

# Wechselrichter unabhängig und umfassend prüfen

---

SL1042A    SL1044A

Der Wechselrichter ist für zahlreiche Anwendungen eine unverzichtbare Komponente, um elektrische Spannung bidirektional umzuwandeln. Ein Beispiel ist die Umwandlung von Gleichspannung aus einer Batterie in die Wechselspannung für eine E-Maschine. Ein Wechselrichter ist auch nötig, um die Wechselspannung des Stromnetzes in Gleichspannung für elektrische Verbraucher unterschiedlichster Art zu wandeln. Mit dieser Funktionalität ist der Wechselrichter für die Elektromobilität und zahlreiche industrielle Anwendungen eine wesentliche Komponente.

Gerade im Bereich Automotive sind die Anforderungen an die Qualität, Langlebigkeit und Sicherheit sehr hoch. Um diese zu garantieren, unterliegen alle Komponenten von der Entwicklung bis zur Produktion hohen Testanforderungen. Je früher bereits während der Entwicklung getestet werden kann, um so effizienter können die nächsten Schritte in der Entwicklung vorangetrieben werden. Umfassende Testszenarien und unabhängige Tests einer Komponente ermöglichen es, Entwicklungsaufwände zu reduzieren und die Innovationen schneller zu realisieren.



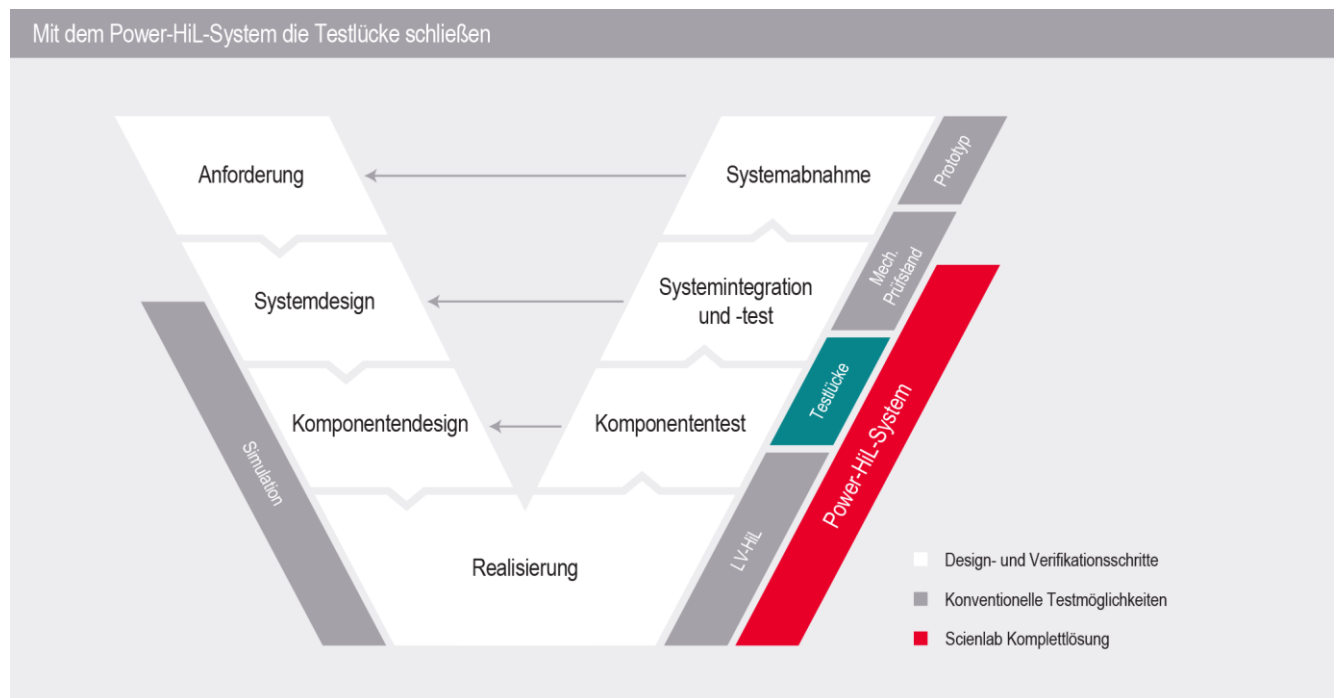
## Nach dem V-Modell umfassend testen

Standardmäßig wird die Markteinführung neuer Technologien nach dem V-Modell vorangetrieben. Zunächst werden die Anforderungen definiert und das Systemdesign festgelegt. Nach dem Entwurf der Komponenten beginnt die Durchführung des Tests. In dieser Phase beginnen die