

**Universität Dortmund**

Fakultät Maschinenbau

Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund

## **Diplomarbeit**

**Untersuchung der Zuverlässigkeit der visuellen Qualitäts-  
prüfung in einem Zulieferunternehmen der  
Automobilindustrie**

von

Andreas Theilmeier

Matrikelnummer: 9072

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Laurig  
Dr. M. Schütte

Ausgegeben am: 20.02.1997

Eingereicht am: 10.06.1997

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand am Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund in der Abteilung Ergonomie.

Dem Direktor der Abteilung Ergonomie, Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Laurig möchte ich für die Möglichkeit zur Durchführung der Arbeit und für seine wissenschaftliche Unterstützung danken.

Herrn Dr. M. Schütte und Herrn Dipl.-Ing. U. Dettmer gilt mein Dank für die Anregung zur Bearbeitung des Themas, für die Unterstützung bei der Versuchsplanung und -durchführung, bei der statistischen Auswertung und für ihre stete Gesprächsbereitschaft.

Mein Dank gilt ebenfalls den Mitarbeitern der Firmen Erbslöh AG - Velbert, Alro NL - Belgien und KSK GmbH - Geilenkirchen, ohne die diese Untersuchung nicht möglich gewesen wäre.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Methodisches Vorgehen	9
3	Beschreibung des Produktionsablaufs	11
4	Klassifizierung von Prüfergebnissen	13
	4.1 Problematik visueller Qualitätsprüfungen	13
	4.2 Inspektionsfehler	13
5	Untersuchung der externen Kunden-Lieferanten-Beziehung	15
	5.1 Versuchsbeschreibung	15
	5.2 Versuchsergebnisse	18
	5.2.1 Kontrolle der Qualitätsvereinbarungen an der Schnittstelle "Rohteile-Grundierer"	18
	5.2.2 Kontrolle der KTL-Beschichtung der Wasserabweiser	19
	5.2.3 Kontrolle der Lackierung der Wasserabweiser	20
	5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	22
	5.4 Diskussion der Ergebnisse	23
6	Untersuchung der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung bei der Endkontrolle naßlackierter Wasserabweiser	26
	6.1 Beschreibung der Tätigkeiten in der Abteilung "Naßlack"	26
	6.1.1 Versuchsablauf	26
	6.2 Untersuchung der Beleuchtungsbedingungen in der Abteilung "Naßlack"	28
	6.2.1 Einleitung	28
	6.2.2 Beleuchtungsmessungen an Montagearbeitsplätzen in der Abteilung "Naßlack"	29
	6.2.2.1 Versuchsbeschreibung	29
	6.2.2.2 Versuchsergebnisse	30
	6.2.2.3 Diskussion der Meßergebnisse	31
	6.2.3 Beleuchtungsbedingungen des eingerichteten Versuchsfelds	33
	6.2.3.1 Versuchsbeschreibung	33
	6.2.3.2 Versuchsergebnisse	33

---

6.2.3.3 Diskussion	35
6.3 Ermittlung der Zuverlässigkeit der internen Qualitätsprüfung	37
6.3.1 Beschreibung der Versuchsgruppe	37
6.3.2 Bestimmung der Sehschärfe	37
6.3.3 Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchung	37
6.3.4 Diskussion	39
6.4 Ermittlung der Zuverlässigkeit unter variierten Beleuchtungsbedingungen	40
6.4.1 Hypothese	40
6.4.2 Versuchsdurchführung	40
6.4.3 Beleuchtungsbedingungen in der Abteilung "BPT"	41
6.4.3.1 Ergebnisse der Rastermessungen	41
6.4.3.2 Zeitlicher Verlauf der Beleuchtungsstärke	42
6.4.4 Zuverlässigkeit in der Abteilung "BPT"	44
6.4.4.1 Beschreibung der Versuchsgruppe	44
6.4.4.2 Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchung	44
6.4.5 Beleuchtungsbedingungen in der Abteilung "Eloxal"	46
6.4.5.1 Ergebnisse der Rastermessungen	46
6.4.6 Zuverlässigkeit in der Abteilung "Eloxal"	48
6.4.6.1 Beschreibung der Versuchsgruppe	48
6.4.6.2 Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchung	48
6.4.7 Vergleich der Beleuchtungsbedingungen	50
6.4.8 Vergleich der Zuverlässigkeit	50
6.4.9 Diskussion	52
7 Subjektive Bewertungen	53
7.1 Befragung der Mitarbeiter zur Tätigkeit und Arbeitsumgebung	53
7.1.1 Beschreibung des eingesetzten Fragebogens	53
7.1.2 Beschreibung der Versuchsgruppe	54
7.1.3 Versuchsergebnisse	54
7.1.4 Diskussion der Versuchsergebnisse	57
7.2 Paarvergleich ausgewählter Arbeitsplatzelemente	58
7.2.1 Einleitung	58

---

7.2.2 Beschreibung der Versuchsgruppe	58
7.2.3 Systematik des Paarvergleichs	59
7.2.4 Auswahl der Reize	60
7.2.5 Analyse des individuellen Antwortverhaltens	60
7.2.6 Ergebnisse des Paarvergleichs	63
7.2.7 Diskussion	64
7.3 Paarvergleich zur Ermittlung der Entdeckungsschwierigkeit unterschiedlicher Fehlertypen	65
7.3.1 Einleitung	65
7.3.2 Beschreibung der Versuchsgruppe	65
7.3.3 Durchführung des Paarvergleichs	65
7.3.4 Versuchsergebnisse	66
7.3.5 Diskussion der Ergebnisse	71
8 Bewertung der durchgeführten Untersuchungen	72
8.1 Interne Validität	72
8.2 Externe Validität	74
9 Zusammenfassung	76
10 Praktische Schlußfolgerungen	79
11 Literaturverzeichnis	80
Anhang	88

## 1 Einleitung

Zunehmender Wettbewerb, steigende Qualitätsanforderungen und hoher Kostendruck, insbesondere im Bereich der Automobilzulieferindustrie, verlangen von den Unternehmen eine laufende Verbesserung ihrer Produktionsprozesse und Produktqualität. So fordern Fahrzeughersteller von ihren Zulieferern eine Zertifizierung nach DIN/ISO 9000 ff. (DGQ, 1987; Womak et al., 1992). Darüber hinaus ergaben sich durch die Aufnahme der EG-Produkthaftungsrichtlinie in die deutsche Gesetzgebung erhöhte Anforderungen an die Zuverlässigkeit betrieblicher Qualitätssicherungsmaßnahmen (Cromme, 1990).

Zur Sicherung der Qualität ihrer erzeugten Produkte setzen die Unternehmen zum Beispiel Verfahren des Qualitätsmanagements, wie Quality Function Deployment (QFD), Fehlermöglichkeits- und -einflußanalyse (FMEA) oder Statistische Prozeßregelung (SPC) ein (Pfeiffer, 1996). Gleichzeitig wird die Verantwortung der Mitarbeiter durch die Einführung von Selbstprüfung, Qualitätszirkeln und kontinuierlichen Verbesserungsprozessen (KVP) gestärkt, um so eine weitere Erhöhung und/oder Sicherung der Produktqualität zu erreichen (Hansen, 1988; Kirstein, 1988; Berens, 1989; Wittig, 1991; Bungart 1992; Haug et al., 1993).

Wenn sich auch durch derartige Qualitätsmanagementverfahren die Häufigkeit von Produktfehlern reduzieren läßt, so ist eine zusätzliche, fertigungsbegleitende Prüfung der Produkte und/oder eine Endprüfung, zur Erreichung der geforderten Qualität oftmals unumgänglich, da häufig der Anteil fehlerloser Produkte in einem Los nicht den vom Kunden gestellten Vorgaben entspricht. Dementsprechend zeigen Untersuchungen, daß sowohl die Anzahl von Prüfarbeitsplätzen, als auch der Anteil der Prüfzeit an anderen Arbeitsplätzen zunimmt. So ergab eine in der Metallindustrie durchgeführte Befragung, daß hier bereits 64% aller Arbeiten im Bereich der mechanischen Fertigung, sowie 24% der Arbeiten im Montagebereich "Prüf- und Kontrolltätigkeiten" beinhalten (Eissing, 1992).

Weiterhin sinkt in vielen industriellen Unternehmen aufgrund erfolgreicher Spezialisierung und Konzentration auf wenige Kerngeschäfte die eigene Fertigungstiefe, während die Komplexität der hergestellten Produkte permanent zunimmt (Bösenberg und Metzen, 1993; Pfeifer, 1996). Die Beziehungen der Produzenten zu ihren Zulieferern erhalten dadurch bedingt einen immer höheren Stellenwert. Deren Fähigkeiten, Komponenten zuverlässig in der gewünschten Qualität bereitzustellen, beeinflussen die Fähigkeit des Produzenten zur Herstellung von Produkten mit hoher Qualität erheblich. Neben der Sicherung der internen Produktqualität beim Hersteller wird damit eine exakte Definition der erforderlichen Produktqualität an jeder Schnittstelle dieser externen Kunden-Lieferanten-Beziehung entlang der Wertschöpfungskette notwendig.

Zur Sicherung der Produktqualität sind somit Qualitätsprüfungen an den einzelnen Schnittstellen notwendig. Werden diese Prüfungen von Menschen durchgeführt, ist zu berücksichtigen, daß die Reliabilität menschlicher Prüfentscheidungen allgemein von den bei der Aufgabendurchführung auftretenden Belastungen und Beanspruchungen abhängt (Rohmert und Haider, 1988). Unter Belastung versteht man alle von außen auf den Menschen einwirkenden Einflüsse. Die sich dadurch in Abhängigkeit von den jeweils vorhandenen individuellen Eigenschaften zeitlich unmittelbar ergebenden Auswirkungen auf den Menschen werden als Beanspruchung bezeichnet (DIN 33405; ISO 10075; Rohmert, 1985; Laurig, 1992; Nachreiner, 1995).

In diesem Rahmen ist allerdings zu berücksichtigen, daß der Mensch die Fähigkeit besitzt, sich den auftretenden Belastungen aktiv anzupassen. Die Wahl des jeweiligen Kompensationsverhaltens hängt dabei von individuellen Wahrnehmungs-, Bewertungs- und Adaptionsprozessen ab (Künstler, 1980; Nitsch & Allmer, 1978). Nach diesem Modell führt der Mensch, nach der Analyse der aktuellen Aufgabenanforderungen, einen ständigen Vergleich zwischen der von ihm geforderten und der von ihm tatsächlich erbrachten Leistung durch (Soll-Ist-Wert Vergleich). Liegt der

Ist-Wert unter dem vorgegebenen Soll-Wert, so prüft er im weiteren, ob die Gründe in ihm selbst (interne Kausalattribution), oder an äußeren Umständen, wie etwa den jeweils gegebenen Belastungen (externe Kausalattribution) liegen. Um den Sollwert zu erreichen, kann der Mensch sich dann etwa für eine Variation seiner Tätigkeitsausführung, oder eine Steigerung seines Aufwands entscheiden. Hinweise auf derartige, bei der Tätigkeitsdurchführung auftretende subjektive Wahrnehmungen und Bewertungen lassen sich über Befragungsinstrumente gewinnen.

Insgesamt ergibt sich daraus die Notwendigkeit bei einer umfassenden Ist-Zustandsanalyse der Zuverlässigkeit von Qualitätsprüfungen alle Schnittstellen, sowohl die externen als auch die internen, im gesamten Produktentstehungszyklus zu betrachten. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll bei der Analyse von Qualitätsprüftätigkeiten nicht nur die auftretenden Belastungen und Beanspruchungen zu ermitteln, sondern auch die darauf bezogenen subjektiven Bewertungen. Bisher existieren jedoch nur wenige, von einem derartig umfassenden Ansatz ausgehende Untersuchungen (Hänecke, 1995).

## 2 Methodisches Vorgehen

In der folgenden Untersuchung soll zunächst die Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfungen an den einzelnen Schnittstellen der Produktfertigung ermittelt werden, um Aufschluß über das Maß der Beeinflussung der Qualität eines Produktes am Ende der Wertschöpfungskette durch einzelne vorgelagerte Produktionsstufen zu erhalten und um den Zeitpunkt einer Fehlerentstehung zu bestimmen. In der dazu in einem Zulieferunternehmen der Automobilindustrie durchgeführten Feldstudie werden deshalb alle am Herstellungsprozeß des Produkts beteiligten Betriebe explizit mitberücksichtigt (vergleiche Abbildung 2.1).

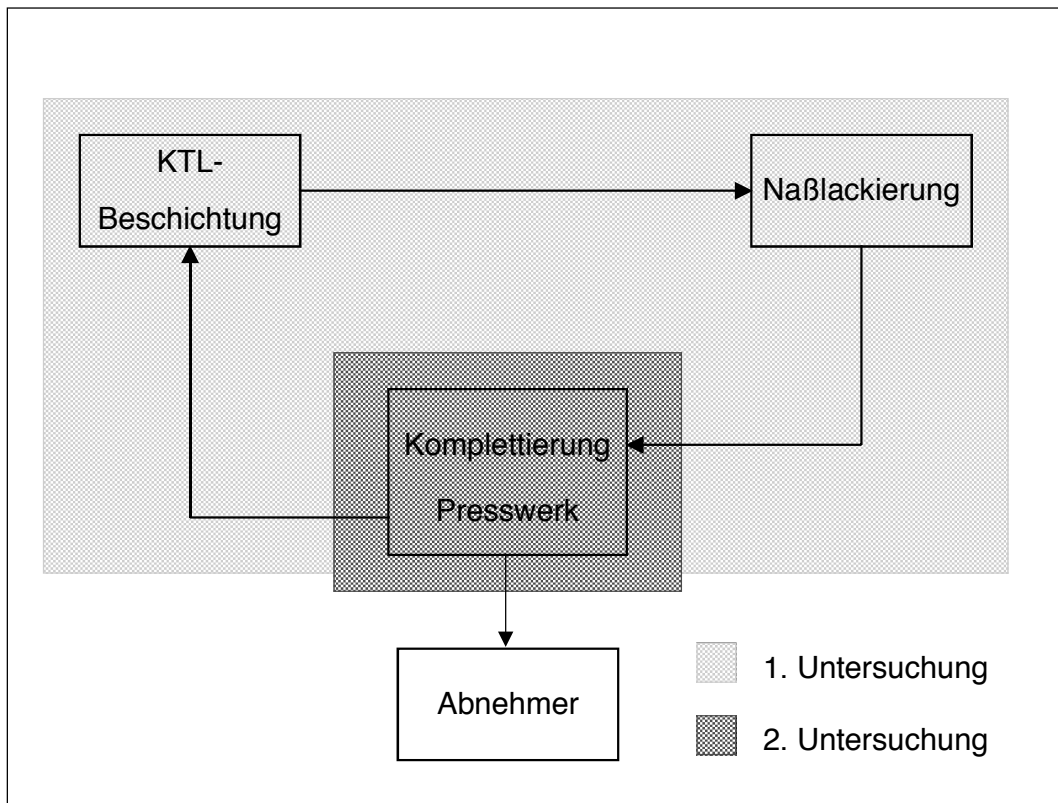


Abbildung 2.1: Durchgeführte Untersuchungen in der Produktionskette "Naßlackierter Wasserabweiser"

In einer zweiten Felduntersuchung erfolgt die Ermittlung der Zuverlässigkeit der Endprüfung des Produktes beim Automobilzulieferer selbst. In diesem Rahmen werden Belastungen durch Umgebungsbedingungen, insbesondere die Beleuchtung und deren Einflüsse auf die Prüfergebnisse erhoben (Benz, 1983; Bremberger, 1976; Fechner, 1994).

Zur Bestimmung der individuellen Verarbeitung der auftretenden Belastungen ist dabei der Einsatz von Befragungsinstrumenten vorgesehen.

### 3 Beschreibung des Produktionsablaufs

Der Automobilzulieferer fertigt zur Zeit mit einer Belegschaft von ca. 900 Mitarbeitern Aluminiumprofile. Ein Teil der Produktion (ca. 30%) besteht aus der Fertigung von Funktions- und Zierleisten für die Kraftfahrzeugindustrie. Die Aufgabe, der in dieser Untersuchung betrachteten sogenannten "Naßlackierten Wasserabweiser", besteht darin Regenwasser vom Autobodach abzuleiten.

Die Teile werden im Presswerk vorwärtsstranggepreßt. Anschließend erfolgen die Formgebung der Wasserabweiser per Streckgrenzenbiegeverfahren sowie weitere, spanabhebende Bearbeitungsschritte (beispielsweise Entgraten und Bohren). Die Oberflächenveredelung der so bearbeiteten Rohteile wird entweder im eigenen Betrieb (Eloxierung, Pulverbeschichtung), oder von zwei externen Unternehmen (KTL-Beschichtung, Naßlackierung) durchgeführt. Die Qualitätsprüfung bei der Rohteilherstellung erfolgt für jeden der Bearbeitungsschritte durch eine Selbstprüfung der Mitarbeiter. Dabei entdeckte Fehler werden auf sogenannten Fehlerzählkarten festgehalten und nach Fehlertypen klassifiziert.

An den Felduntersuchungen war, neben dem Automobilzulieferer, eine Unternehmensgruppe in Belgien, die etwa 400 Mitarbeiter beschäftigt, beteiligt, von der Oberflächenveredelungen, wie Elektrogalvanisation, Naß- und Trockenlackierung durchgeführt werden. Sie beschichtet im Auftrag des Automobilzulieferers die Rohteile mit einer kathodischen Tauchlackierung (KTL-Beschichtung). Während des anschließenden Anschleifens dieser Grundierung erfolgt eine visuelle und taktile Qualitätsprüfung der Wasserabweiser. Die fertig grundierten Teile werden in einer, als "Ofenwagen" bezeichneten Transporteinheit verpackt und zur Endlackierung transportiert.

Der ebenfalls an den Untersuchungen beteiligte Lackierer beschäftigt etwa 150 Mitarbeiter, die im Auftrag des Automobilzulieferers ca. 1200 Wasserabweiser pro Tag naßlackieren. Diese Beschichtung erfolgt in drei Schritten: dem Aufbringen des Primers, der Lackierung im jeweiligen

Farbton und der Decklackierung mit Klarlack. Anschließend wird die Oberflächengüte der Wasserabweiser visuell geprüft. Fehlerhafte Teile werden direkt nachbearbeitet, das heißt je nach Fehlergröße entweder poliert oder aber die Oberfläche wird angeschliffen und erneut lackiert.

Die fertigen Wasserabweiser werden anschließend wieder in einen "Ofenwagen" verpackt und dann zurück zum Automobilzulieferer transportiert, bei dem in der Abteilung "Naßlack", eine Endprüfung der Wasserabweiser erfolgt. Die dabei entdeckten Fehler werden hier ebenfalls nach Fehlertypen klassifiziert auf sogenannten Fehlerzählkarten festgehalten.

Fehlerfreie Teile sind anschließend mit sogenannten Gummikedern und Montageclips zu komplettieren. Die fertig montierten Wasserabweiser werden verpackt und an den Endkunden ausgeliefert.

