

ODU WHITE PAPER 12 | 2020

# 8 ZENTRALE GESICHTSPUNKTE HINSICHTLICH MODULARER ANDOCKSCHNITTSTELLEN BEI AUTOMATISIERTEN EOL-PRÜFUNGEN (END-OF-LINE)



# AUSZUG

Auf dem Weg eines Produkts von der Entwicklung bis hin zur Fertigung und Produktion müssen Elektronikhersteller viele Entscheidungen treffen. Dazu gehört zumindest die Entwicklung eines soliden Prüfplans. Die Prüfung einer gefertigten Baugruppe am Ende der Montagelinie ist ein wesentlicher Schritt des Produktionsprozesses. Die Lieferung eines fehlerfreien Produkts gilt bei der Erfüllung von Kundenerwartungen als entscheidender Aspekt. Daher ist es erforderlich, fehlerhafte Produkte oder solche, die nicht dem Lastenheft entsprechen, von den funktionierenden Baugruppen zu trennen, die an den Kunden geliefert werden. Bei der Entwicklung einer neuen Montagelinie sollte der Prüfplan zudem wichtige Faktoren beinhalten, welche die Komponentenauswahl beeinflussen.

## ELEKTROMECHANISCHE FAKTOREN

Eine stabile, elektromechanische Konstruktion ist genauso wichtig wie eine leistungsstarke Hardware- und Softwarearchitektur. Außerdem kann die Flexibilität, die die Integration einer modularen Konstruktion bietet, zur Gewährleistung der Zukunftssicherheit einer Prüfschnittstelle für kommende Produkte oder Upgrades beitragen. In diesem Fall betrachten wir den Steckverbinder bzw. die Schnittstelle als wesentliches Bauteil – und zwar sowohl als elektrisches und als untergeordnetes mechanisches Bauteil mit direktem Einfluss auf die Prüfung und Messung.

Unternehmen investieren in intelligentere Prüfsysteme und automatische Prüfmittel (Automated Test Equipment, ATE), die sich ganz nach Bedarf skalieren lassen. So verkürzen sie die Markteinführungs- und Bereitstellungszeiten, senken ihre Kosten und sind gleichzeitig in der Lage, Kapazitäten flexibel zwischen einzelnen Montagelinien zu verschieben. Prüfsysteme sollten die Möglichkeit bieten, die Funktionstauglichkeit der Elektrik, Elektronik sowie sonstiger Bauteile auch unter teilweise schwierigen Bedingungen in der Fertigungsumgebung zu testen. Verlässliche automatisierte und End-of-Line-Prüfmittel sind für eine Null-Fehler-Fertigung unerlässlich und garantieren schnelle Ergebnisse bei höchstmöglicher Produktsicherheit. In der Serienproduktion ist ein hoher Prüfdurchsatz von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund werden die Prüfverfahren optimiert, um im Vergleich zur manuellen oder halbautomatischen Prüfung kurze Zykluszeiten zu erzielen und Kosten zu senken.

## WARUM AUTOMATISIERUNG?

Prüfautomatisierung soll in der Regel dazu dienen, wiederkehrende manuelle Tätigkeiten zu vermeiden, Ergebnisse schneller zu erhalten, die Zeit für die Prüfungsdurchführung zu reduzieren und sicherzustellen, dass unsere Prüfungen den Annahmen und Zielsetzungen entsprechen. Ferner kann Automatisierung dazu beitragen, manuelle Fehler bei wiederholter Durchführung bestimmter Prüfungen zu vermeiden. Es kann aber auch vorkommen, dass manuelle oder halbautomatische Prüfungen jedes Mal andere Ergebnisse liefern. Das Endprodukt oder der Prüfling wird häufig als „Device Under Test“ (DUT), „Equipment Under Test“ (EUT) oder „Unit Under Test“ (UUT) bezeichnet. Bei Messungen des Produkts eines beliebigen Prozesses gibt es zwei Abweichungsquellen: die Abweichung des Prozesses selbst und die Abweichung des Messsystems. Wenn eine dieser beiden Variablen durch bestimmte Mittel wie z. B. Automatisierung minimiert oder vermieden werden kann, trägt das grundsätzlich zu einem stabileren und wiederholbareren Prozess bei.