ersten Tests der neuen Technologie: das Komponentenverhalten wird auf Grundlage des Softwaremodells simuliert. Nach der Realisierung der einzelnen Komponenten werden diese einzeln geprüft. Dazu kommt der Low Voltage-HiL zum Einsatz, der Tests auf Signalebene ermöglicht. Eine Überprüfung von Leistungsströmen ist nicht möglich.

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Komponenten zu einem System zusammengeführt und an mechanischen Prüfständen mit Hilfe einer Lastmaschine auf ihre Funktionalität überprüft, um verschiedene Leistungsstufen zu simulieren. Fehler, die in dieser Phase auftreten, lassen sich kaum reproduzieren und auf einzelne Komponenten zurückführen. Darüber hinaus weist der Prüfstand keine hohe Dynamik auf. Zudem können normrelevante Fehlerfälle nicht am mechanischen Prüfstand abgeprüft werden.

Die Analyse der Testdurchführung von der Realisierung bis zur Abnahme eines Systems verdeutlicht: Nach dem Test der Komponenten auf Signalebene folgt direkt der Test des Gesamtsystems unter Last. Ein unabhängiger Test der einzelnen Komponenten mit realen Leistungsströmen kann mit konventionellen Testsystemen nicht durchgeführt werden. Diese Lücke kann mit dem Power-HiL-System von Keysight geschlossen werden. Die Vorteile:

- Vollumfängliche normkonforme Komponententests
- Effiziente Testdurchführung nach dem V-Modell
- Beschleunigte Komponentenentwicklung durch reproduzierbare Testfälle
- Effiziente Verifikation des Gesamtsystems möglich durch unabhängige Test jeder Komponente