## **4 Klassifizierung von Prüfergebnissen**

### **4.1 Problematik visueller Qualitätsprüfungen**

Den bisher in der Praxis verwendeten Stichprobenplänen liegt fast ausschließlich die Annahme zugrunde, daß der Qualitätsprüfer die Prüfobjekte immer eindeutig als der Qualitätsvorgabe entsprechend oder nicht entsprechend klassifizieren kann. Allerdings zeigen arbeitswissenschaftliche Untersuchungen, daß der Mensch als Qualitätsprüfer nicht fehlerfrei arbeitet, sondern das bei weitem schwächste Glied in einem Qualitätsprüfsystem ist (Bauer, 1987).

### **4.2 Inspektionsfehler**

Die bei der Durchführung von visuellen Qualitätsprüfungen auftretenden menschlichen Fehlentscheidungen (das Prüfurteil des Prüfers stimmt nicht mit der tatsächlichen Beschaffenheit des Prüfobjektes überein) werden in der Literatur allgemein als "Inspektionsfehler" bezeichnet (Dhillon, 1986).

Bei der attributiven Prüfung können prinzipiell zwei Arten von Inspektionsfehlern auftreten. Ein gutes Prüfobjekt kann als schlecht klassifiziert und zurückgewiesen werden. Dieser Fehler wird in Anlehnung an die Signalentdeckungstheorie Inspektionsfehler erster Art ("Falscher Alarm") genannt (Velden, 1982). Ein Inspektionsfehler zweiter Art liegt dagegen vor, wenn ein schlechtes Prüfobjekt übersehen und damit fälschlicherweise als gut beurteilt wird ("Verpasser"). Die Klassifizierung eines tatsächlich fehlerfreien Teils als fehlerfrei und die Klassifizierung eines tatsächlich fehlerhaften Teils als fehlerhaft wird dagegen als "Treffer" bezeichnet (DIN 2859, 1993).

Diese vier Entscheidungsmöglichkeiten bei der Qualitätsprüfung lassen sich übersichtlich in der folgenden Vierfeldertafel (Tabelle 4.1) darstellen:

Tabelle 4.1: Klassifizierung von Prüfergebnissen

Entscheidung des Prüfers	Tatsächlicher Zustand des Prüfobjektes	
	fehlerfrei	fehlerhaft
Zurückweisung	Inspektionsfehler 1. Art	kein Inspektionsfehler
Annahme	kein Inspektionsfehler	Inspektionsfehler 2. Art

In welcher Größenordnung diese Arten von Inspektionsfehlern bei der visuellen Qualitätsprüfung auftreten ist vielen Mitarbeitern in der Qualitätsprüfung unbekannt (Bauer, 1987).

Dabei führt ein großer Anteil "Falscher Alarme" innerhalb des geprüften Loses zu einer hohen Ausschußquote und verursacht dadurch Kosten, die sich aus den Prüfkosten, den Materialkosten für fehlerhafte Teile und den Sortierkosten für die zurückgewiesene Stichprobe zusammensetzen. Darüberhinaus entstehen Kosten für die Reparatur oder den Ersatz von Einheiten, die bei der Prüfung als fehlerhaft beurteilt wurden.

Ein Verpasser erhöht den mittleren Durchschupf und führt zu einer zu guten Beurteilung des Loses (Bauer, 1987; Rinne und Mittag, 1989). Dadurch ergibt sich zwar kurzfristig eine Kostensenkung, langfristig ist jedoch mit erheblichen Folgekosten aus der Weiterleitung fehlerhafter Einheiten und durch die Nacharbeitung der vom Abnehmer zurückgesandten Lose zu rechnen.

Mit einer steigenden Anzahl von Reklamationen geht zudem ein Imageverlust des Unternehmens einher, der langfristig zum Verlust von Marktanteilen führen kann.

## **5 Untersuchung der externen Kunden-Lieferanten Beziehung**

### **5.1 Versuchsbeschreibung**

Ziel dieser Untersuchung ist die Ermittlung der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfungen naßlackierter Wasserabweiser an den verschiedenen Schnittstellen des externen Produktionskreislaufs.

An der Schnittstelle "Rohteile-Grundierer" wurde dazu ein manipuliertes Rohteillos mit einem definierten Fehleranteil eingesetzt. Die Auswahl der hier enthaltenen fehlerhaften Wasserabweiser erfolgte auf Basis des zwischen Rohteilhersteller und Grundierer vereinbarten Qualitätsstandards. Dieses Los durchlief danach die beiden Bearbeitungsschritte "Grundierung" und "Naßlackierung", mit den sich jeweils anschließenden Qualitätsprüfungen. Die Prüfentscheidungen wurden nach jeder Qualitätsprüfung kontrolliert, um so die Zuverlässigkeit über die Anzahl der "Treffer" und der "Falschen Alarme" bestimmen zu können.

Die Kontrolle der Qualität des Rohteilloses konnte nicht direkt nach dessen Zusammenstellung erfolgen. Sie wurde stattdessen nach der KTL-Beschichtung der Wasserabweiser durchgeführt, da sich erst zu diesem Zeitpunkt sicher entscheiden ließ, ob die Fehler auf den Rohteilen Auswirkungen auf die Qualität des Endproduktes haben würden. Die Ergebnisse der Nachkontrolle erlaubten es, Rückschlüsse auf die an der Schnittstelle Rohteil-Grundierer bestehenden Qualitätsvereinbarungen zu ziehen.

Die folgende Abbildung 5.1 zeigt den Produktionskreislauf der untersuchten Wasserabweiser mit den einzelnen Qualitätsprüfungen und deren anschließender Kontrolle, die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführt wurde.

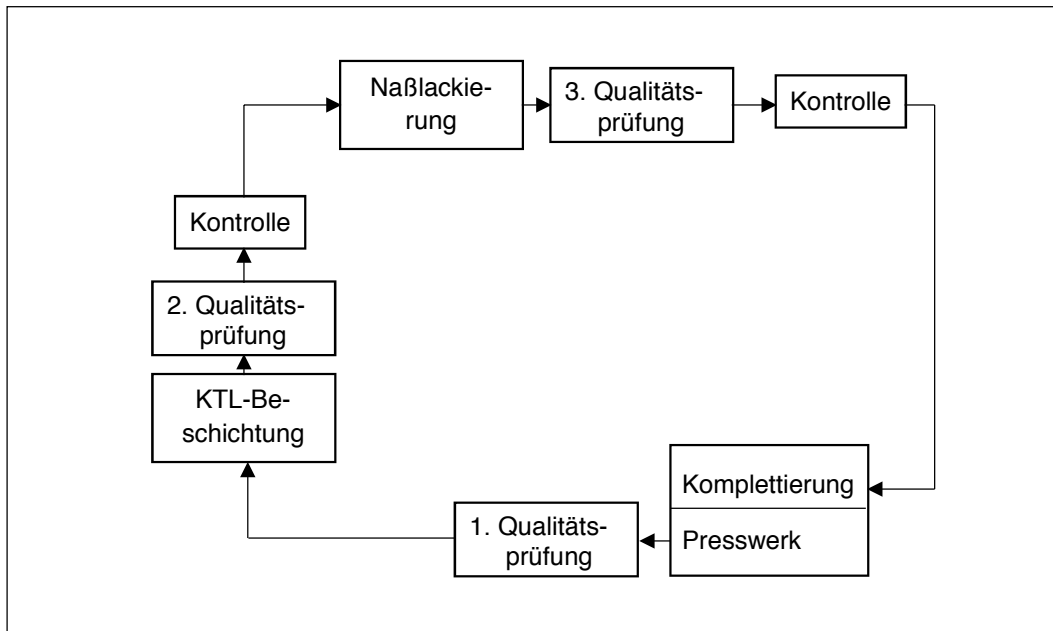


Abbildung 5.1: Qualitätsprüfungen und deren Kontrolle im externen Kreislauf

Das für die Untersuchungen verwendete Rohteillos bestand aus 418 Wasserabweisern und entsprach damit der üblichen Transporteinheit "Ofenwagen". Dieses Los enthielt 41 fehlerhafte Teile. Der Anteil der einzelnen Fehlertypen wurde anhand von Aufschreibungen auf den Fehlerzählkarten zusammengestellt. Den größten Anteil an den Fehlertypen hatten "Kratzer" (22 Wasserabweiser) und "Beschädigungen" (12 Wasserabweiser). Die Fehlerarten "Ölrückstände" (3), "Span" (2), "Entgratfehler" (1) und "Beule" (1) waren entsprechend weniger in dem manipulierten Los vorhanden. Die Abbildung 5.2 zeigt die Anteile der einzelnen Fehlertypen am manipulierten Rohteillos.

Die Fehler waren auf der gesamten Länge der Wasserabweiser verteilt. Zur eindeutigen Identifizierung wurden die Teile einzeln auf ihrer Rückseite nummeriert. Der jeweilige Fehlertyp, dessen Position und die Nummer des Wasserabweisers wurden in einem Protokoll festgehalten. Damit konnten die Entscheidungen der Versuchspersonen in der Versuchsauswertung als "Treffer", "Verpasser" oder "Falsche Alarme" klassifiziert werden.

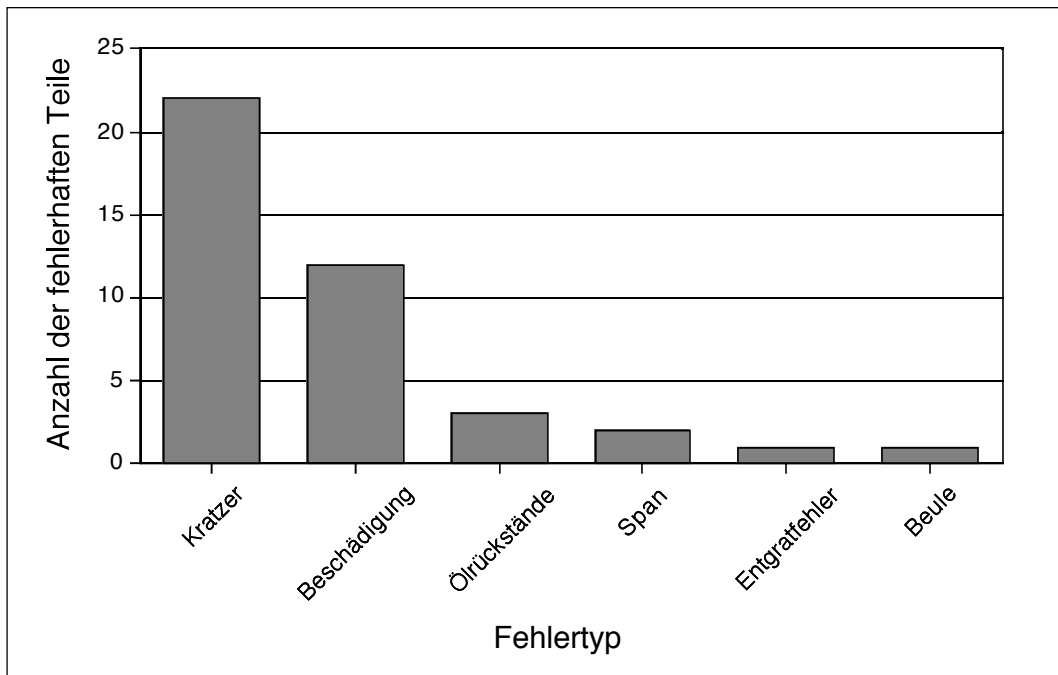


Abbildung 5.2: Art und Anteil der fehlerhaften Wasserabweiser im Rohteillos

Aufgrund der unterschiedlichen Bearbeitungsschritte die an den Wasserabweisern durchgeführt werden kann davon ausgegangen werden, daß sich der Fehleranteil in dem untersuchten Los verändert. Solange ein Fertigungsschritt nicht fehlerfrei ist, wird sich der Fehleranteil im Los vergrößern, andererseits ist es möglich, daß beispielsweise durch eine Lackierung auf den Rohteilen vorhandene Fehler überdeckt werden.

## 5.2 Versuchsergebnisse

### 5.2.1 Kontrolle der Qualitätsvereinbarungen an der Schnittstelle "Rohteile-Grundierer"

Bei der Kontrolle der Qualitätsvereinbarungen an der Schnittstelle "Rohteile-Grundierer" zeigte sich, daß 30 der anhand der Qualitätsvereinbarungen als fehlerhaft eingestuften Rohteile nach der KTL-Beschichtung keine Qualitätsmängel mehr aufwiesen, da kleine Fehlstellen auf den Wasserabweisern von der KTL-Beschichtung überdeckt wurden. Diese wurden daher im weiteren als "Falsche Alarmer" gezählt. Differenziert man hier nach Fehlertypen, so fällt auf, daß eine hohe Anzahl von "Falschen Alarmen" insbesondere bei den Fehlertypen "Kratzer" und "Beschädigung" auftrat. Auf 28 Wasserabweisern wurden diese Fehler durch die KTL-Beschichtung überdeckt und hatten somit, wie die beiden "Falschen Alarmen" der Fehlertypen "Entgratfehler" und "Ölrückstand", keinen negativen Einfluß auf die Qualität des Endprodukts.

Von den ursprünglich im Rohteillos vorhandenen 41 fehlerhaften Wasserabweisern waren dementsprechend nur 11 Fehler so gravierend, daß sie Auswirkungen auf die Qualität des Endprodukts hatten ("Treffer"). Darüber hinaus zeigte sich nach der Beschichtung, daß sieben Wasserabweiser, die bei der Zusammenstellung des Prüfloses als fehlerfrei eingestuft worden waren, tatsächlich Fehler aufwiesen ("Verpasser"). Die Tabelle 5.3 zeigt die Anzahl der "Treffer", "Verpasser" und "Falschen Alarmen" unterteilt nach den Fehlertypen.

Die tatsächlich vor der Grundierung im Los vorhandene Anzahl der Fehler ergibt sich aus der Summe der "Treffer" und "Verpasser" (siehe Tabelle 5.3). Von diesen insgesamt 18 fehlerhaften Wasserabweisern wiesen zwei Teile den Fehlertyp "Kratzer", acht Teile eine "Beschädigung", zwei Teile einen "Ölrückstand", drei eine "Beule" und ein Teil eine ungenügende "Lehrenhaltigkeit" (Abweichung von der geforderten Geometrie) auf.

Tabelle 5.3: Fehlertypen im Rohteillos

<b>Fehlertyp</b>	<b>Anzahl "Treffer"</b>	<b>Anzahl "Verpasser"</b>	<b>Anzahl "Falscher Alarme"</b>
Kratzer	0	2	22
Beschädigung	6	2	6
Ölrückstand	2	0	1
Span	2	0	0
Entgratfehler	0	0	1
Beule	1	2	0
Lehrenhaltigkeit	0	1	0
<b>gesamt</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>30</b>

### 5.2.2 Kontrolle der KTL-Beschichtung der Wasserabweiser

Nach der KTL-Beschichtung wurden durch die Qualitätsprüfung des Grundierers insgesamt 19 Wasserabweiser aussortiert. Die anschließend vorgenommene Nachkontrolle dieser Teile zeigte, daß der Fehleranteil im Los nicht konstant geblieben war.

Es wurden 16 Teile korrekt als fehlerhaft ausgewiesenen ("Treffer"). Darunter befanden sich 10 Wasserabweiser mit Fehlern, die schon im Rohteillos vorhanden waren. Sechs Fehler entstanden während der KTL-Beschichtung. Bei der Qualitätsprüfung durch den Grundierer wurden acht Fehler übersehen ("Verpasser"). Weiterhin wurden drei Wasserabweiser als fehlerhaft eingestuft, bei denen die Nachkontrolle jedoch ergab, daß diese Teile keinen Fehler aufwiesen ("Falscher Alarm"). Im einzelnen traten die Fehlertypen "Beschädigung" (ein Wasserabweiser), "Durchschleifer" (drei Teile) und "Beschichtungsfehler" (zwei Teile) auf. Die Tabelle 5.4 zeigt "Treffer", "Verpasser" und "Falsche Alarme", unterteilt in die verschiedenen Fehlerklassen.

Tabelle 5.4: "Treffer", "Verpasser" und "Falsche Alarmer" nach der KTL-Beschichtung  
(In Klammern: Fehler, die durch die KTL-Beschichtung entstanden sind)

<b>Fehlertyp</b>	<b>Anzahl "Treffer" Grundierer</b>	<b>Anzahl "Verpasser"</b>	<b>Anzahl "Falscher Alarmer"</b>
Kratzer	2	0	0
Beschädigung	5 (1)	4	2
Ölrückstand	1	1	0
Span	0	2	0
Beule	2	1	0
Lehrenhaltigkeit	1	0	0
Durchschleifer	3 (3)	0	1
Beschichtung	2 (2)	0	0
<b>gesamt</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>3</b>

Aus der Addition der Anzahl der "Treffer" und der Anzahl der "Verpasser" ergab sich, daß das Los zu diesem Zeitpunkt insgesamt 24 fehlerhafte Wasserabweiser enthielt.

Da 14 von diesen Wasserabweisern so schwerwiegende Fehler aufwiesen, daß sie nicht mehr lackiert werden konnten, reduzierte sich die Gesamtgröße des Loses auf 404 Teile, von denen 10 fehlerhaft waren. Diese 404 KTL-beschichteten Wasserabweiser wurden anschließend an die Nachkontrolle der Qualitätsprüfung zur Naßlackierung transportiert.

### 5.2.3 Kontrolle der Lackierung der Wasserabweiser

Das Prüflös wurde im weiteren vom Lackierer naßlackiert. Es wurden 260 Wasserabweiser (66%) in der Farbe schwarz und 144 Teile (34%) in der Farbe brillantsilber lackiert.

Nach diesem Produktionsschritt erfolgte eine Qualitätsprüfung der Wasserabweiser durch den Lackierer (vgl. Abbildung 5.2). Dabei gefundene fehlerhafte Teile wurden anschließend solange nachgearbeitet, bis das Los als 100% in Ordnung ausgewiesen wurde. Die Wasserabweiser wurden so bis zu dreimal nachlackiert.

Die abschließende Nachkontrolle ergab allerdings, daß sich trotz dieser Nacharbeit und Prüfung unter den 404 Wasserabweisern 157 fehlerhafte Teile befanden. Von diesen wiesen 49 Beschädigungen im Endbereich auf. Es handelte sich dabei um Transportschäden, verursacht durch das Fehlen einer seitlichen Abdeckung des Transportgestells, die von dem Lackierer nicht vereinbarungsgemäß angebracht worden war.

Sieht man von diesen relativ einfach vermeidbaren Transportschäden ab, bildeten Pickel (36 Fehler), Kratzer (24 Fehler) und Orangenhaut (31 Fehler) den überwiegenden Teil (91 von 108 Fehler) der Fehlertypen.

Die Art und Anzahl der Fehler zeigt die folgende Abbildung 5.5. Auch hier erfolgte die Klassifizierung anhand der im Betrieb verwendeten Fehlerzählkarte.