## GEMEINSAME ENTWICKLUNG

Die Optimierung der Automatisierungssysteme ergibt sich aus der offenen Kommunikation zwischen Elektro- und Maschinenbauingenieuren zu einem frühen Zeitpunkt des Entwicklungsprozesses. Die effektive Zusammenarbeit zwischen diesen beiden Bereichen ermöglicht eine zeitnahe und effiziente Entwicklung der richtigen integrierten Lösung. Immer mehr Unternehmen haben sich zum Ziel gesetzt, vollautomatisierte Prüflösungen vollständig zu integrieren. Dies führt einerseits zu einem geringeren Bedarf an Werkzeugen, andererseits aber auch zu einer zunehmenden technischen Abhängigkeit. Die Zusammenarbeit zwischen Maschinenbau- und Elektroingenieuren ist wichtig, um zu verstehen, wie ihre Anwendungen gemeinsam funktionieren. Zudem sollten sie die Expertise ihrer Zulieferer einholen.

## 8 ERFOLGSFAKTOREN

Eine gute Basis an Teilkomponenten sowie deren Vorauswahl sorgen für eine kostengünstige, wiederholbare und präzise Prüfeinheit und gewährleisten, dass die gesetzten Ziele erreicht werden. Für einen erfolgreichen Einsatz von Automatisierung zur schnelleren Durchführung von Messungen und Auswertung der Prüfergebnisse sollten wichtige Faktoren berücksichtigt werden. Jeder Ingenieur mit Erfahrung in der Systementwicklung, hat sich im Laufe seiner Ausbildung bereits mit kritischen Erfolgsfaktoren auseinandergesetzt. Aber wie lassen sich diese Anforderungen auf die Auswahl der Bauteile anwenden. Eine entscheidende Prüfschnittstelle, die von vielen als wesentliche Verbindung angesehen wird, ist der elektrische Steckverbinder, der den Zyklus durchläuft und mit der Zeit nicht an Übertragungsqualität verlieren darf.

### 1. ERWEITERBARKEIT & FLEXIBILITÄT DES PRODUKTS

Die Prüfeinheit sollte Änderungen, Erweiterungen, Modifizierungen und Übertragbarkeit zulassen. Wenn Funktionen hinzugefügt werden oder die Betriebsmittel einer zusätzlichen erweiterten Überprüfung unterzogen werden, sollte auch die Prüfeinheit entsprechend durch Modifizierungen erweitert werden können. Die Verfügbarkeit einer flexiblen Prüfplattform ist heute von besonderer Bedeutung. Wenn Sie ein System von Grund auf neu entwickeln, ist die Auswahl der richtigen Werkzeuge unabdingbar. Eine zukunftssichere Konstruktion und ausreichend Spielraum für Änderungen können jedoch entscheidend für die Einhaltung Ihres Projektzeitplans sein. Werfen wir einen Blick auf einige reale Beispiele. Ein High-Speed Datenprotokoll kann als USB® 2.0<sup>1</sup> spezifiziert werden und anschließend migriert und auf USB® 3.2 Gen 1x2<sup>1</sup> aktualisiert werden.

- Sind Ihre I/O-Steckverbinder genauso flexibel wie Ihre Docking-Steckverbinder?
- Ist das System modular aufgebaut und sind zukünftige Erweiterungen möglich?
- Genügt die Auslegung der Schnittstelle meinen aktuellen sowie möglichen zukünftigen Anforderungen?
- Lässt sich das System kostengünstig nachrüsten?

Ein modulares System ist sehr flexibel. Es ist für unterschiedliche Module, Datenarten und Medien wie Pneumatik, Hydraulik, Hochgeschwindigkeitsdaten (wie USB®<sup>1</sup> und HDMI®<sup>1</sup>), Lichtwellenleiter, Koax (HF-Signale) sowie Hochspannung und Hochstrom geeignet. Hybride Schnittstellen werden in der Regel im Hinblick auf eine bestimmte Reihe von Kriterien entwickelt. Häufig ist aber nur eine begrenzte Auswahl an Typen erhältlich. Die ODU-MAC® Blue-Line bietet eine Auswahl an 31 Modulen und die ODU-MAC® Silver-Line sogar beeindruckende 36 Module an, die für 7 Einbaurahmen konfiguriert werden können.

