

# Haptik-Test als Teil der Qualitätssicherung von Bedienbaugruppen



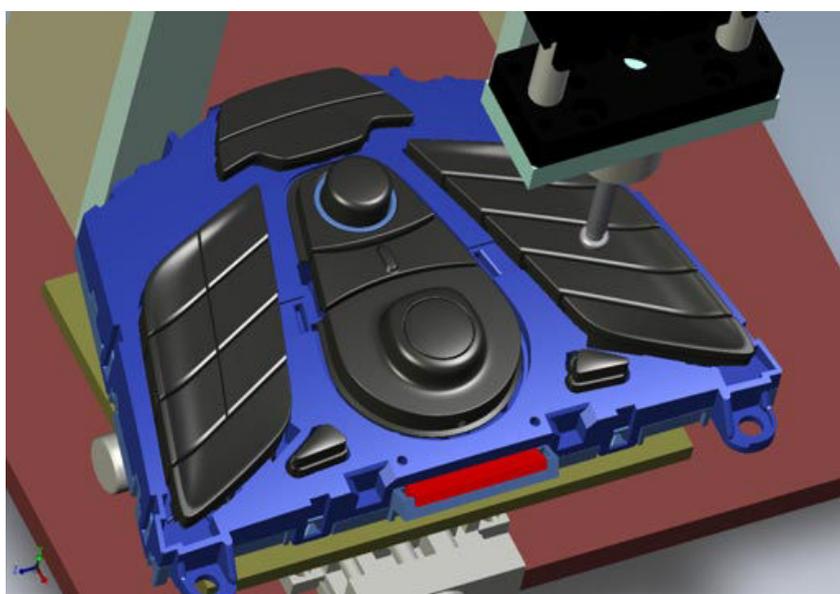
Was ist bedeutet Haptik eigentlich? Der Begriff kommt aus dem Griechischen, meint so viel wie „greifbar“ und fasst alle mit der Hand ertastbaren Eigenschaften eines Gegenstandes zusammen. Darunter fallen beispielsweise Oberflächenstruktur und Materialbeschaffenheit oder die gefühlte Temperatur beim Berühren eines Gegenstandes. Es ergeben sich sehr subjektiv geprägte, mit objektiven Messwerten kaum darstellbare Wahrnehmungen des Wohlbefindens und der „Wertigkeit“ eines ertasteten Objektes. Die Automobilindustrie ist sich im Klaren darüber, dass gerade diese subjektiven Beurteilungen von imageprägender Wirkung sind und in der Kaufentscheidung für ein Fahrzeug oder eine Marke einen ausschlaggebenden Faktor darstellen. Die Fahrzeughersteller unternehmen daher nicht nur im Premiumsegment hohe Anstrengungen, durch entsprechende Materialauswahl und Oberflächengestaltung einen möglichst hochwertigen Eindruck von ihrem Produkt zu vermitteln.

Auch Tasten und andere Bedienelemente haben haptische Merkmale. Im Gegensatz zu anderen Baugruppen im Fahrzeug kann man an dieser Stelle die prägenden Eigenschaften messtechnisch sogar exakt nachweisen: Beim Betätigen einer Taste erwartet man eine Rückmeldung, zum Beispiel einen hörbaren Ton oder ein spürbares Einrasten. Kann man diese Information nicht aufnehmen, gestaltet sich die Bedienung unangenehmer, weil so lange gedrückt werden muss, bis ein anderes Signal, etwa eine LED, reagiert. Exakt, „knackig“ funktionierende Bedienelemente vermitteln den Eindruck von Qualität und Hochwertigkeit, undefinierte Schaltwege, unterschiedlicher Kraftaufwand oder verzögerte Rückmeldung dagegen werden als „teigig“, „klapperig“ oder „billig“ empfunden.