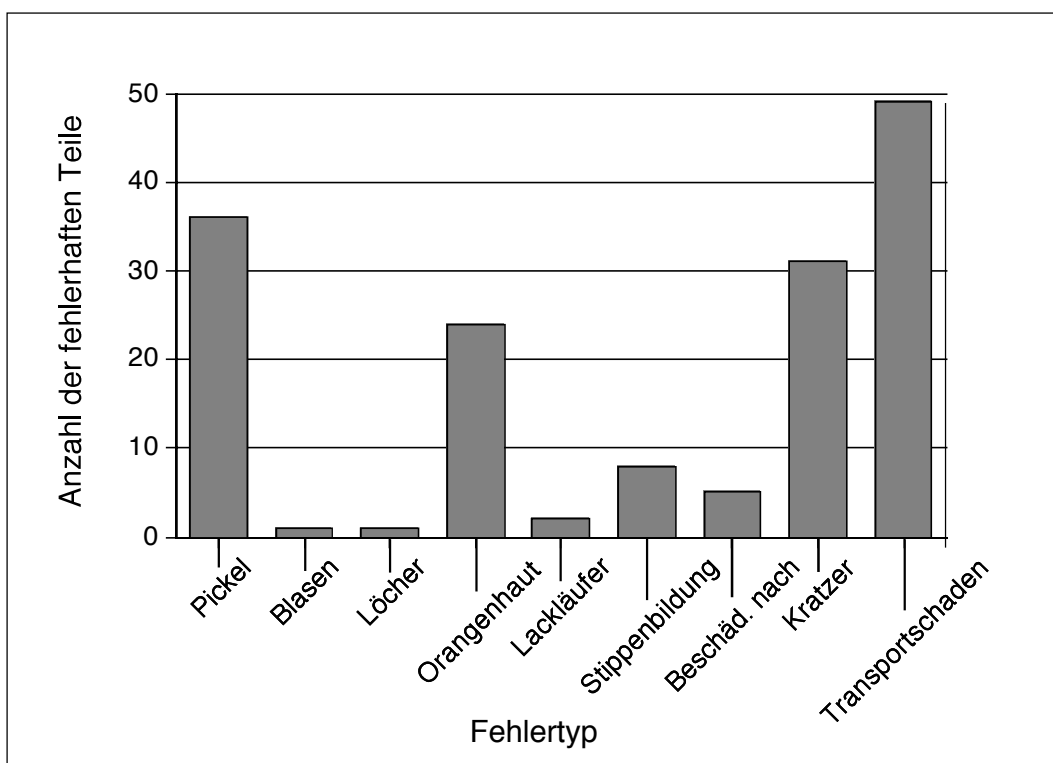


Abbildung 5.5: Fehler auf den Wasserabweisern nach der Lackierung

### 5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie in der folgenden Tabelle 5.3 noch einmal zusammengefaßt, wurden an der Schnittstelle "Rohteile-Grundierer" 11 von 18 fehlerhaften Wasserabweisern entdeckt, was einer Trefferquote von 61,1% entsprach. Der Anteil der "Falschen Alarme" betrug hier 7,5%.

Die Trefferquote der Qualitätsprüfung nach der KTL-Beschichtung errechnete sich aus 16 "Treffern" bei insgesamt 24 Fehlern zu 66,7%. Der Anteil der "Falschen Alarme" betrug 0,7%.

Da der Lackierer, bedingt durch die mit dem Automobilzulieferer vereinbarte "Null-Fehler-Lieferung", ein aus seiner Sicht fehlerfreies Los weitergab, konnten bei der Untersuchung dieser Schnittstelle keine "Treffer" festgestellt werden. Für die Trefferquote der Qualitätsprüfung des Lackierers ergab sich somit ein Wert von 0%. Der Anteil der "Falschen Alarme" betrug ebenfalls 0%. Aussagen zur Zuverlässigkeit können in diesem Fall nur über die Anzahl von 108 "Verpassern", bei einer Losgröße von 404 Teilen, getroffen werden. Eine Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zeigt die folgende Tabelle 5.6.

Tabelle 5.6: Trefferhäufigkeit in Abhängigkeit vom Prüfzeitpunkt

Kontrolle	Anzahl Teile im Los	fehlerfrei	fehlerhaft	"Treffer"		"Verpasser "		"Falsche Alarme"	
				Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
Rohteilprüfung	418	394	18	11	61,1	7	38,9	30	7,5
Nach der KTL-Beschichtung	418	388	24	16	66,7	8	33,3	3	0,7
Nach der Lackierung	404	247	157	0	0	108	100	0	0

#### 5.4 Diskussion der Ergebnisse

Die hohe Anzahl "Falscher Alarme" (30 von 41) an der Schnittstelle "Rohteil-Grundierer" und die ebenfalls nicht geringe Anzahl der "Verpasser", bei einem bewußt zusammengestellten Los zeigt, daß die Qualitätsvereinbarungen nicht richtig festgelegt wurden. Insbesondere die Auswirkungen des Fehlertyps "Kratzer" wurden hier falsch eingeschätzt. Wie nach der Grundierung festgestellt wurde, hatte kein Fehler dieses Typs Auswirkungen auf die Qualität der Wasserabweiser, da durch die KTL-Beschichtung diese "Kratzer" überdeckt wurden. Von den 12 Wasserabweisern mit dem Fehlertyp "Beschädigung" erwiesen sich sechs der als fehlerhaft ausgewiesenen Teile (50%) als "Falsche Alarme", auch diese konnten ohne Qualitätseinbußen lackiert werden.

Durch die hohe Anzahl der "Falschen Alarme" werden Kosten in nicht unerheblichem Maße verursacht, da diese Leisten im normalen Produktionsablauf unnötig aussortiert und nachgearbeitet worden wären. Der für die KTL-Beschichtung festgelegte Qualitätsstandard der Rohteile sollte deshalb in Absprache mit dem Grundierer überarbeitet werden.

Die Nachkontrolle der Qualitätsprüfung des Grundierers ergab 16 "Treffer" gegenüber acht "Verpassern" und drei "Falschen Alarmen". Die nach der KTL-Beschichtung noch im Los verbliebenen Fehler auf 10 Wasserabweisern waren nach der Lackierung nicht mehr erkennbar. Auch hier ergibt sich Potential für Einsparungen durch eine Präzisierung des vereinbarten Qualitätsstandards der Schnittstelle zwischen Grundierer und Lackierer.

Die Qualitätsprüfung des Lackierers entdeckte die Fehler auf 39% der Wasserabweiser nicht, obwohl sie die Teile vermeintlich solange geprüft hatte, bis das Los fehlerfrei war. Die Fehler waren ausschließlich durch die Lackierung entstanden. Diese ineffektive Qualitätsprüfung bedarf dringend der Verbesserung.

Berücksichtigt werden muß allerdings, daß etwa 2/3 der Wasserabweiser schwarz lackiert wurden. Fehleraufschreibungen zeigen, daß bei der Lackierung in diesem Farbton wesentlich mehr Fehler auftreten, als bei der Beschichtung in anderen Farben.

Die Transportschäden hatten einen Anteil von 12% an den Fehlern auf den naßlackierten Wasserabweisern. Diese Schäden entstanden dadurch, daß vergessen wurde, ein Schutzvlies am Transportgestell zu verwenden. Durch mittlerweile erfolgte konstruktive Veränderungen an den Transportbehältern können diese Fehler nicht mehr auftreten.

Die übrigen Fehlertypen lassen vermuten, daß sowohl der Lackierprozeß als auch die Handhabung der Wasserabweiser deutlich verbessert werden sollte. Der Fehlertyp "Kratzer" mit 29% Fehleranteil kann durch ein mangelhaftes Handling der Wasserabweiser entstehen, da die Oberfläche schwarzlackierter Wasserabweiser empfindlicher für mechanische Belastungen ist, als die der in der Farbe brilliantsilber lackierten Teile. Außerdem sind "Kratzer" auf der Oberfläche schwarzlackierter Wasserabweiser deutlich zu erkennen, während auf brilliantsilbernen Teilen vergleichbare Fehler nicht sichtbar sind. Dies kann eine Ursache für die Entdeckung des hohen Anteils von "Kratzern" bei der Nachkontrolle der schwarzen Wasserabweiser sein.

Der Fehleranteil des Fehlertyps "Orangenhaut" lag bei 22%. Die sogenannte "Orangenhaut" entsteht durch eine zu geringe Schichtdicke der Lackierung, die zu keiner gleichmäßigen Schichtbildung auf den Teilen führt. Bedenklich ist, daß dieser Fehlertyp trotz einer expliziten Vereinbarung der Höhe der Schichtdicke zwischen Automobilzulieferer und Lackierer in dieser Anzahl auftrat.

Fehler des Typs "Pickel" (33% Fehleranteil) entstehen in der Regel aufgrund von Fremdkörpereinschlüssen wie etwa Staub und lassen auf Mängel im Lackierprozeß, beispielsweise eine ungenügende Reinigung der

Wasserabweiser vor der Lackierung oder unsaubere Lackierkabinen schließen.

Dringend geboten scheint daher eine Verbesserung der Zuverlässigkeit des Lackierprozesses und der Handhabung der Wasserabweiser um hier Fehler zu vermeiden.

Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der defizitären Qualitätsprüfung sollten der Prüfarbeitsplatz und die Prüftätigkeit in weiteren Untersuchungen systematisch analysiert werden.

## **6 Untersuchungen zur Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung bei der Endkontrolle naßlackierter Wasserabweiser**

### **6.1 Beschreibung der Tätigkeiten in der Abteilung "Naßlack"**

In der Abteilung "Naßlack" sind acht in ihrem Aufbau identische Arbeitsplätze zur Montage und Endkontrolle der Wasserabweiser vorhanden. Es sind hier insgesamt etwa 20 Personen beschäftigt, die im 2-Schicht-Betrieb arbeiten.

Die in dieser Abteilung durchgeführten Tätigkeiten bestehen hauptsächlich aus Montagearbeiten an den Wasserabweisern. Dazu werden diese aus dem sogenannten "Ofenwagen" entnommen und auf einem Prüfgestell abgelegt. Auf dieser Vorrichtung können 10 Teile nebeneinander plaziert werden. Hier erfolgt dann die Vorbefestigung sogenannter Gummikeder. Darüber hinaus wird auf dem Prüfgestell zusätzlich die visuelle Prüfung der lackierten Wasserabweiseroberfläche durchgeführt. Anschließend werden die Gummikeder und Montageclips auf der sogenannten "Lehre" montiert. Abschließend werden die so komplettierten Wasserabweiser in einen Versandbehälter abgelegt.

#### **6.1.1 Versuchsablauf**

Zur Ermittlung der Zuverlässigkeit bei der visuellen Qualitätsprüfung von naßlackierten Wasserabweisern wurde eine Felduntersuchung durchgeführt, für die erneut ein manipuliertes Los zusammengestellt wurde. Die Teile wurden an einem Prüfarbeitsplatz in der Abteilung "Naßlack" des Automobilzulieferers von dort tätigen Mitarbeitern überprüft. Die Prüfentscheidungen der Versuchspersonen wurden in einem Protokoll festgehalten, um die Zuverlässigkeit über die Anzahl der "Treffer", "Verpasser" und "Falschen Alarmen" ermitteln zu können.

Aus dem Spektrum der ca. 20 unterschiedlichen Farbvarianten wurden stellvertretend für dunkle Farben 70 schwarzlackierte und für helle Farben 70 brillantsilber lackierte Wasserabweiser verwendet. Unter diesen befanden sich je 11 fehlerhafte Teile. Die in den Teilloosen vorhandenen Fehlertypen wurden anhand der Fehlerzählkarten zusammengestellt. Die Fehler waren auf der gesamten Länge der Wasserabweiser verteilt. Zur eindeutigen Identifizierung wurden die Teile einzeln auf der Rückseite nummeriert. Der jeweilige Fehlertyp, dessen Position und die Nummer des Wasserabweisers wurde in einem Protokoll festgehalten.

Für die Versuchsdurchführung wurde ein Versuchsfeld an einem der acht Arbeitsplätze der Abteilung "Naßlack" eingerichtet. Die Anordnung von Ofenwagen, Montagegestell und Versandbehälter entsprach den dort üblicherweise vorhandenen Gegebenheiten. Die während des Versuchs für die Prüfung eines einzelnen Wasserabweisers zur Verfügung stehende Zeit war vergleichbar mit den Bedingungen des normalen Produktionsablaufs. Allerdings wurden keine Montagetätigkeiten an den Wasserabweisern durchgeführt.

## **6.2 Untersuchung der Beleuchtungsbedingungen in der Abteilung "Naßlack"**

### **6.2.1 Einleitung**

Viele Studien belegen, daß die Beleuchtung bei der Durchführung von visuellen Prüfaufgaben einen entscheidenden Einfluß auf die Zuverlässigkeit hat (Brown, 1960; Schulze, 1988). Daher wurden zunächst Beleuchtungsmessungen an den acht Montagearbeitsplätzen in der Abteilung "Naßlack" durchgeführt. Anschließend erfolgte die Rastervermessung der Beleuchtungssituation des ausgewählten Versuchsfelds nach DIN 5035. Weiterhin wurde der zeitliche Verlauf der Gesamtbeleuchtungsstärke ermittelt, da sich deren Tageslichtanteil während der Durchführung der Zuverlässigkeitsuntersuchung änderte.

Die Vorgaben der DIN 5035 Teil 2 verlangen für die Qualitätsprüfung in den Bereichen "Automobilbau/Lackieren" eine Nennbeleuchtungsstärke  $E_n$  von mindestens 1000 Lux, bei einer Farbtemperatur größer als 4000 K, für die Tätigkeiten "Ausbessern" bzw. "Inspektion". Für eine Beurteilung der Beleuchtungsstärke wird dabei allein der Kunstlichtanteil herangezogen.

Zur Bestimmung der Beleuchtungsstärke in Arbeitsstätten, die auch von Tageslicht beleuchtet werden, sollten die Messungen bei Dunkelheit durchgeführt werden. Läßt sich eine Verdunklung nicht vornehmen, so sind zwei Messungen notwendig: eine bei Tageslicht und eine bei Tages- und Kunstlicht. Der Kunstlichtanteil der Beleuchtung wird anschließend über die Differenz zwischen den Meßergebnissen bei künstlicher Beleuchtung einschließlich Tageslicht und bei Tageslicht allein bestimmt. Weiter empfiehlt die DIN 5035 eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke wenn das Prüfobjekt ungewöhnlich niedrige Kontraste aufweist, die Sehaufgabe hohe Ansprüche stellt oder das Beheben von Fehlern kostenintensiv ist.

Zusammenfassend ergibt sich daraus ein Wert von 1000 Lux für die Beleuchtungsstärke als unterste Grenze (Spieser, 1975; Birkenkamp, 1981; Ritter, 1986; Heinz und Fechner, 1991).

Aus den Meßwerten lassen sich nach DIN 5035 Teil 6 die mittlere Beleuchtungsstärke  $\bar{E} = 1/n * \sum E_x$  und die Gleichmäßigkeit  $g_1 = E_{\min}/\bar{E}$  bestimmen. Zur Erzielung einer ausgewogenen Leuchtdichtevertelung sollte nach DIN 5035 eine Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke von  $g_1 = 0,67$  eingehalten werden. Die Bedeutung einer gleichmäßigen Verteilung der Beleuchtungsstärke bei der visuellen Qualitätsprüfung wurde in vielen Untersuchungen nachgewiesen (Hartmann, 1977; Benz, 1989; Schmidt-Clausen, 1989).

## **6.2.2 Beleuchtungsmessungen an den Montagearbeitsplätzen in der Abteilung "NaBlack"**

### **6.2.2.1 Versuchsbeschreibung**

Zur Untersuchung des Ist-Zustands der Beleuchtungsverhältnisse an den acht Arbeitsplätzen der Abteilung "NaBlack" wurden dort die jeweilige Beleuchtungsstärke und die Leuchtdichte ermittelt. Dazu wurde ein Meßraster mit jeweils sechs Meßpunkten auf dem Prüfgestell verwendet. Da sich die Wasserabweiser während der Qualitätsprüfung in einer Höhe von bis zu 1,0 Metern befinden, wurde die Beleuchtungsstärke in dieser Ebene gemessen (siehe Abbildung 6.1).

Die Leuchtdichte wurde ebenfalls an sechs Meßpunkten pro Prüfgestell jeweils auf den Wasserabweisern ermittelt. Dem in der Praxis ständig wechselnden Standort und der wechselnden Blickrichtung der Arbeitenden konnte so annähernd Rechnung getragen werden. Die Messung der Leuchtdichte erfolgte in einer etwa der Augenhöhe der Meßperson entsprechenden Höhe von 1,7 Metern. Für die Leuchtdichtemessungen mußte die Position der Wasserabweiser auf dem Prüfgestell eindeutig festgelegt sein. Dazu wurden das Gestell so ausgerichtet, daß die Enden der Teile sich jeweils auf gleicher Höhe befanden. Die folgende Abbildung 6.1 zeigt die Position der Wasserabweiser auf dem Prüfgestell.

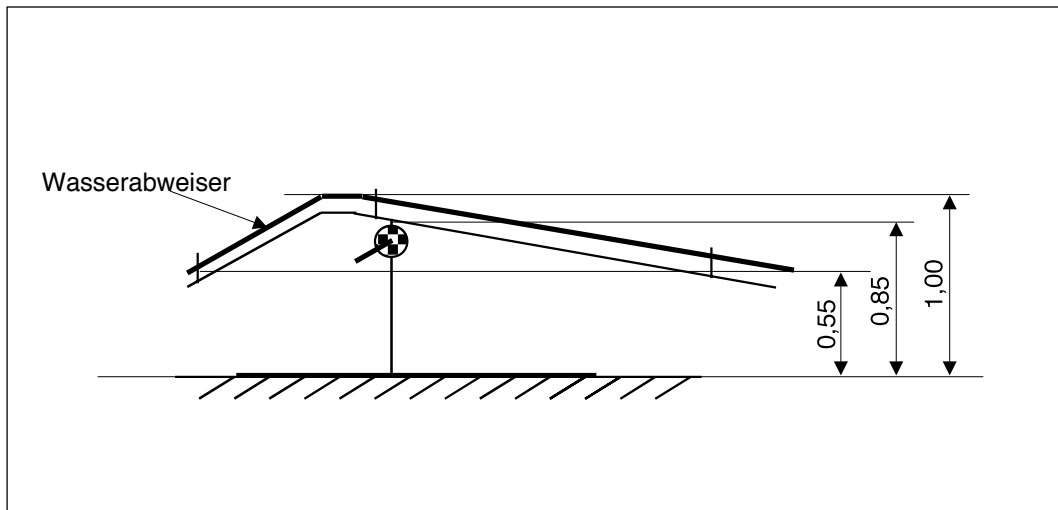


Abbildung 6.1: Prüfgestell und Position der Wasserabweiser während der Beleuchtungsmessungen

#### 6.2.2.2 Ergebnisse der Beleuchtungsmessung an den acht Arbeitsplätzen in der Abteilung "Naßlack"

Die folgende Tabelle 6.2 zeigt die aus den jeweils sechs Meßwerten errechnete mittlere Gesamtbeleuchtungsstärke ( $E_{KT}$ ) pro Arbeitsplatz. Weiterhin sind der Anteil des Tageslichts ( $E_T$ ) und der Kunstlichtanteil ( $E_K$ ) sowie die aus der mittleren und der minimalen Beleuchtungsstärke bestimmte Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke ( $g_1$ ) im Prüfbereich wiedergegeben.