MODULVIELFALT	ODU-MAC® Silver-Line	ODU DOCK Silver-Line	ODU-MAC® White-Line	ODU-MAC® Blue-Line	ODU-MAC® PUSH-LOCK Blue-Line
Signal	Bis 27 A / 1,5 mm <sup>2</sup>	Bis 27 A / 1,5 mm <sup>2</sup>	Bis 27 A / 1,5 mm <sup>2</sup>	Bis 33 A / 2,5 mm <sup>2</sup>	Bis 33 A / 2,5 mm <sup>2</sup>
Power	Bis 119 A / 16 mm <sup>2</sup>	Bis 119 A / 16 mm <sup>2</sup>	Bis 119 A / 16 mm <sup>2</sup>	Bis 58 A / 6 mm <sup>2</sup>	Bis 37 A / 2,5 mm <sup>2</sup>
Hochstrom	Bis 225 A / 50 mm <sup>2</sup>	Bis 225 A / 50 mm <sup>2</sup>	Bis 225 A / 50 mm <sup>2</sup>	Bis 225 A / 50 mm <sup>2</sup>	Bis 37 A / 2,5 mm <sup>2</sup>
Hochspannung	Bis 6,3 kV / 1,5 mm <sup>2</sup>	Bis 2,5 kV / 1,5 mm <sup>2</sup>	Bis 6,3 kV / 1,5 mm <sup>2</sup>	Bis 2,5 kV / 6 mm <sup>2</sup>	Bis 2,5 kV / 2,5 mm <sup>2</sup>
Koax	Bis 9,0 GHz	Bis 9,0 GHz	Bis 9,0 GHz	Bis 12 GHz	Bis 12 GHz
Druckluft	Bis 20 bar	Bis 20 bar	Bis 20 bar	Bis 12 bar	Bis 12 bar
Fluid	Bis 25 bar	Bis 25 bar	Bis 25 bar	Bis 10 bar	Bis 10 bar
Lichtwellenleiter PDF/GOF	•	•	•	• (auf Anfrage)	• (auf Anfrage)
Übertragungsraten/High-Speed	CAT 6A / USB® <sup>1</sup> / HDMI® <sup>1</sup>	CAT 6A / USB® <sup>1</sup> / HDMI® <sup>1</sup>	CAT 6A / USB® <sup>1</sup> / HDMI® <sup>1</sup>	CAT 6A / USB® <sup>1</sup>	CAT 6A / USB® <sup>1</sup>
Optionaler Stiftschutz	Modul kann frei positioniert werden		Modul kann frei positioniert werden	Im 20-poligen Signalmodul integriert	Im 20-poligen Signalmodul integriert
Anschlusstechnik	Crimp / Löt / Print	Crimp (Lötanschluss auf Anfrage)	Crimp / Löt / Print	Crimp / Löt / Print	Crimp / Löt / Print

<sup>1</sup> Diese ODU-spezifischen Steckverbinder können gängige Datenübertragungsprotokolle wie USB® 3.2 Gen 1x2, USB® 2.0 und HDMI® übertragen, sind aber keine HDMI®- und USB®-Norm-Steckverbinder.

## 2. WIEDERHOLUNGSGENAUIGKEIT UND ZYKLUSZEIT

Vollautomatische Prüfungen ersetzen zunehmend subjektive Prüfungen durch Werker. Das verkürzt den Produktionszyklus und verbessert die Reproduzierbarkeit sowie die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Im Gegenzug verlängert sich durch eine höhere Wiederholungsgenauigkeit aber die Zykluszeit. Der Prozess darf nicht so langsam sein, dass er eine Serienproduktion unmöglich macht. Daher ist ein hoher Prüfdurchsatz von

entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund sollten die entwickelten automatischen Prüfmittel optimiert werden, um eine kurze Zykluszeit zu erzielen. Die Wiederholbarkeit von Ergebnissen einer Schnittstelle, Steckverbindung oder ähnliches ist oft durch die in diesem Zusammenhang verwendete Kontakttechnologie beeinflusst.

## 3. LEBENSDAUER

Die Lebensdauer ist das Produktmerkmal, das die Nutzungsdauer oder den Zeitraum bezeichnet, in dem ein Produkt, Teil, Werkstoff oder System die angegebenen Spezifikationen erfüllt. Unabhängig davon, ob die Lebensdauer im Jahres- oder Minutentakt oder in bestimmten Zeiträumen gemessen wird, gilt: Je langlebiger das Produkt, desto länger kann es seine vorgesehene Funktion erfüllen. Bei der Beurteilung der Lebensdauer gilt es, die wiederholte Leistung zu betrachten, die in kontinuierlichen Produktionszyklen oder bei routinemäßigen, gewöhnlichen Anwendungsfällen des Produkts mit realistischer Häufigkeit erforderlich ist. Bei Steckverbindern