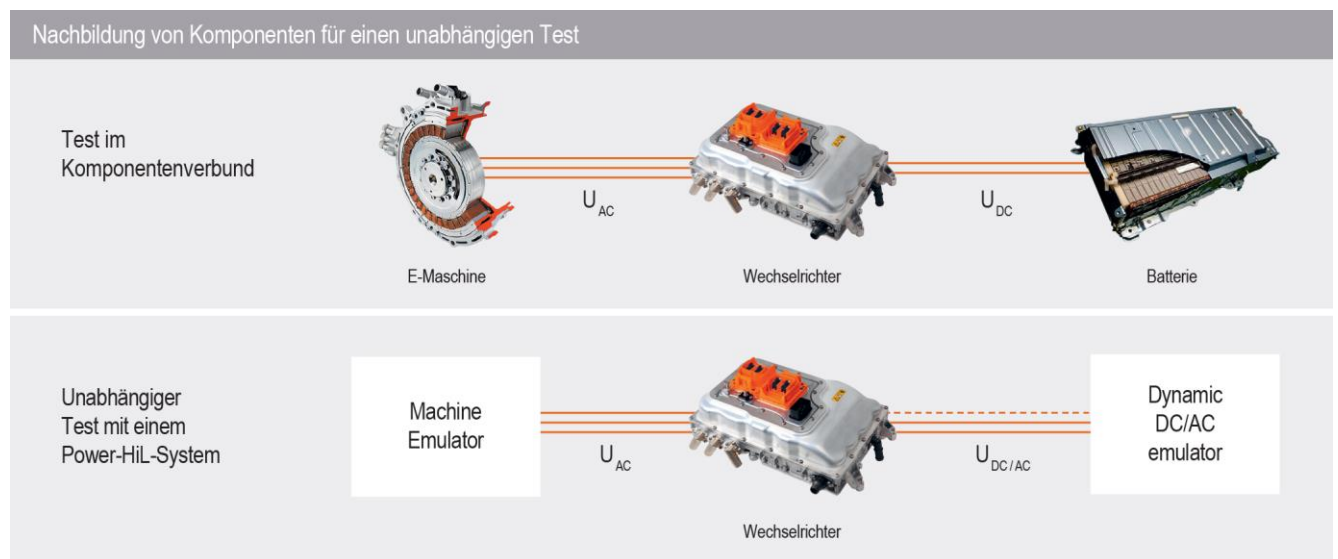
## Die Komponenten ersetzen

Die Entwicklung von Komponenten verläuft auf Basis von Modellen. Das Power-HiL-System nutzt diese Modelle als Grundlage für den Test. Im Fall des Wechselrichters bedeutet das, dass die zu realisierende Maschine als Modell im Prüfstand nachgebildet wird. Auch die Batterie wird nicht real, sondern als Modell durch einen Emulator am Prüfstand abgebildet. Gleiches ist für das regional unterschiedliche Stromnetz möglich.

Die realen Komponenten werden also idealisiert und in all ihren Parametern von den Emulatoren ersetzt. Somit kann das Verhalten des Wechselrichters in dieser Testphase unter Leistung umfassend überprüft werden.

Komplexe Wechselwirkungen zwischen Komponenten, die am mechanischen Prüfstand auftreten und umfangreiche Analysen erfordern, können im Rahmen der Emulator-basierten Überprüfung vermieden werden. Gleichzeitig können Fehler, die am mechanischen Prüfstand nicht darstellbar sind (zum Beispiel Kurzschlüsse), mit dem Power-HiL-System sicher durchgeführt werden.

Die Testdurchführung kann vom Anwender individuell gesteuert werden. So können beispielsweise Interaktionen zwischen den Komponenten kontrolliert dargestellt oder ausgeblendet werden. Dass die übrigen Komponenten für diese Tests real nicht verfügbar sein müssen, bedeutet in der parallelen Entwicklung verschiedener Komponenten eine große Zeitersparnis. Geplante Änderungen an Komponenten können in den Wechselrichtertest mit Hilfe des Emulators integriert werden. Dies ermöglicht dass Auswirkungen auf den echten Wechselrichter während der frühen Entwicklungsphasen geprüft werden.



## Die Struktur des Testlabors

Das Wechselrichter-Prüflabor bildet die Umgebung des Prüflings in der späteren Applikation ab. Der Vorteil für den Anwender: Die Umgebung am Prüfstand ist idealisiert und kann individuell parametrisiert werden.

### Steuerung des Prüfstands

Der Kern des Wechselrichter-Prüflabors ist das HiL-System. Es steuert den gesamten Prüfstand: die Emulatoren, die Sicherheitseinrichtungen, die Klimakammer, die Konditionier-Einheit und den Prüfling selbst. Scienlab Systeme von Keysight unterstützen alle gängigen HiL-Systeme und bieten damit maximale Kompatibilität mit vorhandenen Systemen. Der Benutzer kann über die Bedienoberfläche jederzeit auf das HiL-System und sämtliche dahinter liegenden Parameter und Messdaten zugreifen und diese steuern.

Eine Automatisierung ermöglicht darüber hinaus das vollautomatische Testen z. B. mit standardisierten Fahrzyklen. Die Emulatoren bilden das elektrische Verhalten von Leistungsquelle und E-Maschine nach den jeweils vorliegenden Modellen nach.

## Modularer Aufbau

Der gesamte Prüfstand ist modular aufgebaut. Das erlaubt eine 100 %ige Ausrichtung nach Kundenwünschen und flexible Testszenarien über eine langfristige Nutzung des Prüfstands hinweg. Auch der Aufbau vor Ort kann beliebig auf die Bedürfnisse innerhalb des Labors angepasst werden.