Für die Leuchtdichten ist jeweils der auf dem Prüfgestell ermittelte minimale und maximale Wert angegeben.

Tabelle 6.2: Beleuchtungsstärken (E) und Leuchtdichten (L) im Prüfbereich

Platz	$E_{KT}$ (Lux)	$E_T$ (Lux)	$E_K$ (Lux)	$E_{min}$ (Lux)	$g_1$	L ( $cd/m^2$ )
1	868	370	498	398	0,80	50-200
2	1103	570	533	347	0,65	50-250
3	941	460	481	409	0,85	40-200
4	1066	530	536	423	0,79	40-230
5	808	410	398	295	0,74	50-200
6	1033	580	453	439	0,97	50-350
7	958	530	428	312	0,73	50-300
8	1100	690	410	410	1,00	50-250

(Indizes: K: Kunstlicht, KT: Kunst- und Tageslicht, T: Tageslicht)

Die Höhe des Kunstlichtanteils an der Beleuchtungsstärke der acht Arbeitsplätze lag in einem Bereich von etwa 400 bis zu 530 Lux. Der Tageslichtanteil betrug während der Durchführung der Messungen zwischen 370 Lux und 690 Lux. Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke bewegte sich zwischen  $g_1 = 0,65$  an Arbeitsplatz Nr. 2 und  $g_1 = 1,0$  an Arbeitsplatz Nr. 8. Die auf den Wasserabweisern gemessene Leuchtdichte erreichte Werte von  $40 \text{ cd/m}^2$  bis zu  $350 \text{ cd/m}^2$ . Die Maximalwerte der an dem jeweiligen Arbeitsplatz vorhandenen Leuchtdichte wurden auf den Flächen der Wasserabweiser gemessen, auf denen sich Lampen spiegelten.

### 6.2.2.3 Diskussion der Meßergebnisse

Die von der DIN 5035 geforderte Minimalbeleuchtungsstärke für visuelle Prüfaufgaben wird an jedem Arbeitsplatz deutlich unterschritten. Die gemessenen Beleuchtungsstärken betragen etwa 50% des für Prüfarbeitsplätze vorgegebenen Mindestwerts für den Kunstlichtanteil an der Beleuchtung. Für eine Montagetätigkeit, für die diese acht Arbeitsplätze

ursprünglich vorgesehen waren, sind die Beleuchtungsbedingungen jedoch ausreichend.

Für die Ermittlung der Beleuchtungsstärken nach DIN 5035 wird allein der Kunstlichtanteil berücksichtigt. An den acht Arbeitsplätzen wurde allerdings während der Messungen ein hoher Tageslichteinfluß festgestellt.

Der von der DIN 5035 Teil 6 vorgegebene Wert für die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke  $g_1 = 0,67$  wird nur am Arbeitsplatz 2 leicht unterschritten. Die an den acht Arbeitsplätzen erreichte Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke kann damit für visuelle Prüfaufgaben als ausreichend angesehen werden.

Eine Direktblendung durch Lampen oder Leuchtmittel war nicht feststellbar, jedoch zeigen die Ergebnisse der Leuchtdichtemessung, daß an unterschiedlichen Positionen auf den Wasserabweisern ein hoher Anteil an Reflexblendung vorhanden ist. Dieser resultiert aus der Spiegelung der Lampen auf den glänzenden Flächen der lackierten Wasserabweiser. Die Reflexionen erleichtern einerseits die Erkennung von Fehlern, können aber andererseits aufgrund ihrer hohen Leuchtdichte zu einer Ermüdung der Augen und damit zu einer Verschlechterung der Seheigenschaften des Prüfenden führen (Böcker, 1981; Hartmann, 1982).

### **6.2.3 Beleuchtungsbedingungen des eingerichteten Versuchsfeldes**

#### **6.2.3.1 Versuchsbeschreibung**

Zur Untersuchung der Beleuchtungsverhältnisse wurde nach DIN 5035 Teil 6 ein Meßraster über das eingerichtete Versuchsfeld gelegt. Die für die Prüfung der Wasserabweiser genutzten Bereiche "Entnahme", "Prüfgestell" und "Ablage" lagen innerhalb dieser Fläche. Die Grundfläche des Versuchsfelds betrug 4m \* 4m. Sie wurde in quadratische Rasterflächen von 0,5m \* 0,5m untergeteilt. An den sich so ergebenden 81 Meßpunkten wurde die jeweilige Beleuchtungsstärke ermittelt.

Während der Versuchsdurchführung in der Abteilung "Naßlack" erfolgte weiterhin die Messung der Beleuchtungsstärke im Bereich des Prüfgestells. Diese Messung wurde wiederholt zu unterschiedlichen Tageszeiten durchgeführt, um so die Schwankungen des Tageslichtanteils an der Gesamtbeleuchtung zu erfassen. Über den Bereich des Prüfgestells wurde dazu den Vorgaben der DIN 5035 entsprechend ein Meßraster mit sechs Meßpunkten gelegt. Die Beleuchtungsstärke wurde in einer Höhe von 1,0 Meter über dem Boden gemessen. Die von der DIN empfohlene Meßhöhe von 0,85 Metern konnte aufgrund der Höhe des Prüfgestells nicht eingehalten werden (siehe Abbildung 6.2).

#### **6.2.3.2 Versuchsergebnisse**

Die durchschnittliche Beleuchtungsstärke des Kunstlichtanteils im Versuchsfeld betrug  $E = 341$  Lux mit einer Gleichmäßigkeit von  $g_1 = 0,32$ . Im Bereich des Prüfgestells betrug die mittlere Beleuchtungsstärke  $\bar{E} = 550$  Lux, mit einer Gleichmäßigkeit  $g_{1P} = 0,69$ , während der Ablagebereich mit  $\bar{E} = 194$  Lux sowie  $g_{1A} = 0,77$  und der Entnahmebereich mit  $\bar{E} = 162$  Lux, bei  $g_{1E} = 0,68$  deutlich geringer beleuchtet waren.

Die Darstellung der Meßergebnisse der Rastermessung erfolgt in der folgenden Abbildung 6.3 graphisch im Grundriß des Versuchsfeldes. Die Art und Anordnung der Leuchten und die Position von "Prüfgestell", "Ablage" und "Entnahme" sind ebenfalls eingezeichnet. Die Meßwerte wurden zur besseren Darstellbarkeit in vier Klassen unterteilt und in unterschiedlichen Graustufen dargestellt.

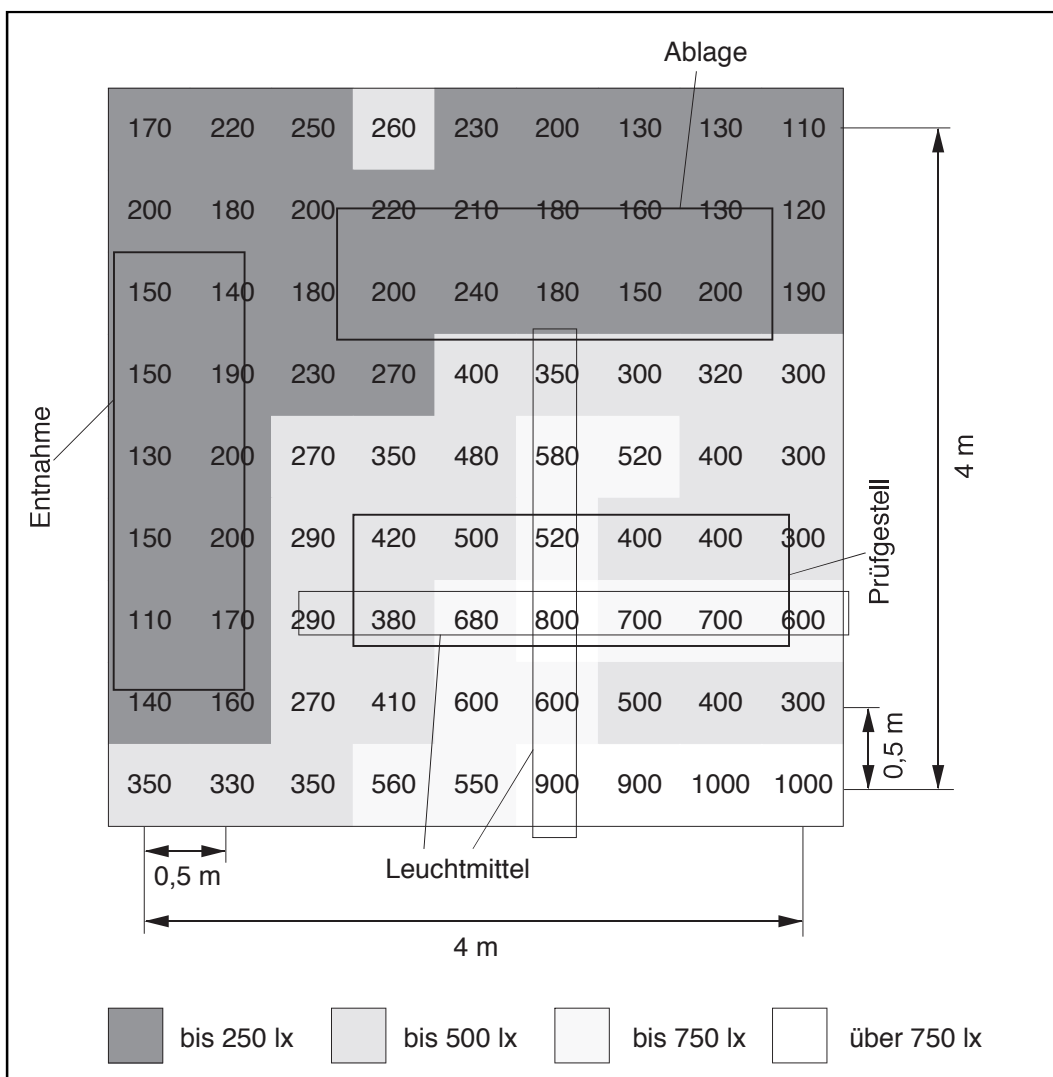


Abbildung 6.3: Verteilung der Beleuchtungsstärke des Kunstlichts auf dem Versuchsfeld "NaBlack"

Die folgende Abbildung 6.4 zeigt die Ergebnisse der Messung des zeitlichen Verlaufs der Beleuchtungsstärke. Auf dem Prüfgestell wurde ein hoher, je nach Tageszeit stark schwankender Tageslichtanteil der

Beleuchtungsstärke gemessen. Die Gesamtbeleuchtungsstärke aus Kunst- und Tageslicht erreichte Werte zwischen 900 und 2200 Lux. Nach Abzug des Tageslichtanteils ergab sich die mittlere Beleuchtungsstärke durch das Kunstlicht zu 600 Lux.

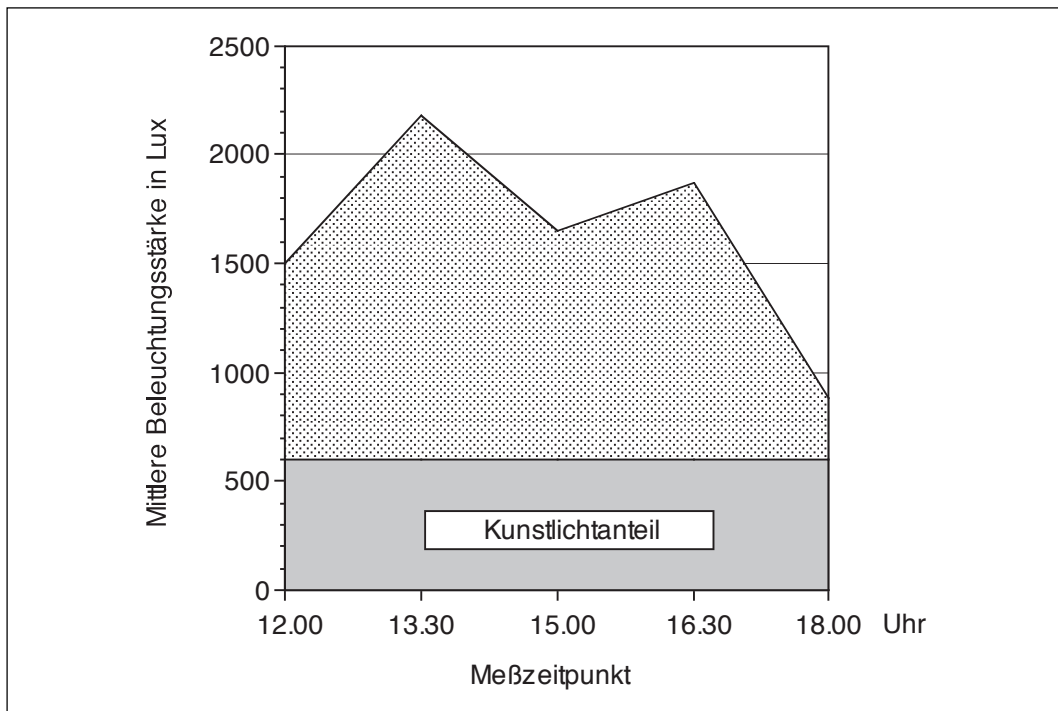


Abbildung 6.4: Zeitlicher Verlauf der Beleuchtungsstärke auf dem Prüfgestell am Versuchsplatz "NaBlack"

### 6.2.3.3 Diskussion

Das Versuchsfeld "NaBlack" wird mit einer mittleren Beleuchtungsstärke von  $\bar{E} = 341$  Lux bei  $g_1 = 0,32$  wenig und ungleichmäßig beleuchtet. Selbst auf dem Prüfgestell erreicht die Beleuchtungsstärke mit einem Wert von  $\bar{E} = 550$  Lux nur etwa die Hälfte des von der DIN 5035 geforderten Mindestwerts. Die ebenfalls zur Prüfung der Wasserabweiser genutzten Bereiche "Entnahme" und "Ablage" sind bei einer mittleren Beleuchtungsstärke von etwa 200 Lux kaum für die Qualitätsprüfung geeignet.

Die Gesamtbeleuchtungsstärke setzt sich aus Kunstlicht und Tageslicht

zusammen. Nur durch den allerdings stark schwankenden Tageslichtanteil wird eine, dem nach DIN 5035 für Prüfarbeitsplätze vorgeschriebenen Kunstlichtanteil entsprechende Gesamtbeleuchtungsstärke erreicht.

Der ermittelte Tageslichtanteil stellt ein Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Untersuchung dar. Die Messungen zeigten, daß das Tageslicht am Versuchsfeld "Naßlack" einen erheblichen Anteil an der gesamten Beleuchtungsstärke hatte. Der Tageslichtanteil unterlag durch die Wetterlage, Tages- und Jahreszeit erheblichen, teilweise auch kurzfristig schwankenden Veränderungen. Durch die starken Schwankungen der Beleuchtungsstärke sind die Umgebungsbedingungen für die visuelle Qualitätsprüfung beispielsweise zwischen Früh- und Spätschicht oder zur Sommer- und Winterzeit nicht konstant. Es läßt sich erwarten, daß dadurch auch die Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung von der wechselnden Beleuchtung beeinflußt wird. An den Prüfplätzen sollte daher der Tageslichteinfluß soweit wie möglich vermindert und der Kunstlichtanteil deutlich erhöht werden, um so konstante und in ihrer Höhe ausreichende Umgebungsbedingungen hinsichtlich der Beleuchtung zu erreichen.

## **6.3 Ermittlung der Zuverlässigkeit der internen Qualitätsprüfung beim Automobilzulieferer**

### **6.3.1 Beschreibung der Versuchsgruppe**

An der Untersuchung nahmen insgesamt 10 Mitarbeiter (acht weibliche, zwei männliche) im Alter zwischen 24 und 50 Jahren ( $\bar{X} = 36,9$  Jahre;  $SD = 9,3$  Jahre) teil. Sie verfügten über eine Gesamtberufserfahrung zwischen 6 und 180 Monaten ( $\bar{X} = 62,8$  Monate;  $SD = 65,4$  Monate). Die Beschäftigungszeit in der Abteilung "Naßlack" variierte zwischen 6 und 18 Monaten ( $\bar{X} = 14,2$  Monate;  $SD = 4,1$  Monate).

### **6.3.2 Bestimmung der Sehschärfe**

Die Versuchspersonen absolvierten zusätzlich einen Sehtest mit einem Binoptometer der Firma OCULUS (Testscheibe 59710), um eine, durch eine eventuell vorliegende Minderung der Sehfähigkeit entstehende Beeinflussung der Prüfergebnisse ausschließen zu können. Der Test belegte, daß alle Beteiligten für einen Sehabstand von 0,5 m mindestens über eine Sehschärfe von 1,0 in Dezimaleinheiten verfügten (binokular und monokular).

### **6.3.3 Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchung**

Zur Ermittlung der Zuverlässigkeit der visuellen Qualitätsprüfung wurden die Anzahl "Treffer" und "Falsche Alarme" pro Versuchsperson bestimmt. Die Abbildung 6.5 zeigt die auf Basis der Daten von zehn Probanden berechneten Mediane. Bei den brilliantsilbernen Wasserabweisern wurde bei 11 fehlerhaften Teilen im Los ein Median von 3,5 "Treffern" ermittelt. Der Median der "Falschen Alarme" lag bei fünf Teilen von 59 fehlerfreien Wasserabweisern im Los. Für die schwarzen Wasserabweiser betrug der

Median der "Treffer" zwei Teile, für die "Falschen Alarme" lag der Median bei sieben Wasserabweisern.

