



Eignungsnachweise bei attributiven Prüfprozessen

Teil 1: Begrifflichkeiten und Voraussetzungen

Dieses Whitepaper bildet den Auftakt einer dreiteiligen Reihe zu attributiven Prüfprozessen und bietet eine kompakte Übersicht über die wichtigsten Methoden zum Eignungsnachweis. Es erläutert grundlegende Begrifflichkeiten, stellt die methodischen Voraussetzungen dar und zeigt typische Anwendungsbereiche auf. Besonderes Augenmerk liegt auf der Einordnung aktueller Verbands- und Firmenrichtlinien wie AIAG MSA und VDA Band 5, die als Basis für die Bewertung und Auswahl geeigneter Prüfverfahren dienen.

Durch die klare Definition von Merkmalstypen, Prüflosen und Referenzlosen sowie die Darstellung relevanter Methoden schafft das Whitepaper eine fundierte Grundlage für die praxisorientierte Anwendung und Weiterentwicklung attributiver Prüfprozesse im Qualitätsmanagement.

In welchen Richtlinien sind Verfahren beschrieben?

Dieses Dokument ist Teil 1 einer dreiteiligen Whitepaper-Reihe zu attributiven Prüfprozessen. Die Reihe stellt die verschiedenen Methoden zum Eignungsnachweis attributiver Prüfprozesse in einer kompakten Übersicht vor. Dabei wird auf aktuelle Verbands- und Firmenrichtlinien Bezug genommen und es werden Voraussetzungen, typische Anwendungsbereiche sowie methodische Grundlagen erläutert. Dieses Whitepaper legt die Grundlage, indem es Begrifflichkeiten erläutert und Voraussetzungen definiert.

In welchen Richtlinien sind Verfahren beschrieben?

Vorgehensweisen zum Eignungsnachweis attributiver Prüfprozesse sind sowohl in der AIAG MSA (2010) als auch im VDA Band 5 (2021) zu finden. Der VDA Band 5 bietet dabei die größere Übersicht, da alle derzeit üblichen Verfahren mit Anwendungsbereich sowie Vor- und Nachteilen in diesem Band beschrieben sind. Darüber hinaus sind Firmenrichtlinien wie das Bosch Heft 10 (2019) zu empfehlen, die jeweils die Verfahren beschreiben, die in den herausgebenden Unternehmen als adäquat angesehen werden.

Was sind attributive Prüfprozesse?

Um attributive Prüfprozesse im Umfeld statistischer Methoden richtig einzuordnen, braucht es eine kurze Vertiefung in Sachen „Messen“ und „Prüfen“, aber auch in Sachen „attributiv“ und „diskret“.

In vielen Papieren wird das Prüfen dem Messen gegenübergestellt. Vielfach werden Messprozesse dadurch charakterisiert, dass Messwerte entstehen, während Prüfprozesse ohne Messwerte auskommen. Mit Lehren kann man also prüfen, mit Bügelmessschrauben messen. Dass diese Definition nicht haltbar ist, sieht man daran, dass eine Bügelmessschraube ein Prüfmittel sein kann, das der Prüfmittelüberwachung zugeordnet ist.

In anderen Papieren wird aus einem Messmittel dann ein Prüfmittel, wenn der damit verbundene Messprozess die letzte Entscheidung über die Produktqualität trifft, bevor das Produkt den Kunden erreicht. Hier wird also eher eine risikobasierte Unterscheidung getroffen.

Im VDA-Band 5 wird das „Prüfen“ allerdings als Konformitätsprüfung interpretiert. Das heißt, in einem Prüfprozess wird entschieden, ob ein Merkmal, Bauteil oder auch ein Messmittel den an das Objekt gestellten Anforderungen genügt. Dazu kann sowohl auf einen Messwert als auch auf eine attributive Bewertung zurückgegriffen werden. Der Prüfprozess ist also dem Messprozess oder attributiven Bewertungsprozess nachgelagert, wie in Abbildung 1 und 2 verdeutlicht.



