasst und muss innerhalb der Modul-Bemessung bleiben — typisch < 35 A Spitzenkaltstart, mit auch aufgezeichnetem Einschaltstrom beim Warmstart (kompatible Einheiten spezifizieren < 55 A). Verhalten mit dem Bypass-Relais / NTC-Schema wird notiert.

### Schutzfunktionen

Schutzfunktionen werden im Kontext des Einzel-12 V-Netzwerks bewertet. Folgendes wird überprüft, und Bonuspunkte werden in die Leistungsberechnung einbezogen:

- **OCP / OPP auf der 12 V-Bahn — Server-Einheiten stufen OCP häufig als Verriegelung bei etwa 125% (OCP1) und 135% (OCP2) des Nennstroms; der Auslösepunkt muss hoch genug sein, um echte Spitzen zu überstehen, aber niedrig genug, um das Modul bei erhöhter Temperatur zu schützen.**
- **OVP / UVP auf 12 V (und 12 VSB) — OVP typisch < 15 V (Verriegelung bei 12 V; Hiccup bei 12 VSB); muss die Last innerhalb des Spezifikationsfensters schützen.**
- **OTP — schaltet das Modul ab, bevor die Sekundärseite eine sichere Temperatur überschreitet (provisorisch: < 190 °C Sekundär), kritisch für 24/7-Betrieb.**
- **SCP — ein Kurzschluss am 12 V-Ausgang schaltet das Modul ab und es erholt sich sauber nach wiederholten/prolongierten Kurzschluss-Tests; jede Standby-Bahn erholt sich bei Kurzschlussentfernung.**
- **Lüfterausfall-Schutz — wenn der Modullüfter stoppt, muss das Modul sich selbst schützen (Drosselung / Reduzierung / Abschaltung) bevor seine internen Komponenten beschädigt werden.**
- **Überspannungs- / Einschaltstrom-Teile (MOV/TVS, NTC + Bypass-Relais) — vorhanden und effektiv.**

AC-Eingang: Das Modul muss bei vollem Last am unteren Ende seines Nenn-Eingangsbereichs starten und laufen und muss (normal wiederherstellen) eine kurze Auslenkung unterhalb dieses Bereichs überstehen, gemäß der Desktop-Methode, angepasst an den Nennbereich des SKU. Diese Niederspannungs/HVDC-Prüfungen sind nur funktional/Überlebensprüfung und werden nicht bewertet, da das Zertifizierungsschema nur 230 V ist.

## Gesamtleistungsberechnung (Server-Modul angepasst)

Der Desktop-Leistungsalgorithmus wird für die Einzel-Hauptrail-Topologie neu gewichtet. Begriffe, die an abwesende Rails oder nicht anwendbare Modi gebunden sind, werden entfernt. Wie beim Desktop-Algorithmus beginnen wir mit einer perfekten Punktzahl von 100, ziehen gewichtete Strafen ab und fügen die Kapazitätsnormalisierung und den Timing-/Schutzbonus hinzu. Die angezeigten Gewichtungen sind vorläufig und werden an die Datenbank angepasst.

**Strafterme (abgezogen):**

**Eq1 = 1.2 x V.Reg(+12V) + 0.4 x V.Reg(+12VSB)**

*Lastregelung — geringe-Rail-Begriffe entfernt; der 12 V Rail dominiert.*

**Eq2 = 0.10 x Ripple(+12V) + 0.04 x Ripple(+12VSB)**

*Ripple-Unterdrückung — aus dem 100%-Lasttest.*

**Eq3 = 2 x Max.Dev(+12V, load-step) + 0.3 x Max.Dev(+12VSB)**

*Transiente Reaktion — Server-Lastschritt.*

**Eq4 = 1.25 x (Überschwingung(+12V) + Überschwingung(+12VSB))**

*Anlauftransiente Spannungsüberschwingungen.*

**Eq5 = 0.8 x (100 - Durchschnitt_Effizienz)**

*Durchschnittseffizienz — ETA redundante Durchschnitt.*

**Eq6 = 0.03 x (100 - Effizienz_beim_2%_Last)**

*Effizienz bei 2% Last.*

**Eq7 = 6 x (1 - Durchschnitt_PF)**

*Durchschnittlicher Leistungsfaktor.*

**Eq8 = 0.15 x (erforderliche_Holdup - Holdup_ms)**

*Haltzeit — erforderliche_Holdup = 11 ms (M-CRPS); 10 ms üblich bei älteren CRPS.*