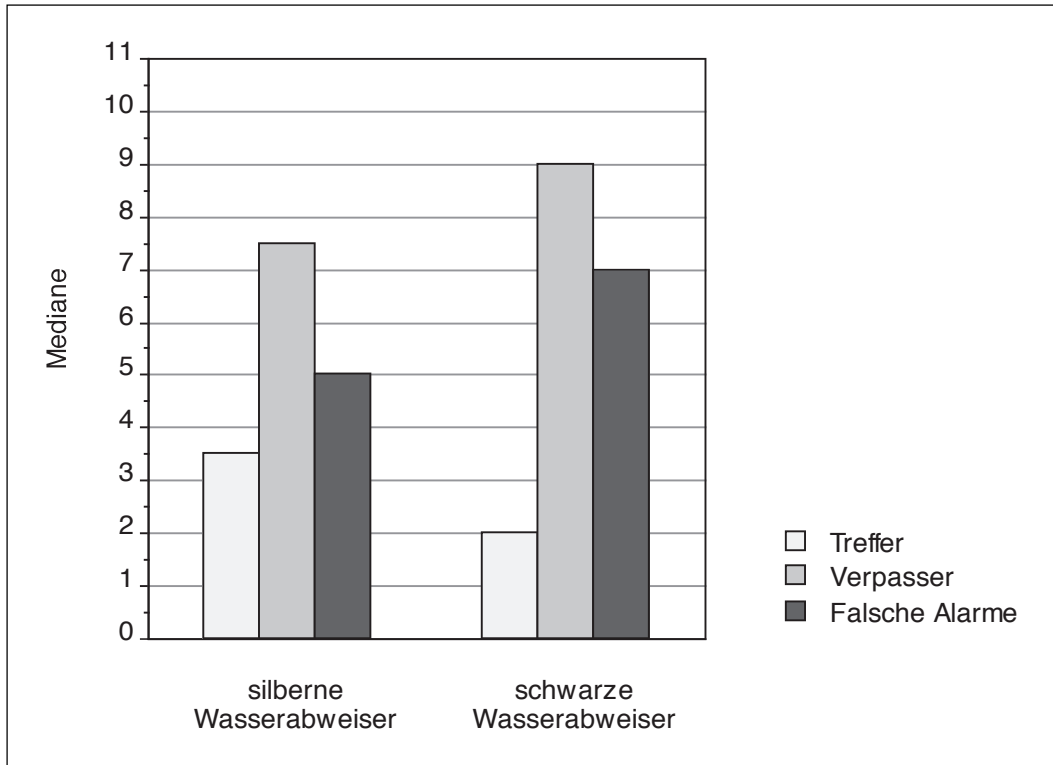


Abbildung 6.5: Mediane der "Treffer", "Verpasser" und "Falschen Alarme" für silberne und schwarze Wasserabweiser in der Abteilung "NaBlack"

Deutlich wird, daß bei der Prüfung der brilliantsilbernen Wasserabweiser mehr Fehler entdeckt wurden, als bei den schwarzlackierten Teilen. Darüber hinaus tritt bei den schwarzen Wasserabweisern ein höherer Anteil "Falscher Alarme" auf, als bei den brilliantsilbernen Wasserabweisern.

Die Überprüfung auf signifikante Unterschiede mit Hilfe des Wilcoxon-Tests zeigte, daß die zwischen brilliantsilbernen und schwarzen Wasserabweisern bestehenden Unterschiede nicht gegen den Zufall zu sichern sind. Die Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,09$  für die "Treffer" zeigt jedoch die Tendenz an, daß bei der Prüfung der brilliantsilbernen Wasserabweiser mehr fehlerhafte Teile gefunden werden als bei der Prüfung schwarzlackierter Teile.

### 6.3.4 Diskussion

Die Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung in der Abteilung "Naßlack" kann mit einer Trefferquote von etwa 30% als eher gering angesehen werden (Klatte, 1995). Die aufgrund der ungenügenden Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung des Lackierers zusätzlich eingeführte Endkontrolle führt zwar zu einer weiteren Reduzierung des Fehleranteils, verursacht aber sowohl aufgrund des zusätzlichen Prüfaufwands als auch durch die Aussortierung zusätzlicher "Falscher Alarme" Kosten.

Die ungenügende Zuverlässigkeit erscheint gerade dann als problematisch, wenn man die Ergebnisse der ersten Untersuchung zugrunde legt. Hier wurde eine Trefferquote von 27% ermittelt. Der Automobilhersteller fordert einen Fehleranteil von maximal 0,25%. Das bedeutet, daß in einem Los mit 400 Wasserabweisern nur ein fehlerhaftes Teil enthalten sein darf. Würde man zum Beispiel das in der ersten Untersuchung verwendete Prüflos mit 404 Wasserabweisern, das nach der Qualitätsprüfung des Lackierers noch 108 fehlerhafte Teile (Transportschäden ausgenommen) enthält, einsetzen, dann müßten die Mitarbeiter bei der Endkontrolle 107 fehlerhafte Teile finden, um die vom Kunden geforderte Qualität zu erreichen. Mit der ermittelten Trefferquote bei der Endkontrolle von ca. 30% werden allerdings nur 32 fehlerhafte Wasserabweiser entdeckt. Das der Endabnehmer die Teile trotzdem akzeptiert, kann nur dadurch erklärt werden, daß er selbst den größten Teil der fehlerhaften Wasserabweiser nicht entdeckt.

Zusammenfassend erscheint es sinnvoll zu versuchen, die zwei nacheinander durchgeführten visuellen Qualitätsprüfungen durch eine einzelne, ausreichend zuverlässige Prüfung zu ersetzen, da die doppelte Kontrolle erhöhte Kosten beispielsweise aufgrund des dazu notwendigen Personaleinsatzes oder der zusätzlich erforderlichen Prüfeinrichtungen verursacht.

## **6.4 Ermittlung der Zuverlässigkeit unter variierten Beleuchtungsbedingungen**

### **6.4.1 Hypothese**

In diesem Teil der Felduntersuchung sollte ermittelt werden, in welchem Maße die Beleuchtungsbedingungen hinsichtlich der "Beleuchtungsstärke" und der "Gleichmäßigkeit" die Zuverlässigkeit bei der visuellen Qualitätsprüfung naßlackierter Wasserabweiser beeinflussen.

Damit liegt der durchgeführten Felduntersuchung die folgende Hypothese zu Grunde:

Wenn die Beleuchtungsbedingungen die Zuverlässigkeit von visuellen Qualitätsprüfungen beeinflussen, wird die Reliabilität der Prüfentscheidungen bei verschiedenen Beleuchtungsstärken und bei abweichender Gleichmäßigkeit unterschiedlich sein.

### **6.4.2 Versuchsdurchführung**

Zur Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Beleuchtungsbedingungen auf die Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung standen in dem Unternehmen den Abteilungen "BPT" und "Eloxal" zwei ebenfalls zur Prüfung oberflächenbehandelter Wasserabweiser vorgesehene Arbeitsplätze zur Verfügung, deren Beleuchtung sich offensichtlich von den Verhältnissen in der Abteilung "Naßlack" unterschied. Die Beleuchtungsverhältnisse wurden, ebenso wie in der Abteilung "Naßlack", entsprechend den Forderungen der DIN 5035 untersucht (siehe Kapitel 6.2.2). In der Abteilung "Eloxal" bestand die Beleuchtung nur aus Kunstlicht, daher konnte hier auf die Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Beleuchtungsstärke verzichtet werden. Anschließend wurde die Zuverlässigkeit der Prüfungen anhand des in Kapitel 6.1.2 beschriebenen Versuchsprotokolls ermittelt. Die Versuchsgruppe setzte sich hier ebenfalls aus Mitarbeitern der Abteilung "Naßlack" zusammen.

### 6.4.3 Beleuchtungsbedingungen in der Abteilung "BPT"

#### 6.4.3.1 Ergebnisse der Rastermessungen der Beleuchtungsbedingungen

Die folgende Abbildung 6.6 zeigt die Ergebnisse der Rastermessungen der Beleuchtungsbedingungen, sowie die Anordnung der Leuchtmittel und den Versuchsaufbau.

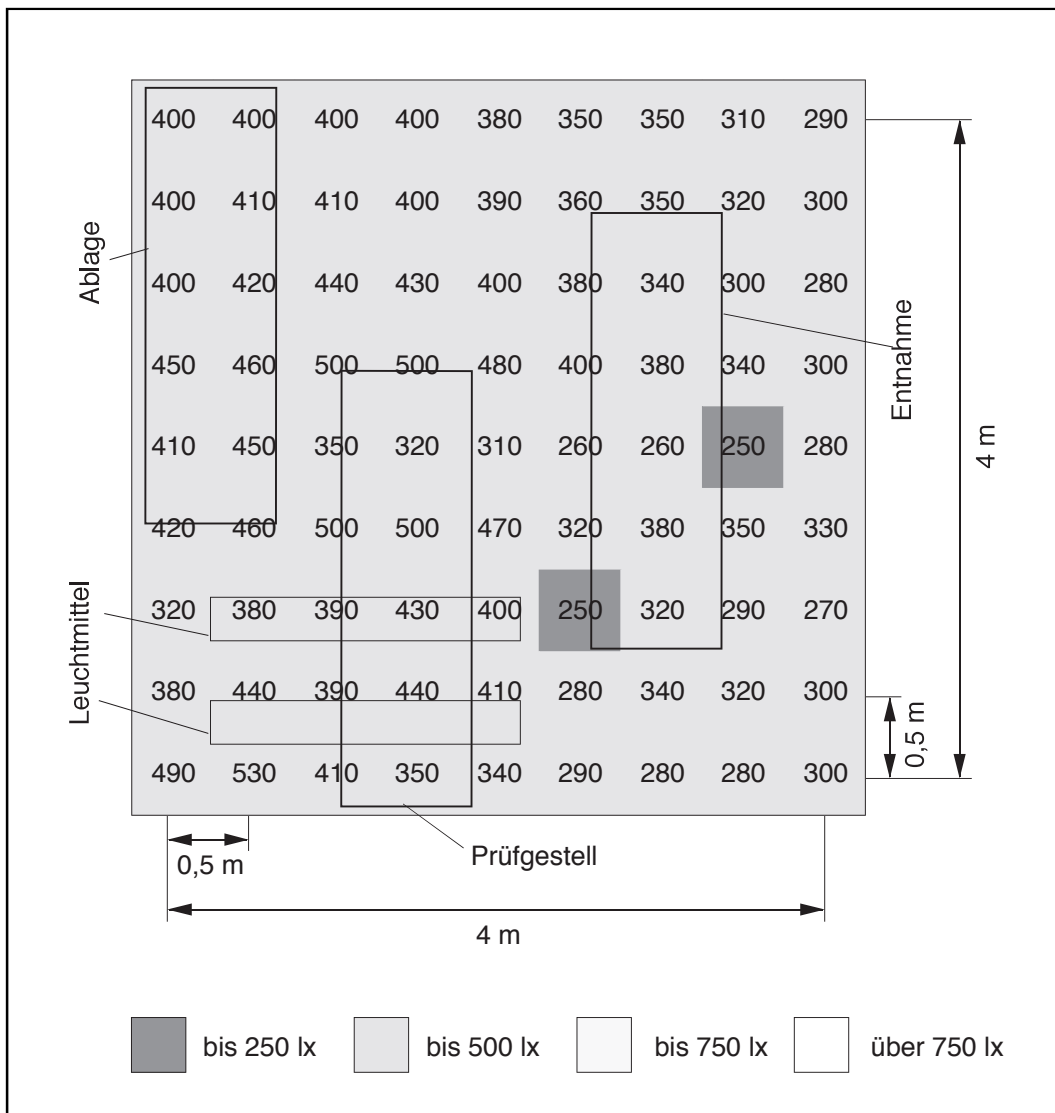


Abbildung 6.6: Verteilung der Beleuchtungsstärke im Versuchsfeld "BPT"

Die mittlere Beleuchtungsstärke des Kunstlichtanteils in der Abteilung "BPT" betrug  $\bar{E} = 371$  Lux, die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung  $g_1 = 0,67$  lag im Grenzbereich des von der DIN 5035 geforderten  $g_1$  von mindestens 0,67. Im Bereich des Prüfgestells betrug die mittlere Beleuchtungsstärke  $E = 408$  Lux bei einer Gleichmäßigkeit von  $g_{1P} = 0,78$ ; der Ablagebereich und der Entnahmebereich waren mit  $\bar{E} = 423$  Lux und  $g_{1A} = 0,95$  bzw. mit  $\bar{E} = 336$  Lux, und  $g_{1E} = 0,77$  beleuchtet.

(Indizes: P = Prüfgestell, A = Ablage, E = Entnahme).

#### 6.4.3.2 Zeitlicher Verlauf der Beleuchtungsstärke

In der folgenden Abbildung 6.7 wird der Verlauf der Beleuchtungsstärke während der Versuchsdurchführung in der Abteilung "BPT" dargestellt. Der dabei ermittelte Tageslichtanteil stellte ein Momentaufnahme am Tag der Untersuchung dar.

Die mittlere Beleuchtungsstärke des Kunstlichtanteils auf dem Prüfgestell betrug 400 Lux. Der Tageslichtanteil schwankte über einen Zeitraum von sieben Stunden zwischen 100 und 450 Lux. Insgesamt erreichte die Beleuchtungsstärke maximal 850 Lux.

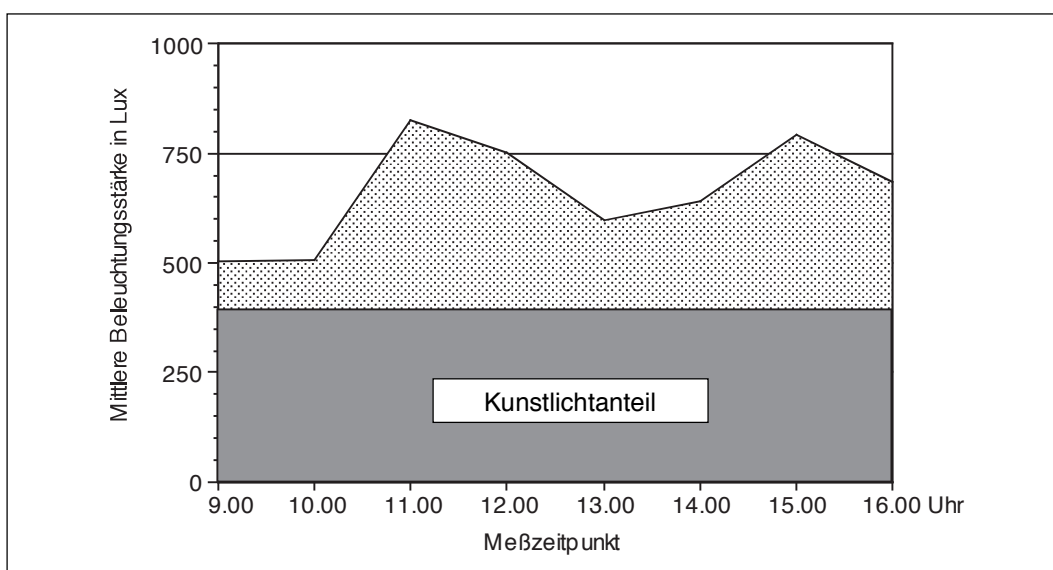


Abbildung 6.7: Verlauf der Beleuchtungsstärke am Versuchplatz BPT (Prüfgestell)

#### **6.4.4 Zuverlässigkeit in der Abteilung "BPT"**

##### **6.4.4.1 Beschreibung der Versuchsgruppe**

An der Untersuchung nahmen insgesamt acht weibliche Mitarbeiter der Abteilung "Naßlack" im Alter zwischen 27 und 54 Jahren teil ( $\bar{X}$  = 41,4 Jahre; SD = 9,9 Jahre). Sie verfügten über eine Gesamtberufserfahrung zwischen 6 und 180 Monaten ( $\bar{X}$  = 73,5 Monate; SD = 69,6 Monate). In der Abteilung "Naßlack" waren sie zwischen sechs und 18 Monate beschäftigt ( $\bar{X}$  = 15 Monate; SD = 4,5 Monate).

##### **6.4.4.2 Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchung "BPT"**

Die Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung wurde über die Anzahl der "Treffer" und "Falschen Alarme" bestimmt. Bei den brilliantsilbernen Wasserabweisern lag der Median des Trefferanteils der Versuchspersonen bei 4,5. Das ergibt bei einer Anzahl von 11 Fehlern eine Trefferquote von 41%. Der Anteil der "Falschen Alarme" errechnet sich mit einem Median von 4 Teilen bei 59 fehlerfreien Wasserabweisern zu 6,8%. Die Trefferquote bei der Qualitätsprüfung schwarzer Wasserabweiser betrug 23% (Median der "Treffer" = 2,5), der Anteil "Falscher Alarme" erreichte 12% (Median = 7 Wasserabweiser).

Zwischen den Farben der Wasserabweiser wird ein Unterschied sowohl bei den "Treffern" als auch bei den "Falschen Alarmen" deutlich. Dieser ließ sich allerdings statistisch nicht sichern (Wilcoxon-Test, "Treffer":  $p = 0,08$ ; "Falsche Alarme":  $p = 0,03$ ).

Die folgende Abbildung 6.9 zeigt die Mediane der "Treffer", "Verpasser" und "Falschen Alarme" jeweils für brilliantsilberne und schwarze Wasserabweiser.

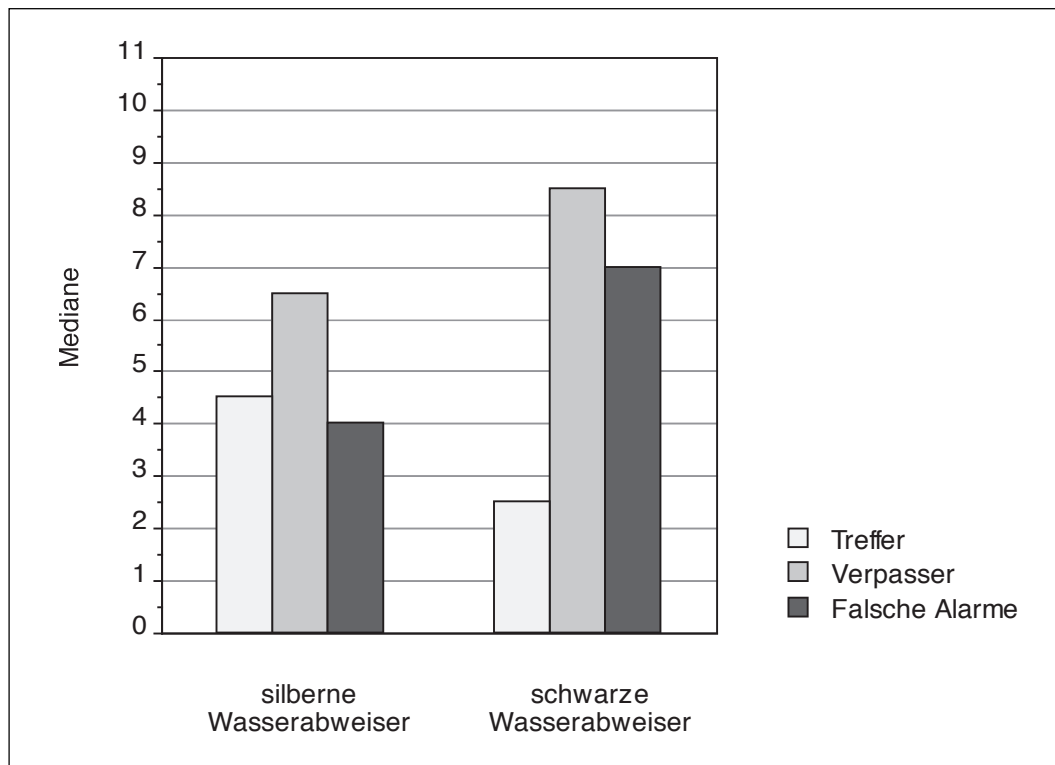


Abbildung 6.9: Mediane der "Treffer", "Verpasser" und "Falschen Alarme" für silberne und schwarze Wasserabweiser in der Abteilung "BPT"

### 6.4.5 Beleuchtungsbedingungen in der Abteilung "EloxaI"

#### 6.4.5.1 Ergebnisse der Rastermessungen der Beleuchtungsbedingungen

Die Ergebnisse der Rastermessungen der Beleuchtungsbedingungen sowie die Anordnung der Leuchtmittel und der Versuchsaufbau in der Abteilung "EloxaI" zeigt die folgende Abbildung 6.10.