Abbildung 1: Messen vs. Bewerten

Der VDA Band 5 stellt attributive Prüfprozesse folgendermaßen dar:

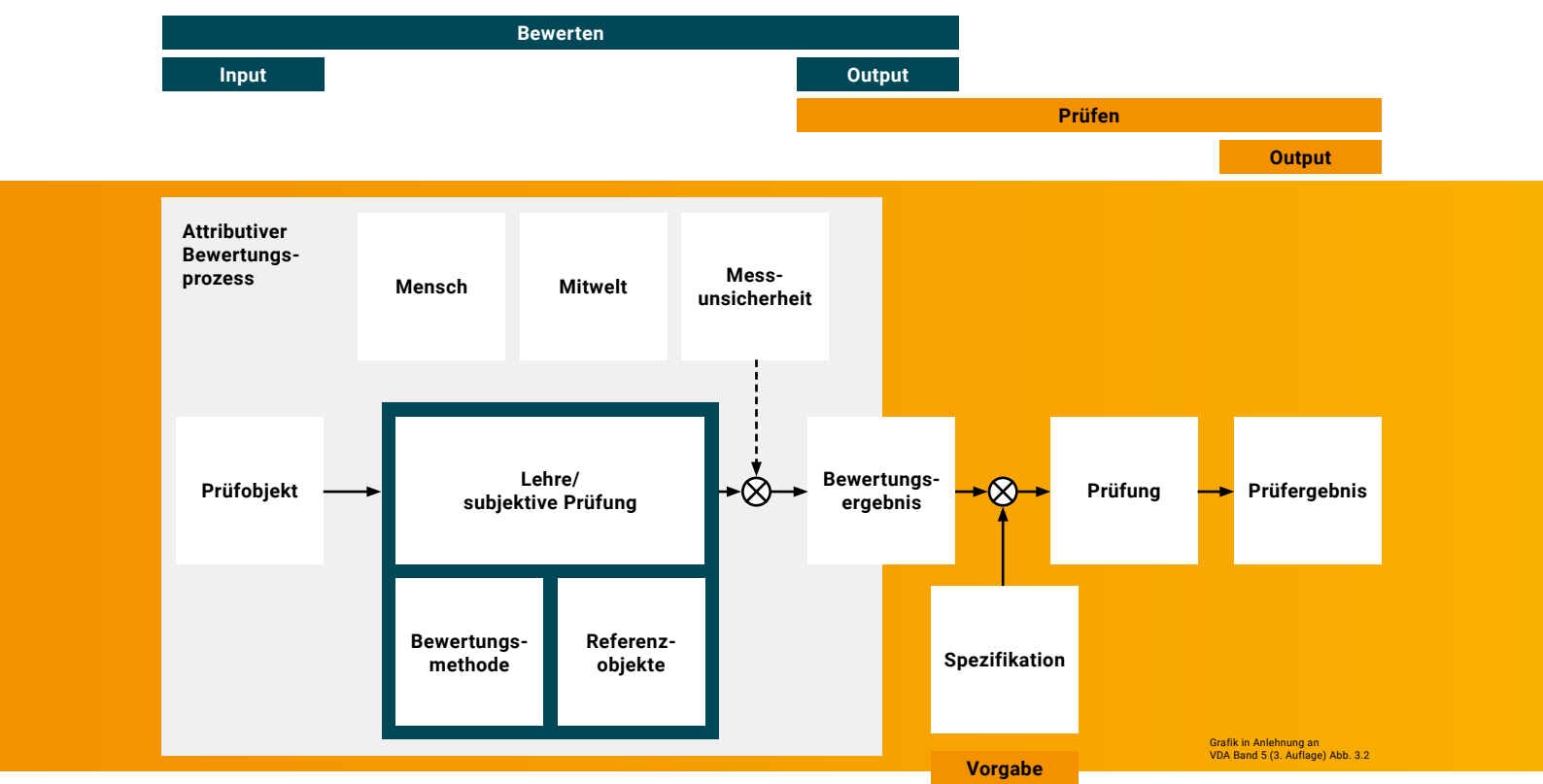


Abbildung 2: Attributiver Prüfprozess

Eine weitere Irritation entsteht dadurch, dass wir zwar Attribute prüfen, jedoch diskrete Merkmale auswerten. Attributive Merkmale sind Eigenschaften wie „Farben“ oder auch „i. o. “, die sich nicht in unserem Sinne statistisch bewerten

lassen. Erst das Zählen der Objekte mit den jeweiligen Eigenschaften führt zu statistisch analysierbaren Daten. Prüft man täglich 100 Bolzen, so findet man eine gewisse Anzahl fehlerhafter Bolzen. Damit entsteht auf Basis einer speziellen Ausprägung eines attributiven Merkmals ein diskretes Merkmal, das eben diskrete Zählwerte „0, 1, 2, 3, 4, 5, ...“ annehmen kann, aber beispielsweise nicht „4,27 fehlerhafte Bolzen“.