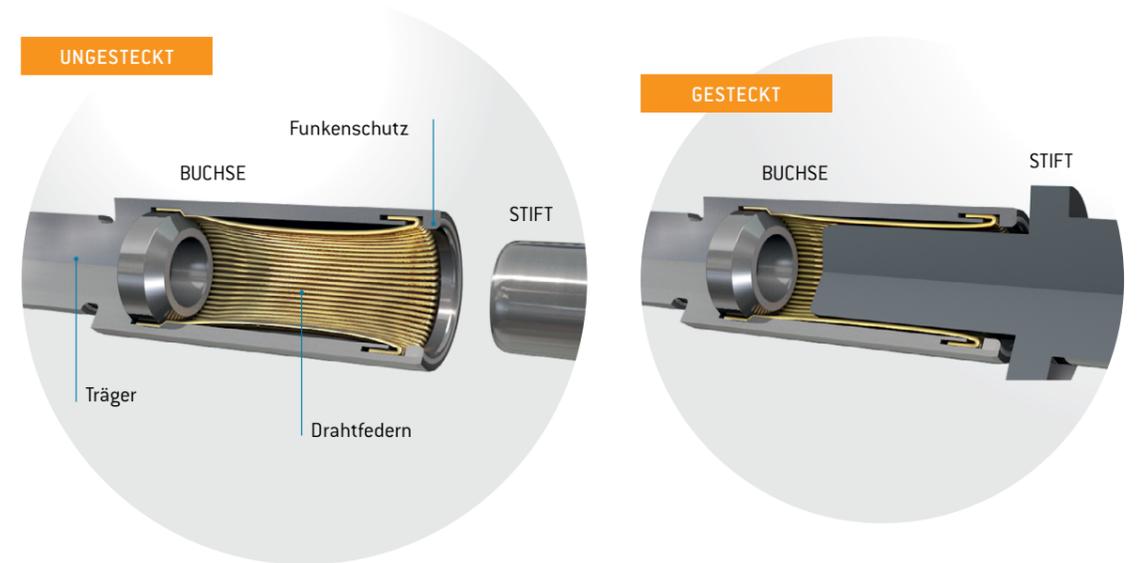
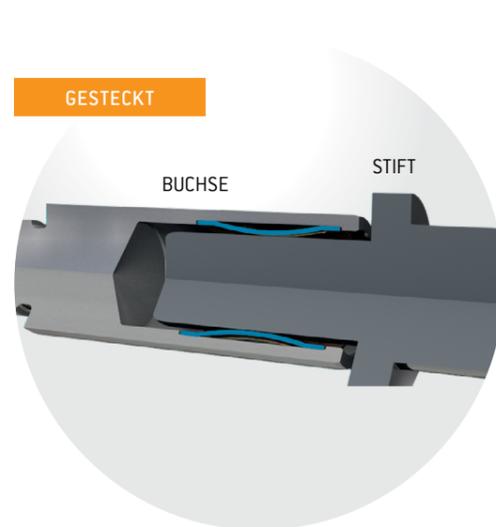
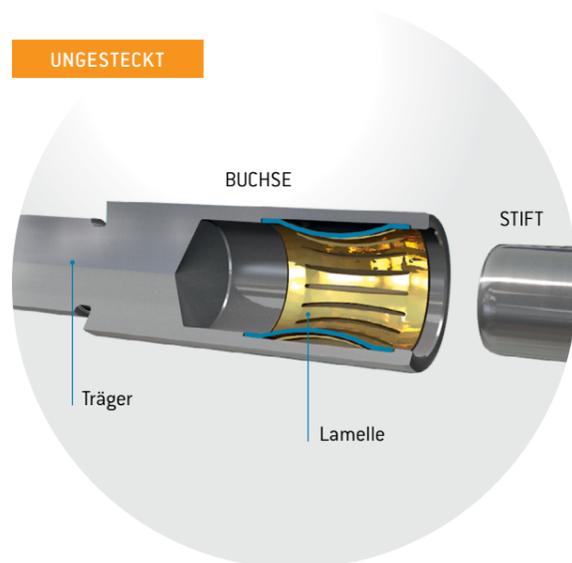
finden diese Messungen in der Regel in Steckzyklen oder einem Steck- und Schiebezyklus statt, der zu einer langen, kontinuierlichen Lebensdauer führt, ohne dass mit der Zeit übermäßige Wartung erforderlich wird oder Leistungsabstriche zu erwarten sind. Die ODU-MAC® Silver-Line wurde mit mehr als 100.000 Steckzyklen geprüft. Wie bereits erwähnt, kann die Lebensdauer in der Regel anhand des geschätzten Jahresbedarfs des zu prüfenden Produkts festgelegt werden. In einigen Fällen kann die ODU-MAC® Blue-Line so für mehr als 10.000 Steckzyklen verwendet werden.