**Eq9 = 0.15 x (PWOK_holdup - (Holdup - 1))**

*Power-OK-Signal — bestraft ein Power-Good, das die Regelung überdauert.*

**Entfernt im Vergleich zu Desktop: der durchschnittliche 5VSB-Effizienz-Term und der Standby/Vampire-Power-Term werden gestrichen, und die +5 V / +3.3 V-Beiträge verschwinden, da diese Schienen nicht auf dem Modul vorhanden sind.**

**Kapazitätsnormalisierung (hinzugefügt):**

**Eq10 = 0.4 x (Rated_Module_Watts / 100)**

*Kapazität — normalisiert den Regelungs-/Ripple-Vorteil kleiner Einheiten gemäß der Desktop-Methode.*

**Bonussen (hinzugefügt): Schutzbonussen folgen dem Desktop-Schema, angepasst an den Single-12-V-Kontext.**

- 0.25 — 12 V OCP / total OPP innerhalb des Server-Margins angeordnet (provisorisch: Latch-off bei ≤ 135 % des Nennwerts).
- 0.25 — OTP, der das Modul bei < 190 °C sekundär abschaltet.
- 0.25 — SCP auf 12 V (und jeder Standby-Schiene) mit sauberer Wiederherstellung nach wiederholten Kurzschluss-Tests.
- 0.25 — MOV/TVS Überspannungsschutz vorhanden und wirksam.
- 0.25 — NTC-Thermistor + Bypass-Relais Einschaltstromschutz.

- 0.25 — Lüfterausfall-Schutz (Modul schützt sich selbst, wenn der Lüfter stoppt).

**Endgültige Bewertung:**

**Eq11 = 100 - (Eq1 + ... + Eq9) + Eq10 + Timing_Bonus + Protection_Bonus**

Das Ergebnis ist die Gesamtleistungsbewertung der Einheit. Wie beim Desktop-Algorithmus, da alle zugrundeliegenden Daten gespeichert bleiben, können alle Änderungen an den Gewichtungen über die gesamte Datenbank hinweg erneut angewendet werden, um historische Vergleiche konsistent zu halten.

## Ergebnisse nach Lastbereich (informativ)

Neben dem durchschnittlichen Wirkungsgrad und dem durchschnittlichen Leistungsfaktor der ETA (Redundant)-Bewertung berechnen wir beide Ergebnisse für fünf Lastbereiche sowie einen Hochlast-Index (High-Load Index). Sie sind informativ: Sie sind nicht Teil der ETA (Redundant)- oder LAMBDA-Bewertung, sie ändern keine Einstufung, und sie werden nicht für die Zertifizierung verwendet. Sie beschreiben ein Verhalten, das ein einzelner Mittelwert verbirgt.

**Was die Ergebnisse sind.** Wir teilen die Nennleistung des Moduls in fünf Lastbereiche von je 20% auf. Da der Wirkungsgrad-Mittelwert dieses Protokolls 2% bis 100% des Betriebsbereichs abdeckt, beginnt der niedrigste Bereich bei 2%: 2-<20%, 20-<40%, 40-<60%, 60-<80% und 80-100%. Jeder Messpunkt bei 80% oder mehr gehört zum letzten Bereich, der auch die wenigen Messpunkte umfasst, deren gemessene Ausgangsleistung geringfügig über der Nennleistung liegt. Die Last eines Messpunkts ist seine gesamte DC-Ausgangsleistung als Anteil der Nennleistung des Moduls. Für jeden Bereich berichten wir bei 230 V, der einzigen Eingangsspannung dieses Schemas, die Anzahl der Messpunkte, den durchschnittlichen Wirkungsgrad und den durchschnittlichen Leistungsfaktor. Der Hochlast-Index gibt dieselben Werte für alle Messpunkte bei 70% oder mehr der Nennleistung an.