Welche Merkmalsarten gibt es?

Attributive Merkmale werden unterschieden in nominale und ordinale Merkmale.

- Nominale Merkmale besitzen unterscheidbare Ausprägungen (zum Beispiel Farben), die aber keiner natürlichen Rangfolge aufweisen. Rosen sind beispielsweise rot, weiß oder gelb, ohne dass dadurch eine natürliche Rangfolge entsteht.
- Ordinale Merkmale besitzen unterscheidbare Ausprägungen (zum Beispiel Zufriedenheit) die eine Rangfolge besitzen (sehr zufrieden, eher zufrieden, weniger zufrieden, unzufrieden).

Sehr wichtig ist bei dieser Definition der Begriff „natürliche Rangfolge“. Die Farbe der Rose ist nur eine Eigenschaft ohne Rang. Sucht man allerdings eine dunkelrote Rose, so kann aus der Farbe auch eine Ordinalskala werden, in dem man Kategorien wählt wie „dunkelrot“, „rot“, „blassrot“, „rosa“, „nicht rot“, wodurch ein ordinales Merkmal geschaffen wurde.

Diese Unterscheidung der Merkmale ist wichtig, denn in der Beurteilung der Prüfprozesse kann man bei nominalen Merkmalen nur bewerten, ob die richtige Kategorie getroffen wurde, während man bei ordinalen Merkmalen auch bewerten kann, „wie weit“ man danebengetippt hat.

Ein weiterer Begriff, der immer wieder gebraucht wird, sind „binäre Merkmale“. Das sind Merkmale, die nur zwei Kategorien besitzen, die nominal (zum Beispiel i. o. /n. i. o.) oder ordinal (zum Beispiel A-Ware/B-Ware) sein können.

Weiterhin wird unterschieden zwischen „(rein) diskreten“ und „diskretisierten“ Merkmalen. „Diskretisierte Merkmale“ sind solche, die gemessen werden könnten (zum Beispiel Durchmesser und Position), tatsächlich aber attributiv bewertet werden (zum Beispiel mit einer Abstecklehre), weil dadurch beispielsweise wesentlich schneller auf Verbaubarkeit geprüft werden kann. „Rein diskrete“ Merkmale dagegen entziehen sich weitestgehend jeder Messbarkeit, wie die subjektive Bewertung der Maserung einer Tischplatte aus Holz. Einige Verfahren zum Eignungsnachweis (Signalerkennung, Analytische Methode) sind nur bei diskretisierten Merkmalen anwendbar.

Voraussetzungen

Prüflos

Das Prüflos ist die Zusammenstellung der Teile, die für die Durchführung des Eignungsnachweises herangezogen werden. Das Prüflos wird bei attributiven Prüfprozessen einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis des

Eignungsnachweises haben, weshalb diese Teile sehr sorgfältig ausgewählt werden müssen. Je nach durchgeführter Methode können die Prüflöse unterschiedlich zusammengestellt werden.

Allgemein gilt allerdings, dass die Wahrscheinlichkeit einer Fehlentscheidung für ein Teil steigt, je näher das Teil an eine Entscheidungsgrenze/Toleranzgrenze heranrückt. Liegt das Teil direkt auf der Entscheidungsgrenze (Situation 4) liegt sowohl die Wahrscheinlichkeit einer Annahme als auch die Wahrscheinlichkeit einer Ablehnung bei 50%. Für die Situationen 1 und 5 sind die Entscheidungen bei der vorliegenden Unsicherheit immer eindeutig, es sind keine abweichenden Urteile zu erwarten.

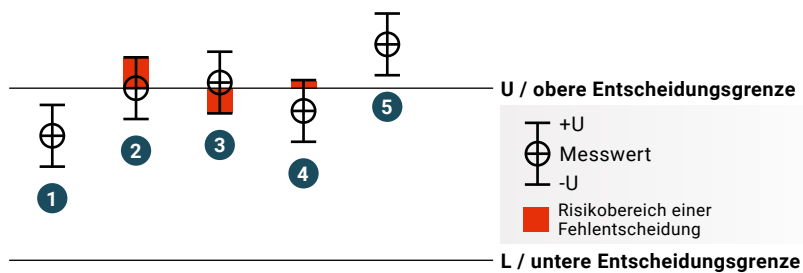


Abbildung 3: Lage des Risikobereichs

Daraus folgt ebenso, dass Teile in der Toleranzmitte (und weit außerhalb der Toleranz) wenig zum Eignungsnachweis beitragen, weil sie selbst bei großer Messunsicherheit immer gleiche Entscheidungen liefern, während Teile auf der Toleranzgrenze selbst bei kleinsten Messunsicherheiten noch abweichende Urteile liefern.