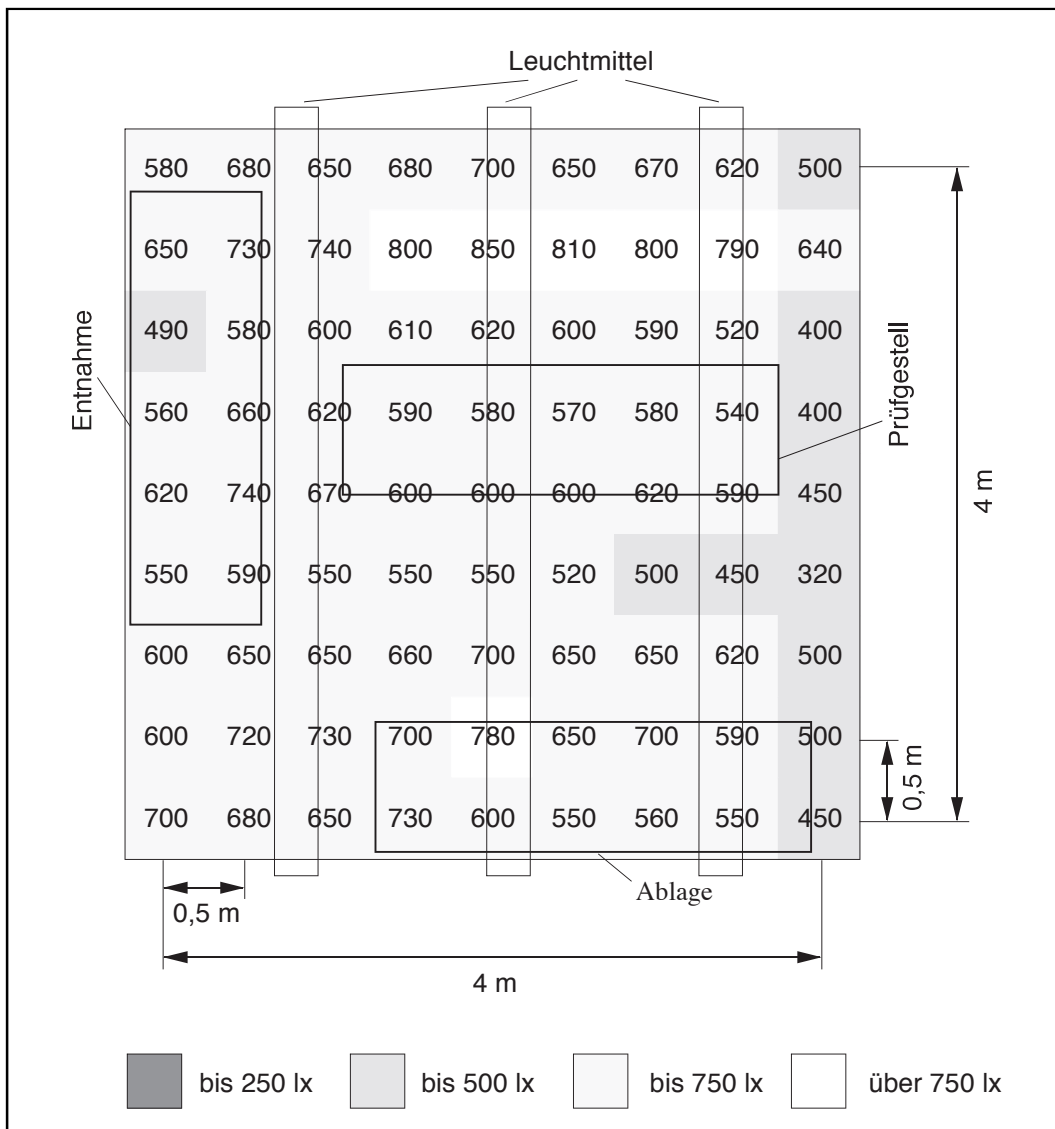


Abbildung 6.10: Verteilung der Beleuchtungsstärke auf dem Versuchsfeld "EloxaI"

Die durchschnittliche Beleuchtungsstärke des Kunstlichtanteils in der Abteilung "Eloxal" betrug  $E = 608$  Lux, die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung  $g_1 = 0,52$  lag unterhalb des von der DIN 5035 geforderten  $g_1$ . Im Bereich des Prüfgestells betrug die mittlere Beleuchtungsstärke  $E = 587$  Lux, mit einer Gleichmäßigkeit  $g_{1P} = 0,92$ . Der Ablagebereich und der Entnahmebereich waren mit  $E = 641$  Lux und  $g_{1A} = 0,86$  bzw. mit  $E = 617$  Lux und  $g_{1E} = 0,79$  beleuchtet.

Die hier nach DIN 5035 mit  $g_1 = E_{\min}/E$  berechnete Gleichmäßigkeit der Beleuchtung des Prüffelds  $g_1 = 0,52$  gab nicht die realen Beleuchtungsverhältnisse wieder, da gerade bei einer großen Anzahl von Meßwerten der zur Berechnung der Gleichmäßigkeit genutzte kleinste Beleuchtungsstärkewert einen viel zu hohen Einfluß hatte. Unterteilt man ein großes Meßraster in mehrere kleine, so erhält man ein aussagefähigeres Ergebnis. So zeigten die Berechnungen der Gleichmäßigkeit an den für die Prüfung der naßlackierten Wasserabweiser wichtigen Bereichen "Prüfgestell", "Entnahme" und "Ablage" mit  $g_{1P} = 0,92$ ,  $g_{1A} = 0,86$  und  $g_{1E} = 0,79$  deutlich bessere Werte.

## **6.4.6 Zuverlässigkeit in der Abteilung "Eloxal"**

### **6.4.6.1 Beschreibung der Versuchsgruppe**

An der Untersuchung nahmen sechs weibliche Mitarbeiter der Abteilung "Naßlack" im Alter zwischen 27 und 50 Jahren teil ( $\bar{x} = 40,2$  Jahre;  $SD = 9,9$  Jahre). Sie verfügten über eine Gesamtberufserfahrung zwischen 6 und 180 Monaten ( $\bar{x} = 93$  Monate;  $SD = 70,4$  Monate), in der Abteilung "Naßlack" waren sie zwischen sechs und 18 Monate beschäftigt ( $\bar{x} = 15$  Monate;  $SD = 5,0$  Monate).

### **6.4.6.2 Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchung "Eloxal"**

Die Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung wurde analog zu Kapitel 6.4.4 über die Anzahl ihrer "Treffer" und "Falschen Alarme" ermittelt. Bei den brilliant-silbernen Wasserabweisern errechnete sich der Median der "Treffer" zu 3 Wasserabweisern. Damit ergab sich bei einer Anzahl von 11 Fehlern eine Trefferquote von 27%. Der Anteil der "Falschen Alarme" errechnete sich mit einem Median von 6 Teilen bei 59 fehlerfreien Wasserabweisern zu 10%. Der Median der "Treffer" bei der Qualitätsprüfung der schwarzen Wasserabweiser betrug 2,5. Das ergab eine Trefferquote von 23%; der Median der "Falschen Alarme" lag bei 7 Teilen, was bei 59 fehlerfreien Wasserabweisern einem Anteil von 12% entsprach.

Eine Überprüfung auf überzufällige Unterschiede anhand des Wilcoxon-Tests ergab, daß diese Ergebnisse nicht gegen den Zufall zu sichern sind. ("Treffer":  $p = 0,13$ ; "Falsche Alarme":  $p = 0,25$ ). Die folgende Abbildung 6.11 zeigt die Mediane der "Treffer", "Verpasser" und "Falschen Alarme" jeweils für brilliantsilberne und für schwarze Wasserabweiser.

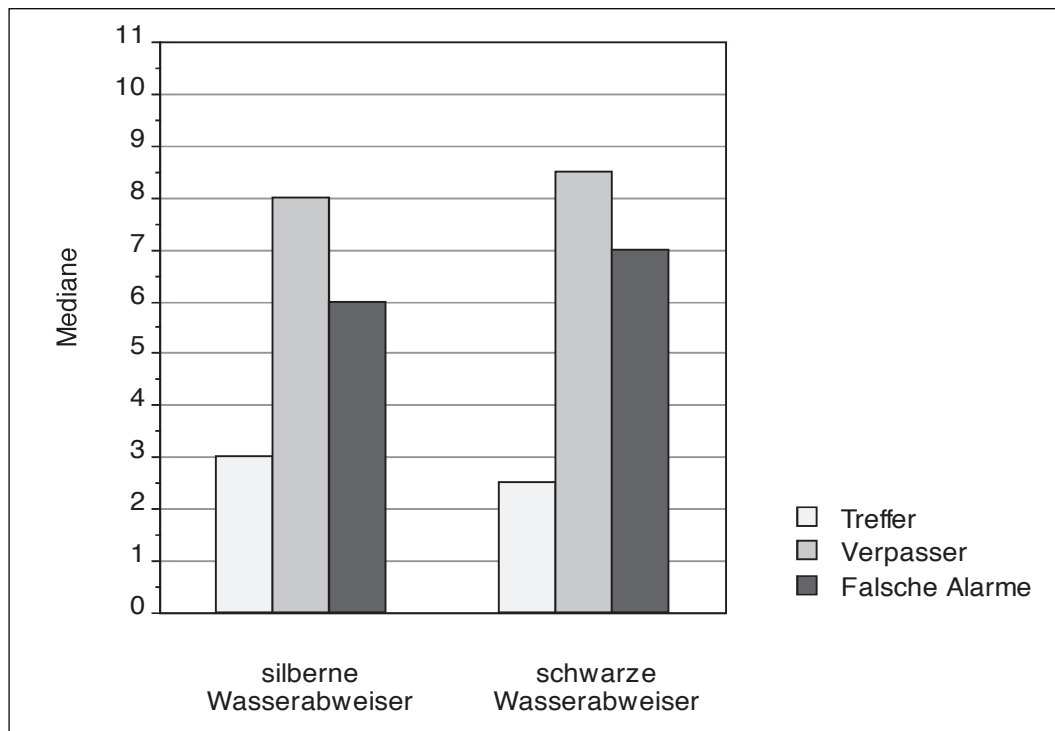


Abbildung 6.11: Mediane der "Treffer", "Verpasser" und "Falschen Alarme" für silberne und schwarze Wasserabweiser in der Abteilung "Eloxal"

### 6.4.7 Vergleich der Beleuchtungsbedingungen in den drei Abteilungen

Die Beleuchtungsbedingungen der drei Versuchsfelder unterschieden sich deutlich. Das Versuchsfeld "Naßlack" wurde wenig ( $\bar{E} = 341$  Lux) und ungleichmäßig ( $g_1 = 0,32$ ) beleuchtet, die Beleuchtungsstärke des Versuchsfelds "BPT" war ebenso niedrig, dafür aber deutlich gleichmäßiger ( $\bar{E} = 371$  Lux,  $g_1 = 0,67$ ). Dagegen ergaben die Messungen auf dem Versuchsfeld "Eloxal" mit  $\bar{E} = 608$  eine deutlich höhere mittlere Beleuchtungsstärke und eine hohe Gleichmäßigkeit von  $g_1 = 0,92$ .

Eine zusammenfassende Darstellung der Beleuchtungsstärken und der Gleichmäßigkeit zeigt die folgende Tabelle 6.12.

Abteilung	Beleuchtungsstärke (Lux)	Gleichmäßigkeit
Naßlack	341	0,32
BPT	371	0,67
Eloxal	608	0,92

Tabelle 6.12: Beleuchtungsbedingungen in den Abteilungen

### 6.4.8 Vergleich der Zuverlässigkeit in den drei Abteilungen

Für den Vergleich der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung der drei untersuchten Abteilungen konnten nur die sechs Versuchspersonen berücksichtigt werden, die an allen drei Untersuchungen teilgenommen haben. Die für die Auswertung verwendeten Daten der Versuchspersonen entsprachen damit denen der Versuchsgruppe "Eloxal".

Die Auswertung der Versuchsergebnisse ergab in jeder Abteilung einen höheren Median der "Treffer" bei den brilliantsilber lackierten Wasserabweisern gegenüber den schwarzlackierten Teilen. Die folgende Abbildung 6.13 zeigt die Mediane der "Treffer" im Vergleich der drei Bereiche.

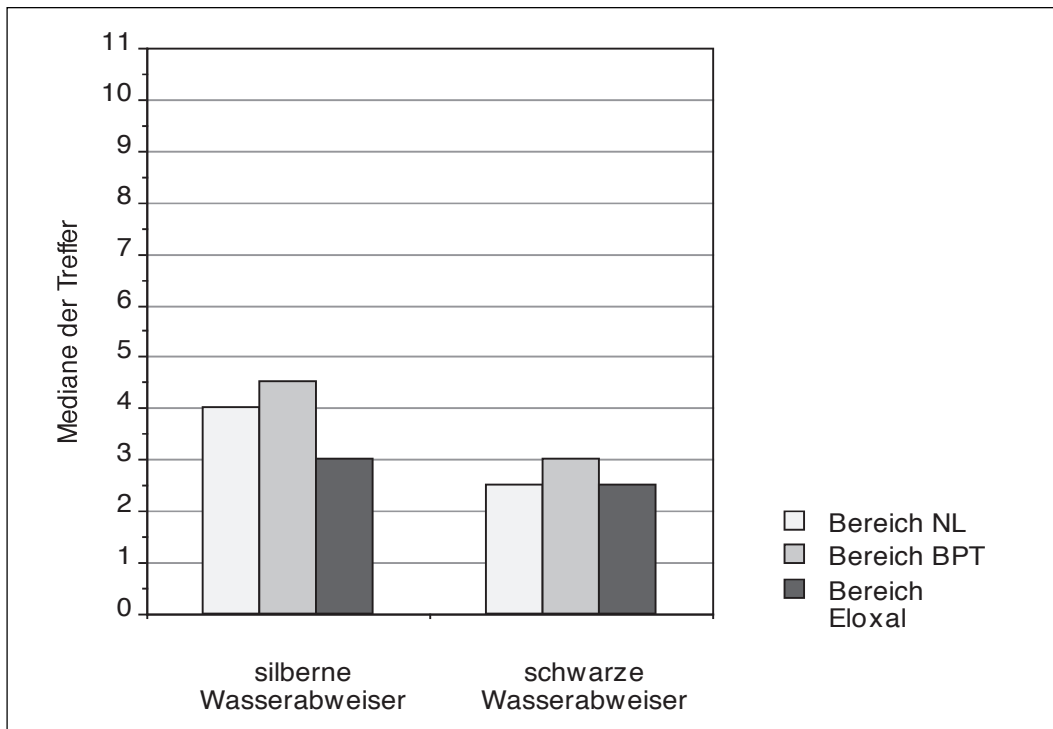


Abbildung 6.13: Mediane der "Treffer" in den drei Abteilungen

Die Signifikanzprüfung der Ergebnisse mit Hilfe einer zweifaktoriellen Rangvarianzanalyse auf den Faktoren A (Abteilung) und B (Farbe) ergab keinen überzufälligen Unterschied der Trefferquote zwischen den drei untersuchten Versuchsfeldern oder den beiden Farben (siehe Tabelle 6.14).

Tabelle 6.14: Ergebnisse der Rangvarianzanalyse

Variation	$\chi^2$	df	p - Wert
Faktor A	0,61	2	p = 0,74
Faktor B	2,11	1	p = 0,15
Wechselwirkung	1,44	2	p = 0,49

Die in der folgenden Abbildung 6.15 dargestellte Auswertung der "Falschen Alarme" ergab bei den brillantsilbernen Wasserabweisern kaum Unterschiede zwischen den Abteilungen "Naßlack" (Median = 2,5), "BPT" (Median = 3) und "Eloxal" (Median = 2,5). Die Anzahl der "Falschen

Alarme" war bei den schwarzlackierten Teilen in den drei Abteilungen unterschiedlich und insgesamt höher als bei den brilliantsilber lackierten Wasserabweisern.

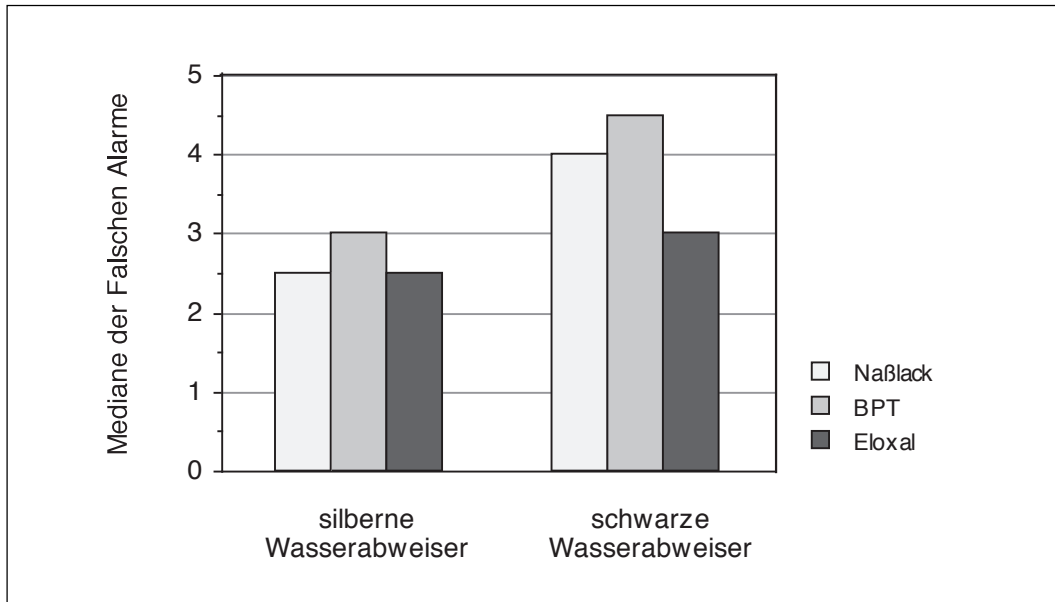


Abbildung 6.15: Mediane der "Falschen Alarme" in den drei Abteilungen

Die Signifikanzprüfung der Ergebnisse zeigte, daß nur der Unterschied der Anzahl der "Falschen Alarme" zwischen den Farben gegen den Zufall zu sichern ist (Faktor B;  $p < 0,01$ ).