Der Geräuschpegel jedes Bereichs, der lauteste Messpunkt, der Anteil der Messpunkte mit stehendem Lüfter und der Hochlast-Geräuschindex benötigen die Lüfterdrehzahl an jedem Messpunkt des Sweeps. Sie folgen, sobald die Lüfterdrehzahl von Server-Modulen an jedem Messpunkt des Sweeps erfasst wird; bis dahin wird der Geräuschpegel eines Moduls als noch nicht gemessen angezeigt.

**Wie wir sie berechnen.** Die Bereiche verwenden die Daten, aus denen die ETA (Redundant)-Mittelwerte gebildet werden: die gemessenen Lastkombinationen des Zertifizierungs-Sweeps, mindestens 1450 davon, wobei Test 0, die Nulllastzeile, ausgeschlossen ist. Die interpolierten Daten, die wir nur zum Zeichnen der Diagramme verwenden, werden nie verwendet. Der Wirkungsgrad und der Leistungsfaktor eines Bereichs sind der einfache arithmetische Mittelwert seiner Messpunkte, wie bei den Mittelwerten des gesamten Sweeps. Sobald die Geräuschbereiche verfügbar sind, wird der Geräuschpegel eines Bereichs der energetische Mittelwert seiner Messpunkte sein, 10*log10(mean(10^(L/10))), wobei L der A-bewertete Pegel jedes Messpunkts ist, wie bei LAMBDA; er wird nie ein arithmetischer Mittelwert von dB(A)-Werten sein.

Jeder Messpunkt des Sweeps bei 2% der Nennleistung oder darüber gehört zu genau einem Bereich. Der Sweep des Beispielmoduls beginnt bei 3 W, was 0.15% seiner Nennleistung entspricht, und seine 24 Messpunkte unter 2% gehören zu keinem Bereich. Im Bericht des Beispielmoduls sind die veröffentlichten Mittelwerte die seines gesamten Sweeps und schließen diese Messpunkte ein, sodass die Mittelwerte der fünf Bereiche zusammen geringfügig von den veröffentlichten abweichen (Tabelle 1). Dieser Abschnitt

ändert weder die veröffentlichten Mittelwerte noch den Bereich des Ablaufs der Wirkungsgradmessungen.

**Warum sie wichtig sind.** Der Mittelwert verbirgt den Betriebspunkt. Abbildung 1 und Tabelle 1 zeigen ein reales Modul mit 2000 W, das wir Beispielmodul nennen, bei 230 V. Der durchschnittliche Wirkungsgrad über seinen gesamten Sweep beträgt 93.337%, aber seine Bereiche reichen von 91.73% im niedrigsten Bereich bis 95.27% im Bereich 20-<40% und 92.32% im höchsten Bereich: 3.5 Prozentpunkte zwischen dem besten und dem schlechtesten Bereich. Der Wirkungsgrad ist nicht konstant, und auch der Leistungsfaktor ändert sich mit der Last, von 0.970 im niedrigsten Bereich bis 1.000 im höchsten. Der veröffentlichte Mittelwert gewichtet jeden Messpunkt gleich, sodass jeder Bereich im Verhältnis zur Anzahl seiner Messpunkte beiträgt, hier zwischen 292 und 326. Ein Modul, das in einem Teil seines Bereichs betrieben wird, wird durch die Bereiche, die diesen Teil abdecken, besser beschrieben als durch den Mittelwert des gesamten Bereichs. Der Hochlast-Index, 92.68% Wirkungsgrad und ein Leistungsfaktor von 1.000 über 488 Messpunkte, beschreibt den oberen Teil des Bereichs.