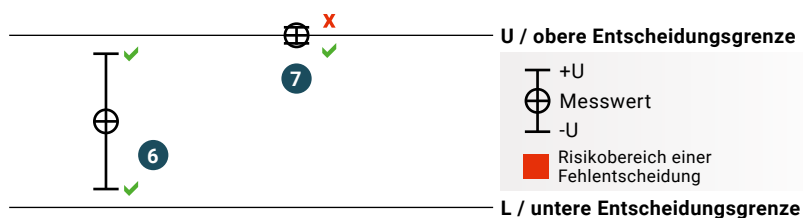


Abbildung 4: Teile die wenig Information für den Eignungsnachweis liefern

Dadurch wird deutlich, dass aus dem realen Prüflös immer nur wenige Teile Beiträge zu den Eignungsnachweisen liefern, weshalb die Prüflöse deutlich größer sein müssen, als bei den bekannten Methoden für Messprozesse.

Für attributive Eignungsnachweise müssen in der Regel große Prüflöse (>100 Teile) zusammengestellt werden. Die AIAG MSA geht davon aus, dass Prüflöse durch zufällige Entnahme von Teilen aus der Produktion zusammengestellt werden. Werden dem Los dann speziell ausgewählte Teile an den Toleranzgrenzen hinzugefügt, nennt die AIAG MSA solche Lose „Salted Samples“. In der Praxis wird die zufällige Entnahme in der Regel nicht möglich sein, weshalb die Teile der Prüflöse gezielt ausgewählt werden müssen.

Darüber hinaus sollte das Prüflös alle Eigenschaften und Fehlerarten des Produktionsprozesses in einem repräsentativen Verhältnis aufweisen. Die fehlerhaften Teile im Prüflös sollten die Fehlerarten im gleichen Verhältnis enthalten, wie sie im realen Fertigungsprozess auftreten. Damit wird verhindert, dass leicht

entdeckbare Fehler eine scheinbare Eignung belegen, während schwer entdeckbare Fehler vermieden werden, oder umgekehrt.

Es wird deutlich: Schon die Auswahl des korrekten Prüfloses entscheidet über das Ergebnis des Eignungsnachweises. Um Fehlleistungen und unnötige Kosten oder sogar fehlerhafte Eignungsnachweise zu vermeiden, sollte hier unbedingt Expertenrat eingeholt werden.

Referenzlos

Das Referenzlos ist eine Zusammenstellung von Referenzobjekten, die typische Fehlerbilder zeigen. Es dient zur Verdeutlichung für die Prüfer, welche Fehlerbilder wie zu bewerten sind. Deshalb sollte das Referenzlos vor allem grenzlagige Objekte enthalten, um eine eindeutige Beurteilung zu ermöglichen. Umgangssprachlich wird oft davon gesprochen, dass „Prüfer mit einem Referenzlos kalibriert werden“. Ein Referenzlos kann durch reale Prüfobjekte oder auch durch eine Fotodokumentation dargestellt werden.

Methoden

In den bekannten Verbands- und Firmenrichtlinien werden mehrere Methoden vorgestellt, die verschiedene Eigenschaften der attributiven Prüfprozesse beleuchten. Die Verbandsrichtlinien AIAG MSA und VDA Band 5 verzichten auf eine konkrete Forderung, sondern verweisen darauf, dass die Auswahl des passenden Verfahrens beim Prozesseigner liegt, bzw. von Kunde und Lieferant in Absprache festgelegt werden soll. Hintergrund ist, dass kein Verfahren die Eignung des Prüfprozesses in seiner Gesamtheit beschreibt und deshalb widersprüchliche Ergebnisse entstehen können. Der VDA Band 5 erwähnt, dass oft mehr als ein Verfahren nötig ist, um alle Aspekte eines attributiven Prüfprozesses zu bewerten. Auch hier ist die Unterstützung durch Experten dringend zu empfehlen.

Im zweiten Teil dieser Reihe zu „attributiven Prüfungen“ werden ausgesuchte Methoden für diskrete Merkmale beschrieben.

Die Nominalen Methoden sind für alle Arten attributiver Merkmale anwendbar, sowohl rein diskret als auch diskretisiert. Folgende Methoden werden behandelt:

- Short Method
- Kappa Cohen/Fleiss
- Effektivität/Miss Rate/False Alarm Rate
- Bowker-Test

Für den Eignungsnachweis attributiver Prüfprozesse ordinaler Merkmale wird auf den Konkordanzkoeffizienten verwiesen.