	ODU-MAC® Silver-Line	ODU DOCK Silver-Line	ODU-MAC® White-Line	ODU-MAC® Blue-Line	ODU-MAC® PUSH-LOCK Blue-Line
Steckzyklen	> 100.000	> 100.000	> 100.000	> 10.000	5.000
Steckprinzip	Automatisches Andocken	Automatisches Andocken	Manuelles Stecken	Manuelles Stecken, automatisches Andocken	Manuelles Stecken
Automatisches Andocken	7 Rahmenvarianten, optionaler Schnellwechselkopf	3 Größen, optionaler Schnellwechselkopf		1 Rahmenvariante, 4 Größen	
Verriegelung			Spindel-/Bügelverriegelung SNAP-IN (ZERO)	Spindel-/Bügelverriegelung	Push-Pull Verriegelung
Gehäuse		3 Gehäusevarianten erhältlich aus Kunststoff und Metall	Als Kunststoff- und Metallvariante erhältlich	Als Kunststoff- und Metallvariante erhältlich	Kunststoff / Metall
Zugentlastung	•	•	•	•	•
Höchste Packungsdichte auf dem Markt	•	•	•	•	•
Nicht magnetische Version	•		•		

#### 4. GENAUIGKEIT

Die Genauigkeit beschreibt, wie präzise die Leistung einer Fertigungsmaschine einer Toleranz innerhalb eines festgelegten Abmessungsbereichs entspricht. Die Wiederholungsgenauigkeit erfasst die Fähigkeit des Betriebsmittels, immer wieder beständige Leistungen zu erbringen. Für uns gehen Genauigkeit und Beständigkeit Hand in Hand. Bei einem Steckverbinder kann sich dessen allgemeine Qualität auf die Genauigkeit auswirken. Das betrifft vor allem die Anzahl der Kontaktpunkte während

des Zyklus. Diese können den Durchgangswiderstand reduzieren und zur Vermeidung von Auswirkungen wie Vibrationen und Fehlausrichtungen beitragen. Zu den technologischen Eigenschaften gehören die ODU SPRINGTAC®- und ODU LAMTAC®-Kontakte, die eine 360-Grad-Kontaktierung und zahlreiche Kontaktpunkte für maximale Zuverlässigkeit bieten.