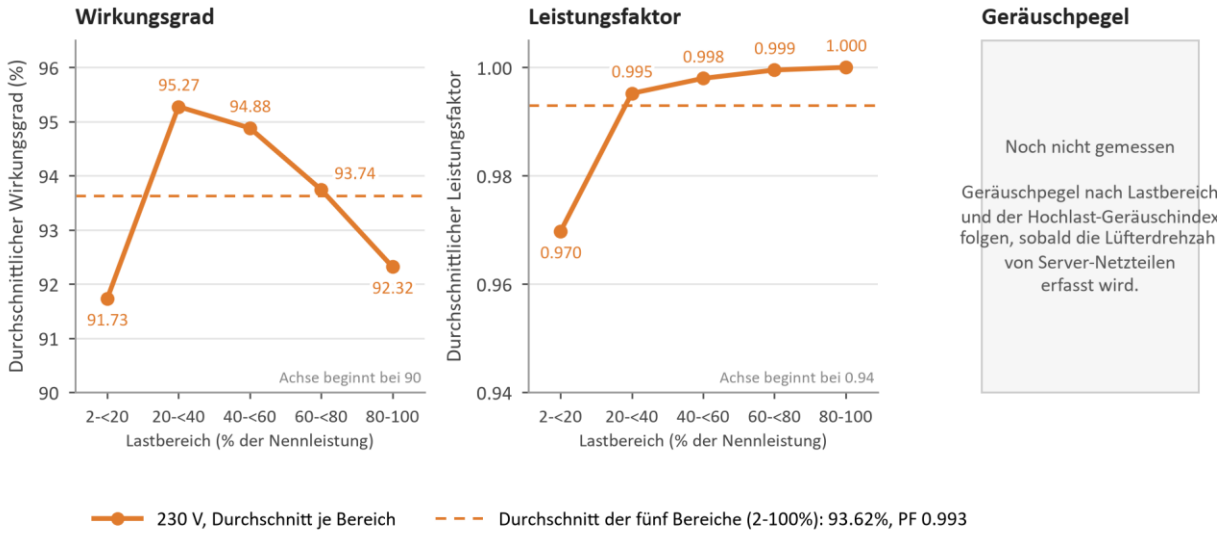



*Abbildung 1 – Wirkungsgrad und Leistungsfaktor nach Lastbereich des Beispielmoduls (2000 W, 230 V); die Geräuschbereiche sind noch nicht gemessen.*

**Tabelle 1. Ergebnisse nach Lastbereich des Beispielmoduls (2000 W, 230 V)**

| Lastbereich | Punkte | Wirkungsgrad | Leistungsfaktor | Geräuschpegel |
|---|---|---|---|---|
| 2-<20% | 292 | 91.73% | 0.970 | noch nicht gemessen |
| 20-<40% | 325 | 95.27% | 0.995 | noch nicht gemessen |
| 40-<60% | 324 | 94.88% | 0.998 | noch nicht gemessen |
| 60-<80% | 325 | 93.74% | 0.999 | noch nicht gemessen |
| 80-100% | 326 | 92.32% | 1.000 | noch nicht gemessen |
| **70-100% (Hochlast-Index)** | 488 | 92.68% | 1.000 | noch nicht gemessen |
| **2-100% (die fünf Bereiche zusammen)** | 1592 | 93.62% | 0.993 | noch nicht gemessen |
| **Gesamter Sweep (veröffentlichte Mittelwerte)** | 1616 | 93.337% | 0.987 | noch nicht gemessen |

*Der gesamte Sweep: die veröffentlichten Mittelwerte, mit der Präzision der veröffentlichten Werte.*

**Wie man die Ergebnisse liest.** Lesen Sie die Zeile, die der Last entspricht, bei der das Modul verwendet wird, und nicht den Mittelwert. In Tabelle 1 zeigt der Bereich 80-100% einen Wirkungsgrad von 92.32% und einen Leistungsfaktor von 1.000, der Bereich 2-<20% zeigt 91.73% und 0.970. Die Zeile 2-100% ist der Mittelwert der fünf Bereiche zusammen; die letzte Zeile ist der veröffentlichte Mittelwert des Beispielmoduls, der der Mittelwert seines gesamten Sweeps ist. Wenn zwei Module verglichen werden, vergleichen Sie dieselbe Zeile.

**Grenzen.** Diese Ergebnisse beschreiben das Muster, das wir geprüft haben, bei 230 V. Sie sind informativ: Sie sind nicht Teil der ETA (Redundant)- oder LAMBDA-Bewertung, der Gesamtleistungsbewertung oder einer anderen Einstufung, und keine Zertifizierungsentscheidung stützt sich auf sie. Solange die Lüfterdrehzahl von Server-Modulen nicht protokolliert wird, wird kein Geräuschergebnis für einen Bereich angegeben.