Im dritten Teil dieser Reihe zu „attributiven Prüfungen“ werden zwei Verfahren für diskretisierte Merkmale beschrieben:

- Signalerkennung
- Analytische Methode

Außerdem wird hier noch auf die Verwendung von Kamerasystemen eingegangen.

Fazit

Schon die Einführung in das Thema „Attributive Prüfprozesse“ zeigt, wie vielschichtig das Thema ist. Für Anwender lohnt es, sich intensiver mit dieser Thematik auseinanderzusetzen. Dazu geben die zwei weiteren Whitepaper der Reihe Gelegenheit.

Über Testo Industrial Services

Die Testo Industrial Services GmbH ist einer der führenden Anbieter von messtechnischen Dienstleistungen für Kalibrierung und GxP-Services in Deutschland. Als Tochter des Messgeräteherstellers Testo SE & Co. KGaA verfügen wir über mehr als 60 Jahre Erfahrung in der Messtechnik. Zum Dienstleistungsportfolio zählen neben ISO-/Werkskalibrierung ebenso DAkkS-akkreditierte Kalibrierungen nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 und ganzheitliche Prüfmittelmanagementlösungen für eine zuverlässige Prüfmittelüberwachung. Darüber hinaus bieten wir auch Services in den Bereichen Qualitätssicherung, Qualifizierung und Validierung an. Ein breites Weiterbildungsangebot mit Seminaren und kostenfreien Webinaren rundet das Serviceportfolio ab.

Consulting Quality Assurance

Wir bieten Schulung und Beratung zur Anlaufbegleitung nach APQP und Qualitätssicherung sowie Akkreditierungsvorbereitungen nach ISO/IEC 17025 in den Branchen:

- Automotive (OEMs und Zulieferer)
- Aerospace
- Medical und
- Defence

Unsere Beratungsdienstleistungen im Detail

- Qualifizierung von Mess- und Prüfprozessen
- Messsystemanalyse, MSA
- Eignungsnachweise nach VDA5.X
- Qualifizierung von Fertigungsprozessen
- Maschinen- und Prozessfähigkeit, MFU/PFU
- Statistische Prozesslenkung, SPC
- Prüfplanung
- Identifikation der zu messenden Merkmale
- Technologiescreening für Planung und Aufbau eines neuen Prüfstands
- Prüfmittelmanagement
- Digitale Prüfmittelverwaltung (PRIMAS)
- Optimiertes Prüfmittelmanagement z.B.: Kalibrierintervall/Fehlergrenze/Entscheidungsregeln
- Akkreditierungsvorbereitung nach ISO/IEC 17025
- Aufnahme Ist-Situation/Gap-Analyse
- Handlungsempfehlung anhand der identifizierten Gaps und Ausarbeitung einer Projektskizze für die Akkreditierungsvorbereitung

Autoren

**Frank Platte**

Junior Consultant Quality Assurance
fplatte@testotis.de

Frank Platte ist Juniorberater im Bereich Quality Assurance Consulting bei der Testo Industrial Services GmbH. Seit 2023 ist er Teil des Consulting Quality Assurance-Teams. Zuvor studierte er Produktion und Logistik an der TH Köln. Bei Testo Industrial Services beschäftigt er sich mit Eignungsnachweis nach VDA 5, MSA nach AIAG

und Akkreditierungsvorbereitungen für Prüf und Kalibrierlaboratorien nach ISO/IEC 17025:2017.

**Dipl.-Ing. Stephan Conrad**

Senior Consultant Quality Assurance
sconrad@testotis.de

Dipl.-Ing. Stephan Conrad ist Senior Berater im Team Quality Assurance Consulting bei Testo Industrial Services GmbH. Seit 2000 beschäftigt er sich mit den Anforderungen und Vorgehensweisen zur Qualifikation von Maschinen und Prozessen, Statistical Process Control (SPC), Prozessoptimierung sowie Messsystemanalysen

und dem Eignungsnachweis von Mess- und Prüfprozessen. Mit seiner langjährigen Expertise unterstützt und berät er Unternehmen aus der Automobilindustrie, der Medizintechnik und dem Maschinenbau bei der Entwicklung von Qualitätsstrategien, der Prozess- und Richtliniengestaltung sowie deren methodischer Umsetzung.