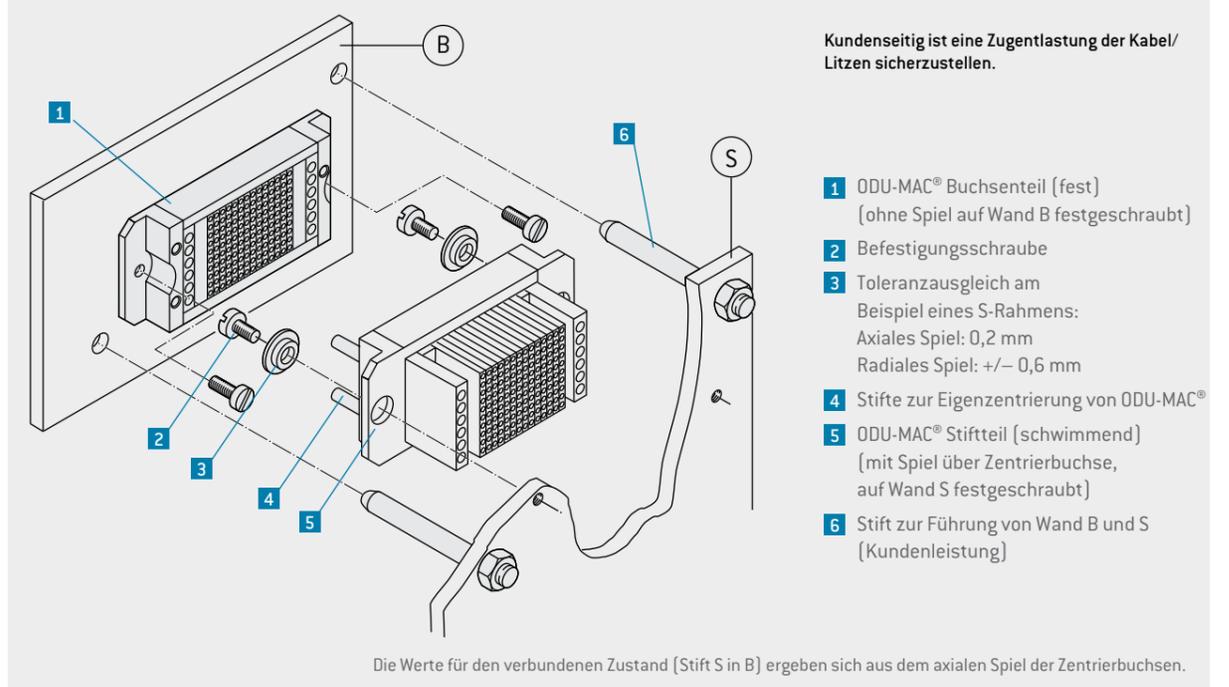


#### 5. MONTAGE UND SERVICE

Unter diesen Begriffen versteht man die Fähigkeit eines beschädigten oder defekten Betriebsmittels, Geräts oder Systems innerhalb eines festgelegten Zeitraums (Reparaturzeit) wieder in einen annehmbaren Betriebszustand versetzt zu werden. Während viele Industrieanwendungen die häufig an Klemmblöcken vorhandenen Schraubanschlüsse nutzen, sollten für mehr Zuverlässigkeit und eine verlängerte Lebensdauer alternative Methoden wie Löten oder Crimpen eingesetzt werden. Die einfache Montage und Demontage (clip-in) der Kontakte hängt mit dem Modulaufbau zusammen.

- Kann das Produkt einfach und fehlerfrei montiert und demontiert werden?
- Werden leicht zugängliche Befestigungs- und Führungsvorrichtungen sowie Anbauteile verwendet?
- In Bezug auf die Reparierbarkeit ist es besonders wichtig, inwieweit die Kabel verbunden, angeschlossen und installiert sind sowie einfach demontiert werden können.
- Können die Kontakte einzeln entfernt, ersetzt und repariert werden?
- Wie einfach ist die Anordnung und der entsprechende Ersatz der Module innerhalb des Andockrahmens?

#### BEISPIEL EINES S-RAHMENSYSTEMS



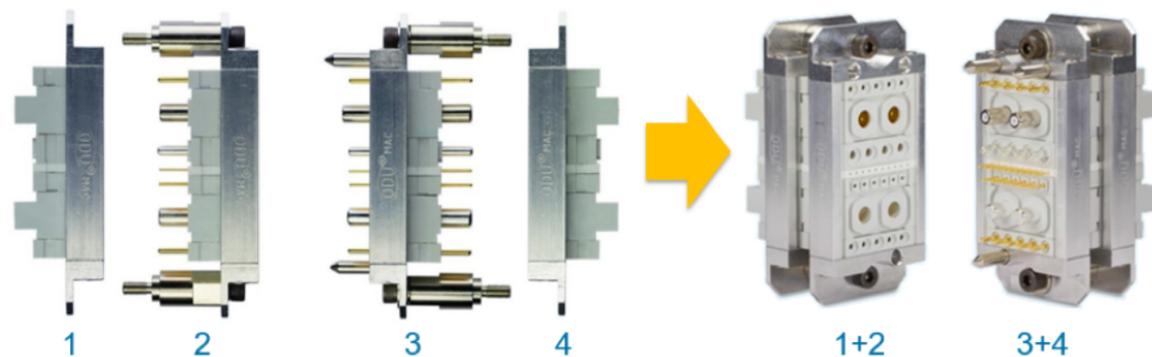
## HINWEIS: AUTOMATISCHE ANDOCKSYSTEME

- Das Stifteil des ODU-MAC® S ist mit beiliegenden Zentrierbuchsen zu befestigen und somit schwimmend gelagert.
- Der maximal zulässige Spalt zwischen Buchsen- und Stifteil beträgt 0,5 mm im Standard. Eine Erweiterung durch lange Kontaktstifte ist möglich.
- Um hohe Steckzyklen zu erhalten, muss eine Vorführung durch die Einschubeinheit (z. B. durch Führungsschienen etc.) gegeben sein. Der max. zulässige Fluchtungsfehler beträgt z. B. beim ODU-MAC® S Rahmen unter  $\pm 0,6$  mm radial.
- Kundenseitig ist eine Zugentlastung der Kabel/Litzen sicherzustellen.