## Gültigkeit einer Server-Zertifizierung

Eine Cybenetics-Zertifizierung eines redundanten Server-Netzteils, die unter dieser Revision des Protokolls ausgestellt wird, ist 24 Monate ab dem Zertifizierungsdatum, das dem Datum des Berichts entspricht, gültig und läuft am Ende dieses Zeitraums ab. Eine Zertifizierung wird nicht verlängert: Sie kann nur durch eine vollständige erneute Prüfung eines neuen Produktionsmusters des Netzteils unter dem Protokoll, das zum Zeitpunkt der erneuten Prüfung in Kraft ist, erneuert werden. Zertifizierungen von redundanten Server-Netzteilen, die vor dieser Revision ausgestellt wurden, sind von ihr nicht betroffen und behalten ihren aktuellen Status. Die Zertifizierungen von Desktop-Netzteilen, die dem Cybenetics PSU Test Protocol unterliegen, laufen nicht ab. Cybenetics kann den Gültigkeitszeitraum für neue Zertifizierungen durch Veröffentlichung einer Revision dieses Protokolls ändern.

## Unsicherheitsschätzungen

Die erweiterten Unsicherheiten, die im Desktop-Protokoll festgelegt wurden (k = 2, ≈ 95% Vertrauensbereich, gemäß JCGM 100:2008 / GUM), werden übertragen, da die gleiche kalibrierte Messkette verwendet wird:

**Übertragene Messunsicherheiten**

| Measurement | Expanded uncertainty (k = 2) |
|---|---|
| Wirkungsgrad | ±0.18% |
| Output noise | ±1.23 dB |
| Conducted EMI | ±2.35 dB |

# Referenzen


[1] Cybenetics PSU Testprotokoll, Revision 3.9, August 2026 (Eltern-Dokument).

[2] Cybenetics ETA (Redundant) Effizienzanforderungen — cybenetics.com.

[3] Cybenetics LAMBDA (PSUs) Geräuschanforderungen — cybenetics.com.

[4] Open Compute Project, Modular Common Redundant Power Supply (M-CRPS) Grundspezifikation.

[5] Intel / SSI Server System Infrastructure, Richtlinien für das Stromversorgungsdesign (CRPS).

[6] ISO 7779:2018 — Akustik: Messung des Luftschalls, der von IT- und Telekommunikationsgeräten emittiert wird.

[7] ISO 11201:2010 — Akustik: Bestimmung der emittierten Schalldruckpegel in einem im Wesentlichen freien Feld.

[8] ECMA-74 — Messung des Luftschalls, der von IT- und Telekommunikationsgeräten emittiert wird.

[9] CISPR 32 / EN 55032 — Elektromagnetische Verträglichkeit von Multimedia-Ausrüstung: Emissionsanforderungen.

[10] ISO/IEC 17025:2017 — Allgemeine Anforderungen für die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.

[11] JCGM 100:2008 (GUM) — Bewertung von Messdaten: Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit bei Messungen.

[12] IEC 62301 / EN 50564 — Messung des Standby-Stromverbrauchs (als Referenz für die Standby-Methode).


# Epilog

Dieses Protokoll erweitert die Cybenetics-Methode auf redundante Server-PSU-Module, indem alles, was noch aus dem Desktop-Protokoll anwendbar ist, wiederverwendet wird, und das, was nicht anwendbar ist, angepasst oder ersetzt wird. Jedes Modul wird eigenständig über seinen Goldfinger-Stecker ohne das Mainframe getestet: die Single-12-V-Topologie, das 230 V-only-Schema und die Entfernung von Vampir-Strom und Nebenbahnen treiben die Änderungen in Effizienz und Leistung, während eine serverangemessene Geräuschbehandlung und eine eigenständige Schutz-/Transient-Batterie die Methode vervollständigen. Digitale Verwaltung (PMBus/SMBus/SPDM) und Multi-Modul-Funktionen (Stromteilen, ORing, Hot-Swap, Redundanz) sind bewusst außerhalb des Umfangs. Provisionale Schwellenwerte — insbesondere die Server-Geräuschskala und die Bonus-Gewichtungen — sind als solche gekennzeichnet und werden mit dem Wachstum der Datenbank finalisiert, genau wie das ETA (Redundant) Programm vorgesehen ist.