## Die Aufgabe

Der Nachweis der Haptikqualität ist nicht nur in der Konstruktionsphase der mechanischen Baugruppen von Interesse. Fehler oder technologische Unsicherheiten im Montageprozess können zur Beeinträchtigung der Haptikeigenschaften einzelner Bedienelemente oder Tastenfelder führen. Es ist deshalb naheliegend, den Haptiktest als 100-Prozent-Prüfung in den End-of-Line Test der Baugruppenfertigung zu integrieren. Diesem Umstand Rechnung tragend wurde GÖPEL electronic mit dem Bau eines End-of-Line-Testsystems für eine Zentrale Bedieneinheit (ICP – **I**ntegrated **C**ontrol **P**anel) beauftragt, die in jedem Fahrzeug verbaut und dementsprechend in einer sehr hohen Stückzahl

gefertigt wird. Neben einer Reihe von Messungen zur Sicherstellung der elektrischen Funktionen sowie der optischen Inspektion der Tastenbeschriftung ist auch die Prüfung der Haptikqualität in der Testspezifikation für die Baugruppe vorgeschrieben. Die dazu entwickelte Lösung besteht in der Ermittlung der Kraft-Weg-Kennlinie von Tasten sowie der Erfassung der Drehwinkel-Kennlinie von Drehstellern (z.B. des Lautstärkereglers). Aus den objektiven Messwerten lassen sich charakteristische Kennwerte berechnen, die zur Beurteilung der Haptikqualität herangezogen werden. Wesentliche Herausforderung bei der Integration eines entsprechenden Prüfaufbaus in die Fertigungslinie ist jedoch die Einhaltung des vorgegebenen Linientaktes, welcher in der beschriebenen Applikation eine maximale Prüfzeit von ca. 15 Sekunden für den vollständigen Test einer Baugruppe zulässt. Je nach Prüflingstyp kann ein zu testendes Modul 24 oder 35 Tasten aufweisen, die elektrisch getestet und auf ihre Haptikeigenschaften untersucht werden müssen.



*Bild 1: Prüflingsbaugruppe mit Bedientasten und Drehstellern*

### **Prüfaufbau**

Der Prüfaufbau besteht aus einem Gelenkarmroboter, dessen Betätigungseinheit auch schräg angeordnete Tasten bedienen kann, die nicht senkrecht von oben betätigt werden können (typisch z.B. für Schaltwippen an Multifunktionslenkrädern). Für den Test wird der Werkstückträger mit dem Prüfling aus dem Transportsystem ausgehoben und arretiert, der Roboter positioniert die Betätigungseinheit oberhalb der zu prüfenden Taste. Als eigentliches Betätigungselement kommt ein Linearaktuator zum Einsatz, der mit einem Messtaster zur Bestimmung des Bedienweges und einem Drucksensor zur Erfassung der Betätigungskraft bzw. Rückstellkraft der Taste ausgestattet ist. Die Aufzeichnung der Kennlinie beginnt, sobald die Vorwärtsbewegung des Aktuators gestartet wird und endet mit der Rückkehr in die Ausgangsposition. Die Fahrtrichtung des Linearaktuators kehrt sich beim Erreichen einer vordefinierten Maximalkraft oder einer ebenfalls in den Systemeinstellungen parametrierbaren maximalen Wegstrecke um. Beide Werte sind so zu dimensionieren, dass eine mechanische Beschädigung des Prüflings oder der Messeinrichtung ausgeschlossen werden kann.

## Prüfablauf und Auswertung

Das System arbeitet nach einem feststehenden Prüfablauf, der sich die zur Parametrierung des Testablaufs notwendigen Kennwerte aus editierbaren INI-Dateien ausliest. Dabei wird zwischen Anlagenparametern und prüflingspezifischen Parametern (z.B. Tastenanzahl und Roboterpositionen, Maximalkraft, Geschwindigkeit des Aktuators) unterschieden. Die Prüflingskennwerte selbst einschließlich vorgegebener Toleranzgrenzen für die Pass-/Fail-Auswertung werden über eine Datenbankanbindung kommuniziert, über die auch das Prüfergebnis dem übergeordneten System mitgeteilt wird.