## 6. PRODUKTIONSPLANUNG UND NOTFALLMANAGEMENT

Zu den größten Sorgen bei allen Produktionsumgebungen gehört ein Ausfall der Montagelinie. Mit der richtigen MRO-Planung (Maintenance, Repairs & Operations) für wichtige Betriebsmittel kann das potenzielle Ausfallrisiko deutlich gesenkt werden. Bei modularen Schnittstellen ist die Verwendung von Schnellwechsellköpfen, allgemein auch als Opferstecker bezeichnet, eine einfache Lösung. Wenn ein wichtiges Bauteil beschädigt

ist, kann eine Zwischenschnittstelle genutzt werden, um in Minuten- oder Sekundenschnelle Änderungen oder Reparaturen vorzunehmen. Durch die austauschbaren Wechselteile ist die Konstruktion zukunftssicher, da eine schnelle Wartung und Reparatur jederzeit gewährleistet sind.



## 7. SUPPORT UND KONFIGURATION

Wie bei allen Produkten soll der angebotene Support schnellere Entscheidungen und eine bessere Auswahl ermöglichen, damit Sie das ideale Produkt für die jeweilige(n) Anwendung(en) finden. Effizienz, Kenntnisse und Support können bei der technischen Bewertung und der Produktauswahl genauso wichtig sein wie die Produktleistung selbst. Gibt es lokalen Support in Echtzeit oder weltweiten Support?

- Gibt es vor Ort Experten und Partner, an die Sie sich direkt wenden können?
- Wie einfach ist die Anwendung der Webtools? Gibt es Konfigurationstools?
- Erhalten Sie schnell und einfach Informationen? Zeichnungen? Technische Daten?
- Werden optional Kabelkonfektionierung oder sonstige Zusatzleistungen angeboten?
- Kurze Lieferzeiten

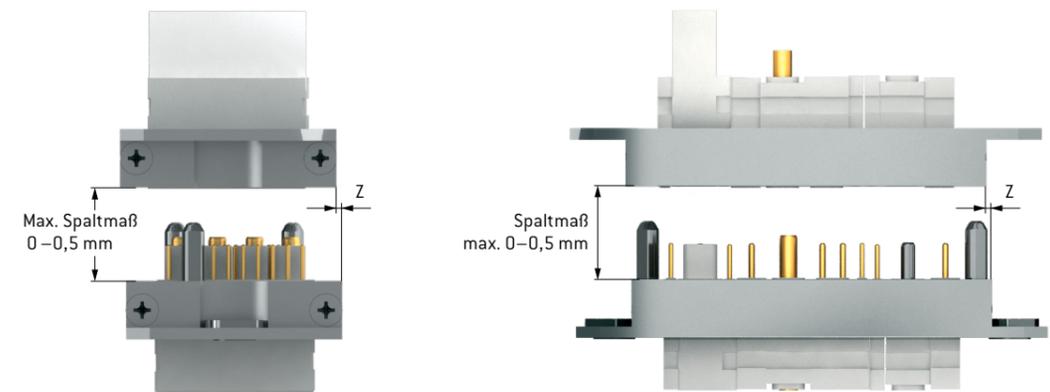
## 8. SONSTIGE ÜBERLEGUNGEN

Ein einfacher Konstruktionsaspekt, der sich entscheidend auf die Zuverlässigkeit und die letztendliche Produktleistung über einen längeren Zeitraum auswirkt, ist eine Evaluierung des Führungssystems.

- Wie wird das System geführt?
- Wie unterstützt das Führungssystem die Elektrik bzw. die Andockschnittstelle?
- Ist eine Zugentlastung der Litzen oder Kabel berücksichtigt?
- Muss die Schnittstelle Dichtigkeitsanforderungen (IP) erfüllen?

Diese Überlegungen sind häufig nicht Teil des Entwicklungsprozesses. Es gibt diverse Möglichkeiten von Vorführsystemen. Dazu gehören V-Nuten, Profilleisten, Führungsstifte, Führungsleisten usw. Unabhängig davon, was bewegt wird, muss es irgendeine Art von Unterstützung geben. Einfach gesagt ist die modulare Schnittstelle zu Prüf- und Messzwecken vorwiegend elektrisch. Das Führungssystem muss die Toleranzen der Steckverbinder berücksichtigen. Glücklicherweise bietet ODU eine Vielzahl von unterschiedlichen Andockrahmenvarianten für unterschiedliche Toleranzsituationen. Beispielsweise erlaubt der P4+-Rahmen radiale und axiale Toleranzen von bis zu 4,0 mm.