Tabelle 6.16: Ergebnisse der Rangvarianzanalyse

Variation	$\chi^2$	df	p - Wert
Faktor A	1,52	2	$p = 0,47$
Faktor B	6,81	1	$p < 0,01$
Wechselwirkung	0,58	2	$p = 0,75$

#### 6.4.9 Diskussion

Mit Hilfe der Untersuchungen in den drei Versuchsfeldern konnte die Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung naßlackierter Wasserabweiser unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen ermittelt werden. Da keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden wurden, haben weder die Beleuchtungsstärke noch die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung auf dem hier untersuchten Niveau einen Einfluß auf die Zuverlässigkeit.

Die aufgestellte Hypothese konnte damit nicht bestätigt werden. Es kann vermutet werden, daß selbst eine im Bereich "Eloxal" im Vergleich zu den anderen Abteilungen fast doppelt so hohe Beleuchtungsstärke deswegen keinen Einfluß auf die Zuverlässigkeit der visuellen Prüfaufgabe hatte, weil die Beleuchtungsstärke insgesamt noch weit unter den entsprechenden Empfehlungen der DIN 5035 lag.

Untersuchungen auf einem Versuchsfeld, mit einer den Forderungen der DIN 5035 entsprechenden durchschnittlichen Beleuchtungsstärke des Kunstlichtanteils von 1000 bis 1500 Lux, konnten im Rahmen der Felduntersuchung nicht durchgeführt werden, da keine entsprechenden Einrichtungen zur Verfügung standen. Notwendig erscheinen somit weitere Laborexperimente unter Beleuchtungsbedingungen, die speziell an die Prüfaufgabe angepaßt werden und deren Beleuchtungsstärke mindestens den in der DIN 5035 geforderten Minimalbedingungen entspricht, um den Einfluß einer höheren Beleuchtungsstärke auf die Zuverlässigkeit von Qualitätsprüfungen zu ermitteln.

## **7 Subjektive Bewertungen der Mitarbeiter**

### **7.1 Befragung der Mitarbeiter zur Tätigkeit und Arbeitsumgebung**

#### **7.1.1 Beschreibung des eingesetzten Fragebogens**

Zur Erfassung ihrer belastungsbezogenen Wahrnehmungen wurden die Mitarbeiter der Abteilung "Naßlack" zu ihrer Tätigkeit und zu ihrer Arbeitsumgebung befragt. Dazu erfolgte die Entwicklung eines aus 40 Items bestehenden Fragebogens, der inhaltlich fünf wesentliche Aspekte der Arbeitsaufgaben und -umgebung erfaßte.

Der erste Teil des Fragebogens enthielt Fragen zu den Einflüssen der Beleuchtung bei der Prüfung von hellfarbigen und dunkelfarbigen Wasserabweisern. Weiterhin wurden die Mitarbeiter im zweiten Teil zu den Arbeitsmitteln, wie "Ofenwagen", "Prüfgestell" und "Lehre" und im dritten Teil zur "Durchführung der Prüfaufgabe" befragt. Bewertungen zu Einflüssen der Arbeitszeit, zu Gestaltungsmaßnahmen und zur Schulung wurden ebenfalls ermittelt (siehe Anhang II).

Als Beurteilungsskalen wurden graphische, horizontal ausgerichtete, sowohl numerisch, als auch zusätzlich verbal verankerte Rating-Skalen mit als äquidistant gelten könnenden, wertfreien Deskriptoren an allen Hauptskalenmarkierungen gewählt (Pitrella und Käßpler, 1988; Rohrman, 1978; Tränkle, 1987). Die Unterteilung der Beurteilungsskala in acht Abschnitte mit einer Länge von jeweils 20 mm ergab eine Gesamtskalenlänge von 160 mm. Die folgende Abbildung 7.1 zeigt das Beispiel einer Beurteilungsskala.

Zur Auswertung der Fragebögen wurde der Abstand des Nullpunktes bis zu der von der Versuchsperson angekreuzten Stelle der jeweiligen Skala gemessen. Aus den Ergebnissen der Bewertungen aller Versuchspersonen wurden die einzelnen Mediane der abgegebenen Urteile für jede Rating-Skala berechnet.

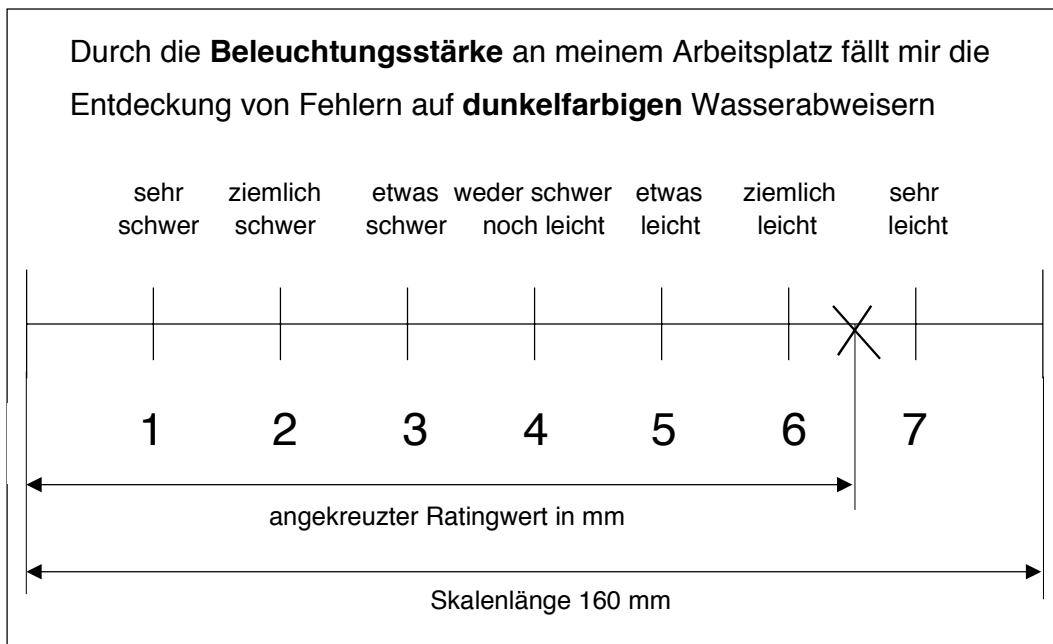


Abbildung 7.1: Beispiel einer verwendeten Ratingskala

### 7.1.2 Beschreibung der Versuchsgruppe

An der Befragung nahmen 13 Mitarbeiter (10 weibliche und 3 männliche) der Abteilung "Naßlack" im Alter zwischen 24 und 54 Jahren teil. Das mittlere Alter betrug 40,0 Jahre (SD = 10,5 Jahre). Sie verfügten bei der Prüfung naßlackierter Wasserabweiser über eine Berufserfahrung zwischen 6 und 18 Monaten ( $\bar{\theta}$  = 14,8 Monate; SD = 4,0 Monate).

### 7.1.3 Versuchsergebnisse

Signifikante Unterschiede in der Beurteilung der Items durch die Versuchspersonen wurden in den zwei Komplexen "Fragen zur Beleuchtung am Arbeitsplatz" und "Fragen zur Durchführung der Prüfaufgabe" gefunden.

Die Auswertung der Beurteilungen der Versuchspersonen zum Einfluß der Farbe der Wasserabweiser in der Gruppe "Fragen zur Beleuchtung", erfolgte anhand einer Rangvarianzanalyse mit Meßwiederholung auf den zwei Faktoren "Farbe der Wasserabweiser" (Faktor A) und "Beleuchtung"

(Faktor B). Dabei zeigten sich signifikante Unterschiede ( $p < 0,01$ ) zwischen den brilliantsilber lackierten und den schwarzlackierten Wasserabweisern. Die folgende Tabelle 7.2 gibt die Ergebnisse der Rangvarianzanalyse wieder.

Tabelle 7.2: Ergebnisse der Rangvarianzanalyse

Variation	$\chi^2$	df	p - Wert
Faktor A	16,30	1	$p < 0,01$
Faktor B	0,30	2	$p = 0,86$
A * B	2,79	2	$p = 0,25$

Die Auswertung der Bewertungen der Probanden ergab bei der Frage nach der Schwierigkeit der Prüfung der hellfarbigen Wasserabweiser einen Median von 119 mm, Das heißt die Prüfung hellfarbiger Wasserabweiser wird von den Probanden als "ziemlich leicht" eingeschätzt. Dunkelfarbige Wasserabweiser sind dagegen nach Aussage der Versuchspersonen unter der gegebenen Beleuchtungsstärke "etwas schwer" zu prüfen (Median = 68 mm).

Neben der Beleuchtungsstärke zeigte sich ein signifikanter Unterschied bei der Bewertung der Lichtreflexionen zwischen den hell- und dunkelfarbigen Wasserabweisern. Die Prüfung hellfarbiger Wasserabweiser wurde von den Probanden aufgrund der Lichtreflexionen als "etwas leicht" (Median des Skalenwertes = 100 mm) die der dunkelfarbigen Wasserabweiser als "etwas schwer" (Median des Skalenwertes = 60 mm) eingeschätzt.

Weitere Unterschiede zeigten sich bei der Bewertung des Tageslichteinflusses durch die Mitarbeiter. Hier urteilten sie mit einem Median des Skalenwertes von 110 mm für hellfarbige Wasserabweiser signifikant höher als für schwarze Teile mit einem Median des Skalenwertes von 80 mm.

Die folgende Abbildung 7.3 zeigt zusammenfassend die Urteile der Befragten mit den drei Items "Beleuchtungsstärke", "Reflexionen" und

"Tageslicht" jeweils aufgetragen für hellfarbige und für dunkelfarbige Wasserabweiser.

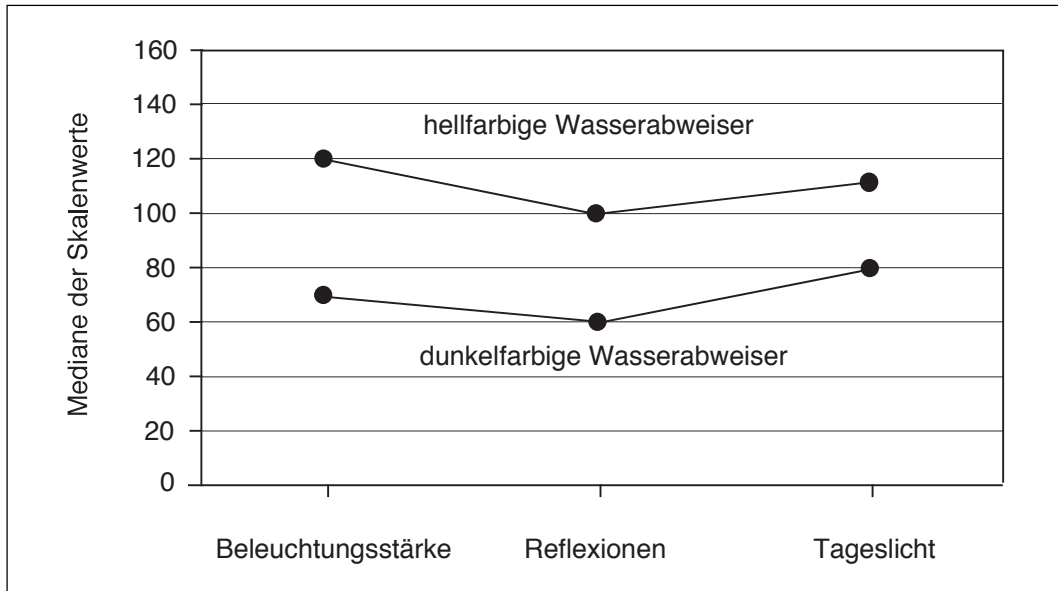


Abbildung 7.3: Urteile der Probanden

In dem Komplex "Fragen zur Durchführung der Prüfaufgabe" wurden signifikante Unterschiede in der Beurteilung der Entdeckungsschwierigkeit von Fehlern auf bestimmten Bereichen der Leisten festgestellt ( $p < 0,01$ ). Fehler auf dem Dachbereich der Wasserabweiser wurden hier als "etwas leicht" zu entdecken (Median des Skalenwerts = 100 mm) beurteilt, während Fehler an den seitlichen Kanten (Median des Skalenwerts = 56 mm) nach Meinung der Versuchspersonen "eher schwer" zu finden sind. Die Entdeckung von Fehlern in den Bereichen der "A-Säule" (Median des Skalenwerts = 80 mm) und an den "Vorder- und Hinterkanten" (Median des Skalenwerts = 76 mm) wird von den Versuchspersonen ebenfalls als schwieriger beurteilt, als die Entdeckung von Fehlern im "Dachbereich" der Wasserabweiser ( $p < 0,05$ ). Zusammenfassend sind die Ergebnisse in der folgenden Abbildung 7.4 dargestellt.

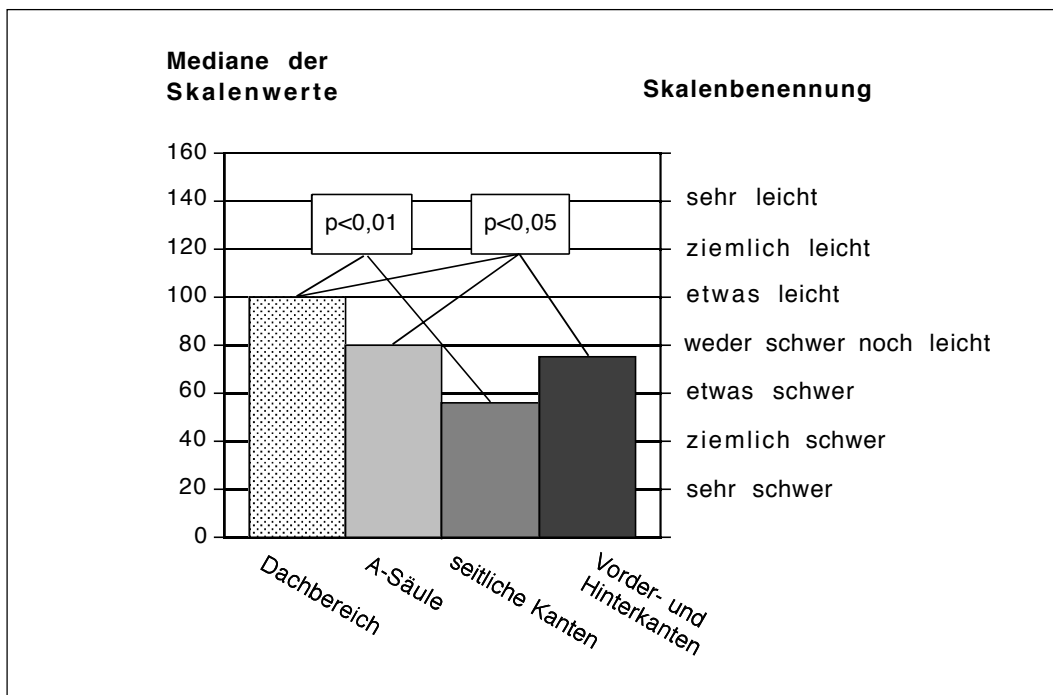


Abbildung 7.4: Entdeckung von Fehlern in verschiedenen Bereichen

#### 7.1.4 Diskussion der Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die Mitarbeiter die Prüfung der schwarzlackierten Wasserabweiser als deutlich schwerer bewerten als die der brilliantsilber lackierten Teile. Der Vergleich mit den in der Zuverlässigkeitsuntersuchung (vergleiche Kapitel 6.1) gefundenen Einflüssen der Farbe der Wasserabweiser auf die Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung zeigt eine Übereinstimmung der subjektiven Bewertung der Mitarbeiter mit den objektiv ermittelten Daten.

Die von den Mitarbeitern als schwer beurteilte Möglichkeit der Entdeckung von Fehlern an den seitlichen Kanten der Wasserabweiser gibt Hinweise auf eine nötige Verbesserung der Positionierungsmöglichkeiten der Teile während der Qualitätsprüfung. Dies könnte durch konstruktive Verbesserungen des bislang verwendeten Montagegestells erreicht werden, damit die Wasserabweiser auf dem Gestell so geschwenkt werden können, daß die schwer zu prüfenden Abschnitte der Teile besser im Blickfeld des Prüfers liegen.

## **7.2 Paarvergleich ausgewählter Arbeitsplatzelemente**

### **7.2.1 Einleitung**

Die Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchungen haben gezeigt, daß das Arbeitsplatzelement "Beleuchtung" als defizitär zu bewerten ist. Mit Hilfe eines Paarvergleichs wurden die Versuchspersonen zu ihrer Einschätzung der Dringlichkeit von Verbesserungsmaßnahmen der Beleuchtung und anderer Elemente ihres Arbeitsplatzes befragt. Die Auswertung des Paarvergleichs ergibt eine skalierbare Rangreihe, die einen Vergleich der subjektiven Bewertungen der Mitarbeiter mit den objektiv erhobenen Daten ermöglicht. Die wesentlichen Arbeitsplatzelemente wurden ausgewählt und im weiteren jeweils paarweise gegenübergestellt:

1. Beleuchtung
2. Platzangebot
3. Prüfgestell
4. Ofenwagen
5. Versandbehälter
6. Arbeitslehren

### **7.2.2 Beschreibung der Versuchsgruppe**

An dem Paarvergleich nahmen 11 Mitarbeiter (neun weibliche und zwei männliche) der Abteilung "Naßlack" im Alter zwischen 24 und 54 Jahren mit einem Altersdurchschnitt von 40,4 Jahren (SD = 10,9 Jahre) teil. Sie verfügten über eine Berufserfahrung zwischen 12 und 18 Monaten ( $\bar{X}$  = 15,3 Monate; SD = 3,1 Monate) bei der Prüfung naßlackierter Wasserabweiser.