## Nachbildung verschiedener Komponenten

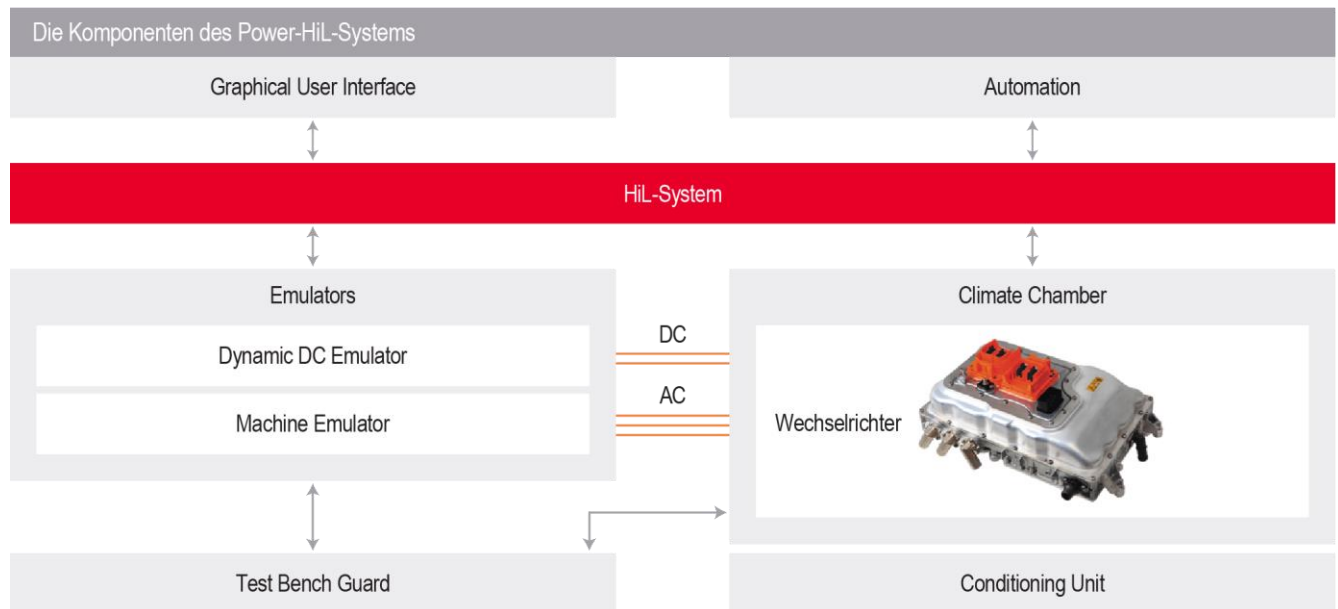
Die Emulatoren können AC- und DC-Größen dynamisch als Quelle und Senke bereitstellen. Dies ist für die Nachbildung hochfrequenter Effekte wie Oberwellen und Spannungseinbrüche notwendig. Der Dynamic DC Emulator kann vereinfacht als Spannungsquelle oder zur hochdynamischen Nachbildung der realen Batterie verwendet werden. Alternativ dazu kann der DC Emulator das Stromnetz eher nachbilden als eine Batterie und es ermöglichen, verschiedene Netztypen und Topologien im Betrieb zu emulieren.

## Sicherheit des Labors und des Prüflings

Der gesamte Prüfstand ist vollständig eigensicher, so dass auch Fehler in der Software-Entwicklung, in der Bedienung oder bei der Parametrierung keine Gefahr für die Benutzer oder das Labor darstellen. Somit ist es möglich, beliebige Netztypen und Netztopologien unter Leistung zu emulieren. Die Sicherheitsparameter werden durch die Kundenwünsche bestimmt und mit dem Test Bench Guard kontinuierlich überwacht.