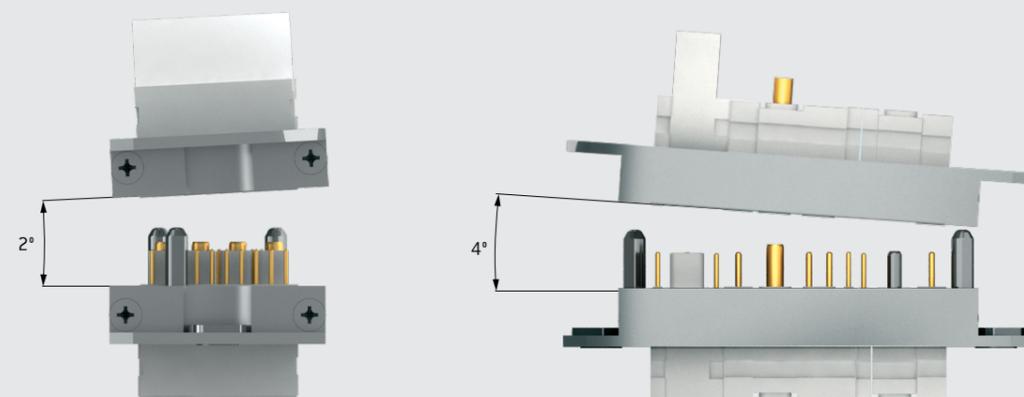
### MAXIMAL ZULÄSSIGER VERSATZ + STANDARDSPALTMASS IM GESTECKTEN ZUSTAND (RADIALES SPIEL)



Rahmen	Toleranz	Rahmen	Toleranz
S	$\pm 0,6$ mm	P+	$\pm 2,5$ mm
M+	$\pm 0,6$ mm	SWK	$\pm 0,6$ mm
T	Auf Anfrage	P4+	$\pm 4,0$ mm

Der maximal zulässige Spalt zwischen Buchsen- und Stifteil beträgt 0,5 mm im Standard. Eine Erweiterung durch lange Kontaktstifte ist möglich.

### MAXIMAL ZULÄSSIGE WINKELABWEICHUNG BEIM STECKVORGANG



## SCHLUSSBEMERKUNG

Sobald die Entscheidung zur Entwicklung eines automatisierten Prüfsystems getroffen wurde, sollte es darum gehen, Prozess und Betriebsmittel zu entwickeln, die durch bewährte und robuste Prüfungsautomatisierungsverfahren zur Erreichung Ihrer primären Ziele beitragen. Bei der Entwicklung automatisierter industrieller Systeme sollten Sie zunächst die Funktionalität der mechanischen Bauteile prüfen, dabei jedoch auch die elektrischen Prüfungsanforderungen nicht außer Acht lassen. Wie bereits erwähnt, kann eine Zusammenarbeit im Vorfeld die allgemeine Bereitstellungszeit verkürzen und zu einem stabileren Prüfsystem beitragen. Es ist wichtig, dass Sie die anfänglichen Anforderungen einschließlich der idealen Interconnects (Andocksteckverbinder) für den richtigen

Fertigungslebenszyklus definieren. Darüber hinaus ist es von Bedeutung, dass Sie bei der Prüfplattform auch auf Flexibilität achten. Durch Integration modularer Konstruktionen und der entsprechenden Toleranzberechnung in eine Andocklösung können Sie die Variabilität bei den einzelnen Andockverbindungen reduzieren. Die Prüfung einer gefertigten Baugruppe am Ende einer Montagelinie ist ein wichtiger Schritt im Produktionsprozess. Vollautomatische Prüfungen ersetzen subjektivere Prüfungen durch Werker. Dies verkürzt den Produktionszyklus und verbessert die Reproduzierbarkeit. Die Multifunktionschnittstelle kann der Grundstein für das Zusammenspiel elektrischer und mechanischer Konstruktionen oder die zuletzt ausgewählte Komponente sein.

## VERFASSER



**Gary Reed**  
Leiter Produktmanagement,  
ODU-USA

## INTERESSE?

Setzen Sie sich mit uns in Verbindung:  
[whitepaper@odu.de](mailto:whitepaper@odu.de)

### ODU GmbH & Co. KG

Pregelstraße 11, 84453 Mühldorf a. Inn, Deutschland  
Telefon: +49 8631 6156-0, Fax: +49 8631 6156-49, E-Mail: [info@odu.de](mailto:info@odu.de)

Alle Maßangaben in mm. Die Abbildungen sind teilweise Illustrationen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Wir behalten uns das Recht vor, Produkte und deren technische Spezifikationen, soweit es dem technischen Fortschritt dient, jederzeit zu ändern. Mit Erscheinen dieser Publikation verlieren deren Vorgänger ihre Gültigkeit.

Diese Publikation steht auch als PDF-Datei zum Download auf [www.odu.de](http://www.odu.de) zur Verfügung.



Für den Download dieser Broschüre einfach den QR-Code einscannen.