Während der Bewegung des Betätigungselementes werden die Wertepaare aus Kraft und zurückgelegtem Weg mit einer Abtastrate von 20 kSamples/s kontinuierlich aufgezeichnet. Bedingt durch die Regelzeitkonstante und die Massenträgheit des Betätigungssystems hat die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Linearaktuator bewegt, einen bestimmenden Einfluss auf die Maximalkraft, die der Prüfling im Umkehrpunkt ausgesetzt wird. Die Betätigungsgeschwindigkeit kann deshalb nur so hoch gewählt werden, dass der Prüfling keiner unzulässigen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt wird. In der Praxis spielt das jedoch keine die Prüfzeit bestimmende Rolle, da das Verfahren und Positionieren des Betätigungssystems durch den Gelenkarmroboter einen deutlich höheren Zeitaufwand erfordert als der eigentliche Bedien- bzw. Messvorgang. Zur Optimierung der Taktzeit wird eine direkte Kommunikation zwischen Gelenkarmroboter und Linearaktuator hergestellt. Damit startet der Betätigungsvorgang unmittelbar nachdem der Roboter die Sollposition erreicht hat, bzw. wird die nächste Position angefahren, sobald das Betätigungssystem in seine Ausgangslage zurückgekehrt ist. Auf diese Weise werden nicht nur Stillstand-Zeiten im Mechaniksystem vermieden, sondern auch die Voraussetzung für eine Parallelisierung von Messdatenauswertung und Handlingablauf geschaffen.



*Bild: Haptik-Prüfzelle mit Roboter und Prüfling*

Bei Tasten, welche ein direkt geschaltetes elektrisches Signal erzeugen, wird zusätzlich zur Ermittlung der Wertepaare für Kraft- und Wegsignal auch der elektrische Schaltpunkt erfasst und in die grafische Darstellung der Signalverläufe eingetragen. Für Tasten, welche kein direktes Signal, sondern eine Buskommunikation, z.B. eine LIN-Botschaft erzeugen, liefert diese Messung allerdings keine verwertbare Aussage bezüglich der haptischen Eigenschaften, da die Busarbitrierung im Steuergerät bzw. auf dem Datenbus den Zusammenhang zwischen mechanischem und elektrischem Schaltpunkt verfälscht.

## Auswertung der Daten

Die aufgenommenen Daten werden im System einer automatischen Auswertung nach Pass-/Fail-Kriterien unterzogen. Relevant für die Bewertung der haptischen Eigenschaften des Prüflings sind nicht nur die Absolutwerte der Betätigungskraft und der ihnen jeweils zugeordnete Betätigungsweg, sondern auch die relative Lage der Extrema zueinander. So ist die Differenz der Kraftwerte im mechanischen Schaltpunkt und dem darauffolgenden Minimum nach Überwindung der Federkraft des Tastenelementes ausschlaggebend für ein „knackiges“ Schaltgefühl, ebenso die Wegstrecke zwischen den Extrema. Ist dieser Weg zu lang, ergibt sich ein unbestimmtes, „teigiges“ Schaltgefühl. Je geringer die Wegdifferenz zwischen mechanischem Druckpunkt und elektrischem Schaltpunkt ist, umso besser ist die Taste. Liegen mechanischer und elektrischer Schaltpunkt zu weit auseinander, erscheint dem Bediener die Funktion als unsicher. Neben der automatisierten Auswertung anhand vorgegebener Toleranzbereiche kann der sich Anwender die aufgenommenen Kennlinien grafisch darstellen lassen und einer subjektiven Bewertung unterziehen.