## Energie-Effizienz

Der Prüfstand bietet eine Betriebsmöglichkeit mit geringen Auswirkungen auf das Stromnetz. Der größte Teil der aufgenommenen Energie wie dies z. B. der Fall beim Dynamic DC Emulator ist, wird im Maschinen-Emulator wieder in das Netz zurückgespeist. Dadurch können die Energiekosten signifikant gesenkt werden.





## Anwendungsfälle im Wechselrichter-Prüflabor

### Regelalgorithmen in der Funktionsentwicklung

Das idealisierte modellbasierte Verhalten der Emulatoren ermöglicht die Separation von Einflussgrößen: Ein Parameter wird variiert, während alle anderen konstant gehalten werden. Somit erleichtert das Power-HiL-System die Funktionsentwicklung. Software-Entwickler können somit beispielsweise folgende Geräte systematisch entwickeln und optimieren:

- Phasenstromregler
- Momenten- und Geschwindigkeitsregler
- Regler zur Kompensation von Maschinen-Oberwellen
- Feldschwächeregler

Diese Funktionalität besitzt weitere Vorteile: die Hardware kann schneller und umfassender überprüft werden. Zudem ist es möglich, die Parameter der Simulationsmodelle, die während der Designphase genutzt werden, messtechnisch zu identifizieren.

### Charakterisierung von Wechselrichtern

Wechselrichter werden am Prüfstand genau wie unter realen Bedingungen belastet. Die AC- und DC-seitigen Einflussfaktoren können exakt, flexibel und individuell variiert werden – unter anderem auch das Bordnetz im Automotive-Bereich. Somit kann der Benutzer genaue Tests durchführen, um den Wechselrichter zu charakterisieren. Mögliche Anwendungsbeispiele:

- Am Power-HiL-System können schrittweise Arbeitspunkte der Maschinenkennfelder aus Drehzahl und Drehmoment angefahren werden, um den Wirkungsgrad systematisch zu erfassen. Während dieses Prozesses werden normalerweise auf der Seite der Quelle die Gleichspannung und der Innenwiderstand der HV-Batterie variiert.
- Auf der Seite der Last können Maschinenparameter innerhalb der zulässigen Streuung variiert, die Parameter einer gealterten Maschine appliziert oder verschiedene Fahrzyklen analysiert werden.



## Einsatz in verschiedenen Fahrzeugmodellen

Oft sollen Prüflinge in verschiedenen Modellen oder Bauserien eingesetzt werden. Konventionelle Tests sind dafür sehr aufwändig: Der mechanische Prüfstand muss zeit- und kostenintensiv umgebaut werden. Zudem müssen zur Testdurchführung alle Komponenten fertiggestellt sein und vorliegen.

Mit dem Power-HiL-System wird diese Testphase deutlich verkürzt und es werden umfassende Ergebnisse bereitgestellt: das Umschalten zwischen mehreren Batterie- oder Maschinenmodulen verschiedener Fahrzeuge ist am Prüfstand per Tastendruck ebenso möglich und dies ohne weitere Umbaumaßnahmen. In industriellen Anwendungen kann die mechanische Last an einem Motor als Pumpe mit wechselndem Lastmoment oder als dynamische Aktuatorlast parametrisiert werden. Dafür genügt es, über die Benutzeroberfläche die Parameter der Applikation zur Verfügung zu stellen.

## Normkonformes Verhalten im Fehlerfall

Im Komponentenverbund muss der Wechselrichter auch entsprechend und sicher auf Fehler bzw. Störungen anderer Komponenten reagieren. Dieses zu überprüfen ist Bestandteil zahlreicher Normierungsprozesse. In konventionellen Prüflaboren sind die Grenzen der Tests dafür schnell erreicht.

Mit dem Power-HiL-System können Maschinenfehler sicher und realistisch emuliert werden. Software-Funktionen zur Überwachung sowie zur adäquaten Reaktion auf diese Systemzustände können am Emulator z. B. nach der Norm LV123 implementiert und getestet werden. Zu den Beispielen für Maschinenfehler, die erkannt und behoben werden müssen, gehören miteinander verknüpfte Fehler, das Rutschen von Magneten oder sich nicht drehende Magnete und Kurzschlüsse an Strom- und Sensorkabeln. Mit Hilfe des Power-HiL-Systems kann verifiziert werden, dass auch bei einem Auftreten dieser Fehler keine Gefahr bei der Nutzung besteht.