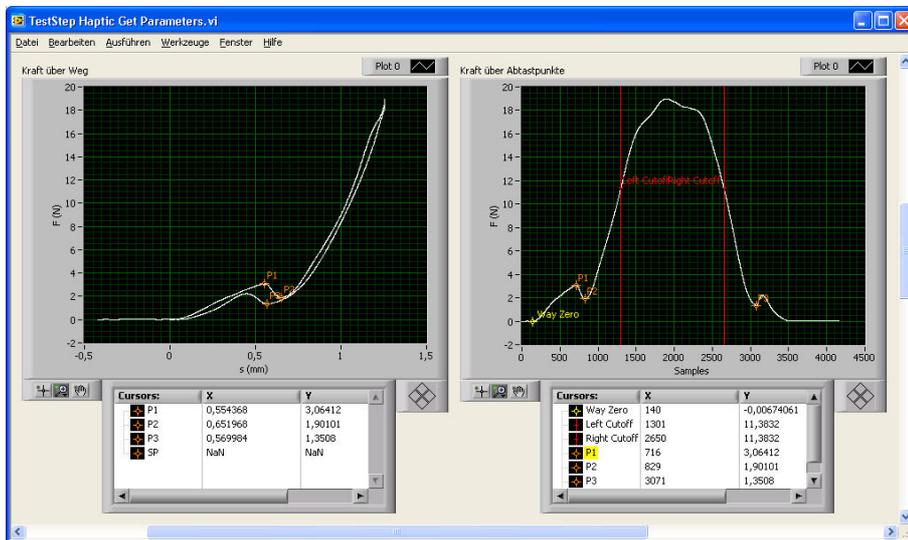


Bild: Schematische Darstellung der Weg-Zeit- und Kraft-Zeit-Kurven

## Kalibrierung

In der Prüfzelle ist eine Kalibriervorrichtung integriert, mit deren Hilfe die im Dauereinsatz befindliche Sensorik der Betätigungseinheit (Kraftsensor und Weggeber) überprüft und gegebenenfalls korrigiert wird. Dazu führt der Roboter eine sogenannte Grundstellungsfahrt aus. Die Anzahl von Messzyklen, nach denen eine Neukalibrierung des Messsystems durchgeführt werden soll, wird in der Systemsoftware als Parameter hinterlegt. Der Bediener kann die Grundstellungsfahrt aber auch jederzeit manuell starten

und einen Kalibriervorgang auslösen, beispielsweise, wenn im Serienbetrieb tendenzielle Veränderungen der Messergebnisse festgestellt werden. Erkennt das System einen Eingriff von außen, wie das Öffnen der Verkleidungen der Prüfwelle beim Havarie- oder Serviceeinsatz, wird die Kalibrierung automatisch durchgeführt, bevor das System seine Betriebsbereitschaft meldet.

### **Praktische Erfahrungen mit dem System**

Die Integration des Haptiktests in den End-of-Line-Test von Bedieneinheiten hat sich bewährt, da es Fehlermöglichkeiten im manuellen oder teilautomatisierten Montageprozess von Baugruppen sicher erkennt und eine nahezu einhundertprozentige Lieferqualität gegenüber dem OEM gewährleistet. Das System arbeitet nunmehr bereits in der zweiten Generation, sodass neben der Erweiterung des Funktionsumfangs z.B. auf Drehsteller ein sehr hoher Reifegrad bezüglich Fehlererkennung und Prüfzeitoptimierung erreicht wurde. In der aktuellen Installation erfolgt der Haptiktest an einer separaten Prüfstation – elektrischer Funktionstest sowie optische Kontrolle der Beschriftung und Tastaturbeleuchtung sind in einer zweiten Prüfwelle angesiedelt. Dadurch bringt die Integration des Haptiktests keine Verlangsamung des Linientaktes mit sich.

#### Autoren:

Frank Pauli, Senior Manager des Engineering-Teams für Akustik-, Motorentest und End-of-Line-Testsysteme

Manfred Schneider, geschäftsführender Gesellschafter des Geschäftsbereichs Automotive Test Solutions (ATS)