## Ausfallsicherheit unter Dauerlast

Die Emulatoren sind für eine deutlich höhere Dauerlast ausgelegt als die realen Komponenten, die überprüft werden. Auf diese Weise lassen sich Untersuchungen zu beschleunigter Alterung wie Temperaturzyklustests unter realen Belastungsmustern durchführen. Die Emulatoren arbeiten auch bei monatelangen Dauerlaufstretreihen im dauerhaften Betrieb ohne Ausfälle und liefern reproduzierbare Ergebnisse.

### Erleben Sie die Qualität der Scienlab Testsysteme von Keysight am eigenen Prüfstand.

Die Referenzsysteme am Standort Bochum bieten Ihnen die Gelegenheit, sich von dem Wechselrichter-Prüflabor und seinen umfangreichen Optionen zu überzeugen. Kontaktieren Sie uns zur Terminvereinbarung unter [bd.sl@keysight.com](mailto:bd.sl@keysight.com).

## Was Scienlab Systeme von Keysight auszeichnet

Mit den Scienlab Testsystemen bietet Keysight individuelle Testumgebungen für das Testen von innovativen Wechselrichtern. Zahlreiche Konzerne, mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen weltweit vertrauen unserem Know-how, um ihre Produkte zu entwickeln und zu überprüfen.

### Prüfsysteme für Wechselrichter und darüber hinaus

Unsere Mitarbeiter haben bei der Realisierung von Wechselrichter-Testsystemen mehr als nur die Entwicklung von Wechselrichtern im Blick. Im Labor werden Testsysteme für unterschiedliche industrielle Produkte sowie für die Automobilkomponenten von elektrischen Antriebssträngen erstellt. Es ist immer unser Anspruch, die hohen Qualitätsanforderungen unserer Kunden zu übertreffen.

Neben den schlüsselfertigen Testumgebungen für Wechselrichter entwickeln wir unter anderem Prüfsysteme für weitere Applikationen, zu denen Folgende gehören:

- Ladetechnologie und -infrastruktur
- Energiespeicher
- DC/DC-Wandler
- Den Zusammenschluss mehrerer Komponenten

Alles aus einer Hand – von der Idee bis zur Inbetriebnahme vor Ort

Unsere Mitarbeiter sind die Garantie für erstklassige kundenspezifische Engineering-Dienstleistungen: all unsere Produkte werden am Standort Bochum entwickelt und produziert – von der Hardware-Produktion über die Software-Entwicklung bis zur Abnahme. Der Fokus liegt auf dem Verständnis der Anwenderbedürfnisse und dieser wird im ständigen Dialog mit den Kunden weiterentwickelt. Das Verständnis der Anwenderbedürfnisse ist bei Scienlab tief verankert, wird im ständigen Dialog mit den Kunden weiterentwickelt und ist die Basis für Produkte, mit denen unsere Kunden ihre Aufgaben absolut effizient, zielgerichtet und verlässlich durchführen können.

**Keysight ist Problemlöser für die Kunden**

und ermöglicht es, innovative Technologien schneller zur Marktreife zu bringen.

**Keysight steckt voller Ideen**

die von unserem Team in neue Produkte übersetzt werden – Premiümlösungen, mit denen unsere Kunden immer einen Schritt voraus sind.

**Wir arbeiten partnerschaftlich**

und legen Wert auf langfristige Geschäftsbeziehungen mit unseren Kunden und Partnern. Gemeinsam ermöglichen wir Erfolge und technologische Fortschritte, aus denen innovative Produkte resultieren.

Weitere Informationen unter: [www.keysight.com](http://www.keysight.com)

Für weitere Informationen über unsere Produkte und Services wenden Sie sich bitte an die nächstgelegene Keysight Niederlassung. Die vollständige Liste finden Sie unter: [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