### 7.2.3 Systematik des Paarvergleichs

Zur Durchführung und Auswertung eines Paarvergleichs hat sich die in der folgenden Abbildung 7.5 dargestellte Systematik bewährt (Weber, 1985):

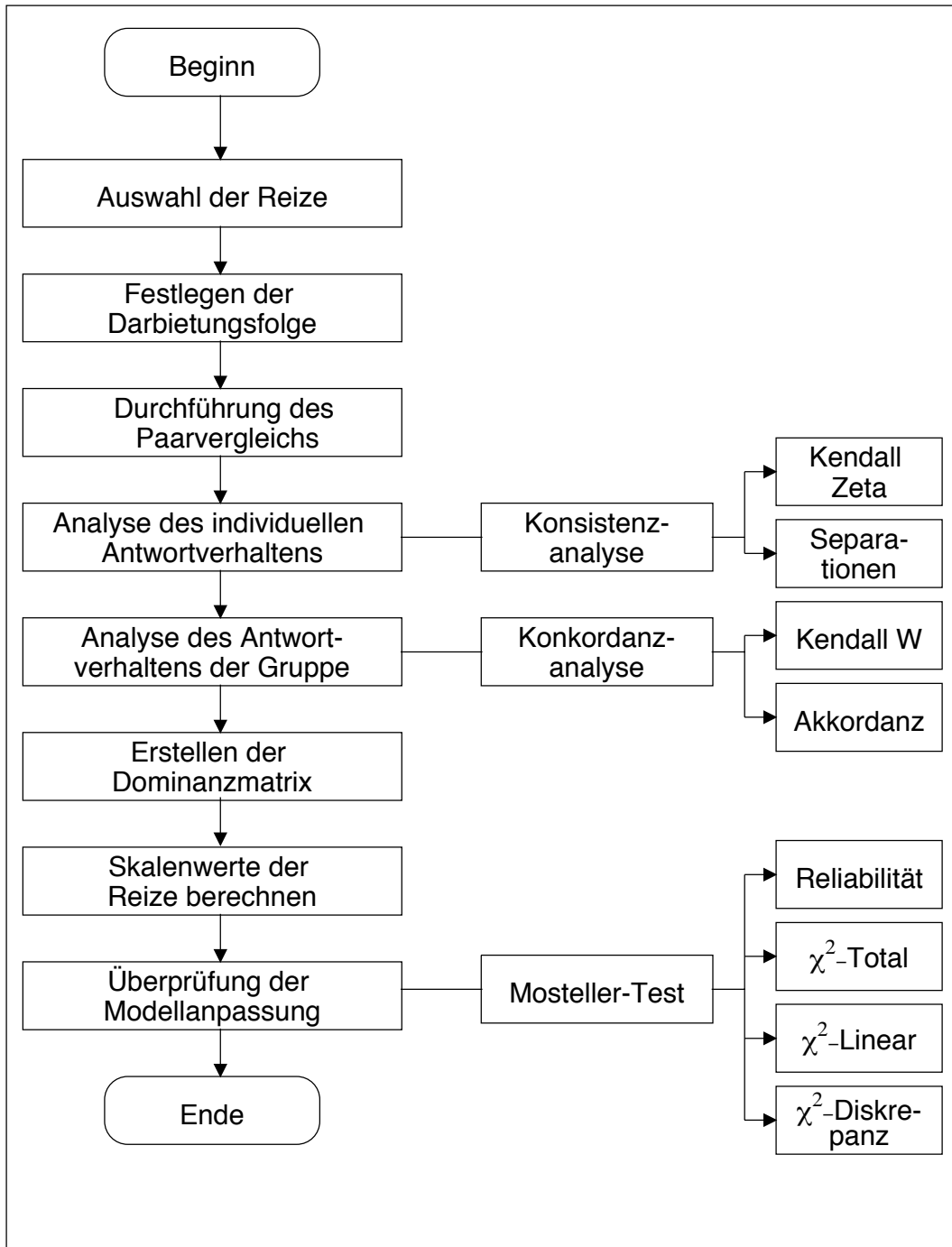


Abbildung 7.5: Systematik des Paarvergleichs

#### 7.2.4 Auswahl der Reize

Die Festlegung der Anzahl der zu skalierenden Reize beeinflusst die Akzeptanz eines Skalierungsexperiments nicht unerheblich. Bei zu großer Reizzahl kann es bei den Versuchsteilnehmern zu Ermüdung und zu einer sinkenden Bereitschaft, die Beurteilung gewissenhaft vorzunehmen, kommen. Bisher vorliegende Erfahrungen mit Paarvergleichen lassen bis zu 10 Reize als praktikabel erscheinen (Guilford, 1954). Für den hier durchgeführten Paarvergleich wurden 6 Reize ausgewählt, so daß sich 15 Paare ergaben.

Bei der Präsentation der Reize ist eine regelmäßig auftretende Wiederholung der Reizsequenz zu vermeiden. Zwischen den Reizpaaren, die einen Reiz gemeinsam haben, sollte ein möglichst großer Abstand vorhanden sein und die Häufigkeit mit der ein Reiz innerhalb eines Paares vorne beziehungsweise hinten steht muß weitgehend ausbalanciert sein. Präsentationssequenzen, die diese Bedingungen erfüllen wurden von Ross aufgestellt (Ross, 1934). Für acht Reize ergibt sich folgende Reihenfolge der Präsentation:

1-2, 6-4, 5-1, 3-2, 5-6, 1-3, 2-4, 6-1, 4-3, 5-2, 1-4, 3-5, 2-6, 5-4, 6-3.

#### 7.2.5 Analyse des individuellen Antwortverhaltens

Die Paarvergleichsbeurteilungen der einzelnen Versuchspersonen sollten in sich konsistent sein, das heißt, sie sollten der folgenden Logik entsprechen:

Wenn Reiz A größer als Reiz B beurteilt wird, und Reiz B größer als C, dann sollte Reiz C kleiner als Reiz A beurteilt werden.

Abweichungen von dieser Struktur werden als zirkuläre Triaden bezeichnet. Das Verhältnis der bei der Beurteilung tatsächlich aufgetretenen Anzahl der zirkulären Triaden zu den maximal möglichen ist eine Maßzahl für die individuelle logische Konsistenz eines Urteilers. Sie wird als Kendall-Zeta bezeichnet und variiert zahlenmäßig im Bereich von 0 (keine Konsistenz)

und 1 (höchste Konsistenz).

Die folgende Abbildung 7.6 zeigt, daß Kendall-Zeta bei der Analyse der Urteilerübereinstimmung insgesamt Werte zwischen 0,625 und 1 annahm, wobei 50% der Probanden eine Konsistenz von mehr als 0,87 erreichten.

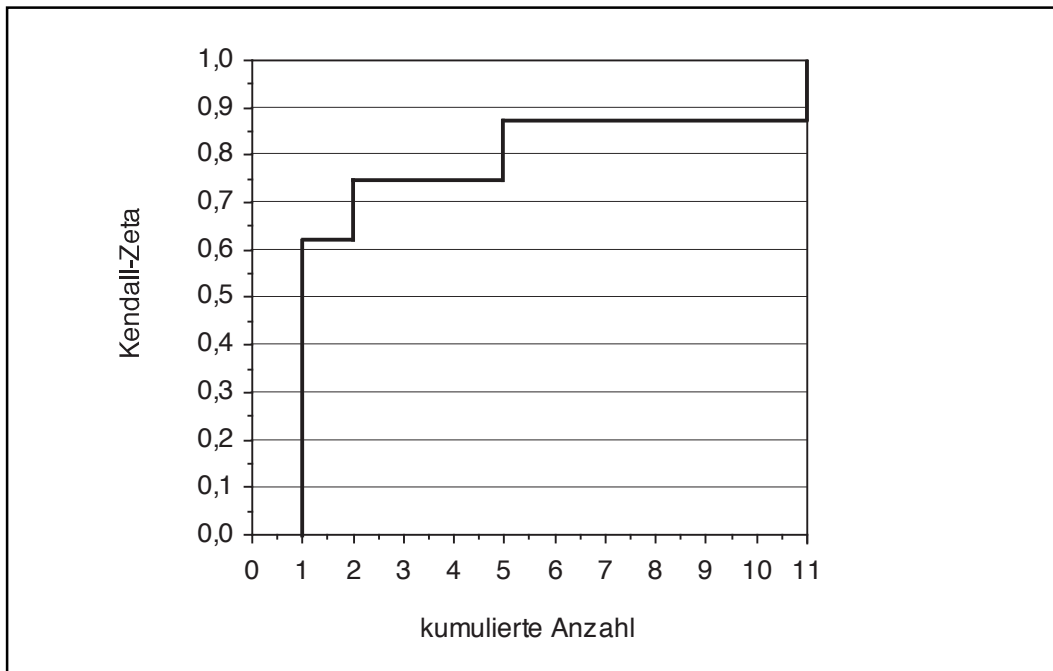


Abbildung 7.6: Kendall-Zeta und Anzahl der Probanden

Eine auf den Urteilen der Gesamtgruppe basierende Skalierung setzt weiterhin voraus, daß die Befragten das Beurteilungsmerkmal "Element verbessern" ähnlich verstehen bzw. interpretieren. Daher erfolgte im weiteren die Bestimmung der Höhe der Urteilerkonkordanz, die quantitativ über das sogenannte Kendall W beschreibbar ist. Dieser Koeffizient kann insgesamt Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei 0 keine und 1 maximale Übereinstimmung der Urteiler bedeuten. Für die Beurteilungen der 11 Befragten errechnet sich eine signifikante Konkordanz mit Kendall W = 0,48 ( $\chi^2 = 26,31$ ,  $df = 5$ ,  $p < 0,01$ ), so daß die Annahme eines bei allen Urteilern ähnlichen Antwortverhaltens zu rechtfertigen ist.

Auf Grund der in ihrer Höhe befriedigenden Urteilerübereinstimmung, konnten im weiteren die Paarvergleichsbeurteilungen der Gruppe eindimensional nach einem "Torgersonbedingung C" entsprechenden Modell skaliert werden. Das Ergebnis dieser Skalierung zeigt die Abbildung 7.8.

Die Überprüfung der Angemessenheit des Skalierungsmodells erfolgte zufallskritisch mit dem Mosteller-Test. Dabei sind drei verschiedene Prüfgrößen zu berechnen: der sogenannte  $\chi^2$ -Wert-Total, der sich aus den Abweichungen der beobachteten prozentualen Bevorzugungen vom Gesamtmittelwert ergibt, der  $\chi^2$ -Wert-Linear, der auf Basis des Skalierungsmodells aus den Abweichungen zwischen dem reproduzierten und dem Gesamtmittelwert gebildet wird sowie der  $\chi^2$ -Wert-Diskrepanz, der sich aus der Differenz zwischen den beobachteten und den reproduzierten Bevorzugungen errechnet. Der signifikante  $\chi^2$ -Wert-Total ( $\chi^2 = 91,35$ ,  $df = 15$ ,  $p < 0,01$ ) belegt, daß die einzelnen Arbeitsplatzelemente in ihrer Wichtigkeit überhaupt unterschiedlich bewertet werden. Ebenso enthalten die Daten eine ausgeprägte "lineare" Komponente ( $\chi^2$  - Wert = 74,69,  $df = 5$ ,  $p < 0,01$ ). Signifikante Abweichungen zwischen den reproduzierten und beobachteten Werten sind nicht nachweisbar ( $\chi^2 = 7,29$ ,  $df = 10$ ,  $p > 0,01$ ). Die Reliabilität der Skalenwerte erreicht einen Wert von 0,84. Damit erscheint das gewählte Skalierungsmodell den Daten insgesamt angemessen.

Tabelle 7.7: Ergebnisse des Mosteller-Tests

	$\chi^2$	df	p - Wert
Total	91,35	15	$p < 0,01$
Linear	74,69	5	$p < 0,01$
Diskrepanz	7,29	10	$p > 0,01$

### 7.2.6 Ergebnisse des Paarvergleichs

In Abbildung 7.8 sind die berechneten normierten Skalenwerte der sechs Arbeitsplatzelemente wiedergegeben, wobei als Nullpunkt willkürlich das Arbeitsplatzelement mit der geringsten Zahl von Bevorzungen gewählt wurde ("Versandbehälter"). Es zeigt sich, daß die Dringlichkeit einer Umgestaltung für die "Beleuchtung" mit einem Skalenwert von 0,8 die höchste Priorität hat.

Im mittleren Skalenbereich finden sich mit Werten von 0,48 und 0,34 das "Platzangebot" sowie das "Prüfgestell". Mit eher niedrigen Skalenwerten sind drei Elemente, nämlich die "Arbeitslehren" (0,16), der "Ofenwagen" (0,03) und der "Versandbehälter" (0,00) verbunden.

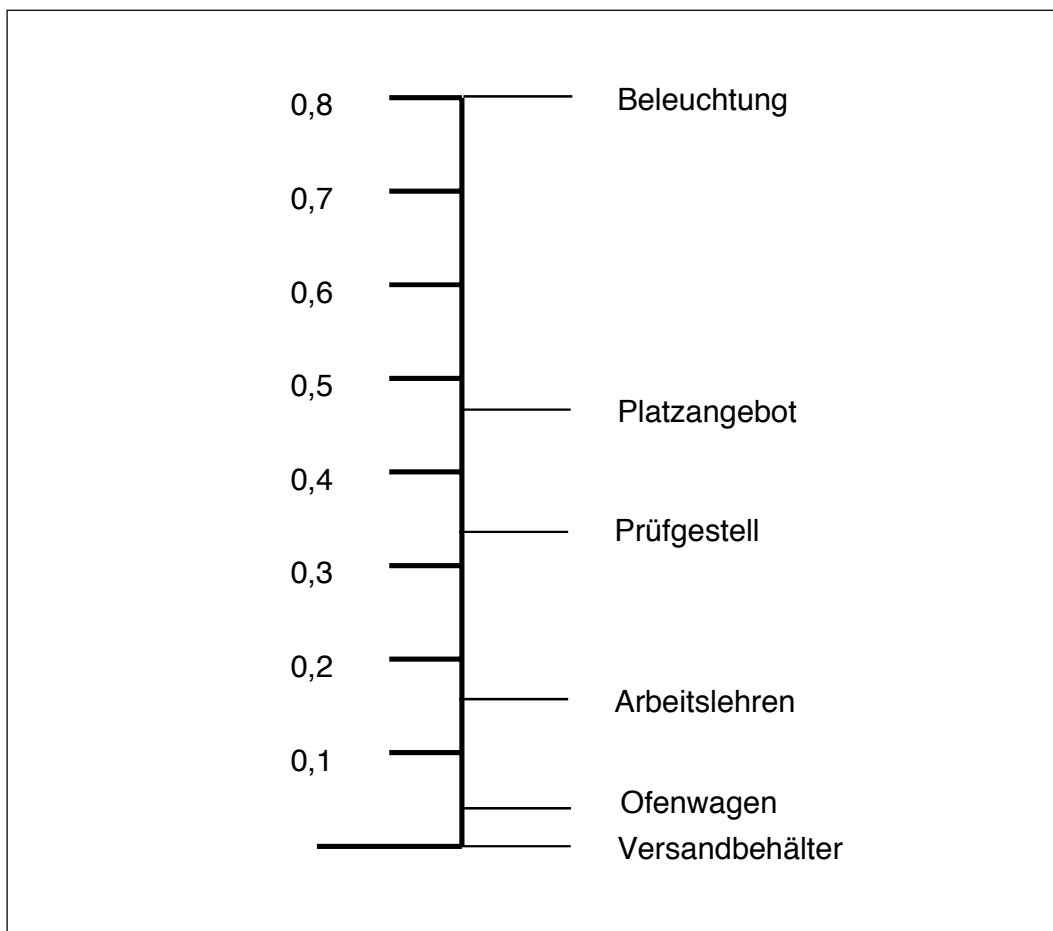


Abbildung 7.8: Skalierung der Arbeitsplatzelemente

### **7.2.7 Diskussion**

Die Ergebnisse des Paarvergleich zeigen eine Übereinstimmung der objektiv ermittelten Daten mit der Bewertung der Mitarbeiter. Die Messung der Beleuchtungsbedingungen an den Arbeitsplätzen ergab, daß eine Verbesserung in diesem Bereich erforderlich ist (siehe Kapitel 6.2). Dies deckte sich auch mit den Aussagen der Versuchspersonen.

Eine Erklärung für das von den Mitarbeiter ebenfalls bemängelte Platzangebot kann der kurz vor der Untersuchung durchgeführte Umzug der Abteilung "Naßlack" in ein anderes Gebäude und die damit verbundene Verminderung des Platzangebots sein.

Das Arbeitsplatzelement "Prüfgestell" wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht näher untersucht, eine Verbesserung scheint aber aufgrund der Bewertung der Mitarbeiter auch hier sinnvoll. Die Elemente "Arbeitslehren", "Ofenwagen" und "Versandbehälter" waren nach Einschätzung der Mitarbeiter kaum verbesserungsbedürftig.

## **7.3 Paarvergleich zur Ermittlung der Entdeckungsschwierigkeit unterschiedlicher Fehlertypen**

### **7.3.1 Einleitung**

Bei der Herstellung naßlackierter Wasserabweiser treten unterschiedliche Fehlertypen in unterschiedlichen Ausprägungen auf. Mit Hilfe eines Paarvergleichs wurden Mitarbeiter der Abteilung "Naßlack" zu ihrer subjektiven Einschätzung der Schwierigkeit einen bestimmter Fehlertyp zu entdecken befragt. Damit sollte ermittelt werden, ob es für sie Unterschiede in der Entdeckungsschwierigkeit bestimmter Fehlertypen gibt, und ob innerhalb der Versuchsgruppe ein einheitlicher Bewertungsstandard für die Fehlertypen existiert.

### **7.3.2 Beschreibung der Versuchsgruppe**

Die Versuchsgruppe setzte sich aus 13 Mitarbeitern (10 weiblich und 3 männlich) der Abteilung "Naßlack" zusammen. Das Alter der Versuchspersonen lag zwischen 24 und 54 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 40,5 Jahre (SD = 10,3 Jahre). Die Beschäftigungsdauer am Arbeitsplatz "Naßlack" betrug zwischen 6 und 18 Monaten; bei einer durchschnittlichen Beschäftigungsdauer von 15,1 Monaten (SD = 4,0 Monate).

### **7.3.3 Durchführung des Paarvergleichs**

Für die Durchführung des Paarvergleichs wurden anhand der im Betrieb verwendeten Fehlerzählkarten acht typische Fehler auf schwarzlackierten Wasserabweisern ausgewählt:

- Pickel
- Blase/Kocher
- Löcher/Poren
- Fettkante
- Lackläufer

- Orangerhaut
- Farbe nicht in Ordnung
- Kratzer

Diese ausgewählten Fehlertypen wurden in einem Fragebogen jeweils paarweise gegenübergestellt. Mit der Reizzahl  $n = 8$  erhält man 28 Paare unterschiedlicher Fehlertypen.

Den 13 Versuchspersonen (VP) standen als Hilfestellung Abschnitte der schwarzlackierten Wasserabweiser zur Verfügung, auf denen jeweils einer der ausgewählten Fehlertypen in einer mittleren Ausprägung vorhanden war. Für den Paarvergleich wurden sie aufgefordert, jeweils den Fehlertyp zu benennen, der für sie leichter zu erkennen war (siehe Anhang II).

#### **7.3.4 Versuchsergebnisse**

Die Analyse des individuellen Antwortverhaltens ergab, daß die Urteilkonsistenz von drei Personen (VP 2:  $\xi = 0,25$ , VP 4:  $\xi = 0,70$ , VP 14:  $\xi = 0,65$ ) nicht gegen den Zufall zu sichern war (Kendall-Zeta  $\leq 0,7$ ,  $df = 21$ ,  $p > 0,01$ ). Mehr als 50% der Befragten erreichten ein Kendall-Zeta größer 0,85. Bei der weiteren Auswertung des Paarvergleichs blieben die Daten der inkonsistent urteilenden Versuchspersonen unberücksichtigt. Somit reduzierte sich für die weitere Analyse des Antwortverhaltens die Gruppe auf 10 Versuchspersonen. Die folgende Abbildung 7.9 zeigt das Kendall-Zeta für die kumulierte Anzahl der Versuchspersonen.

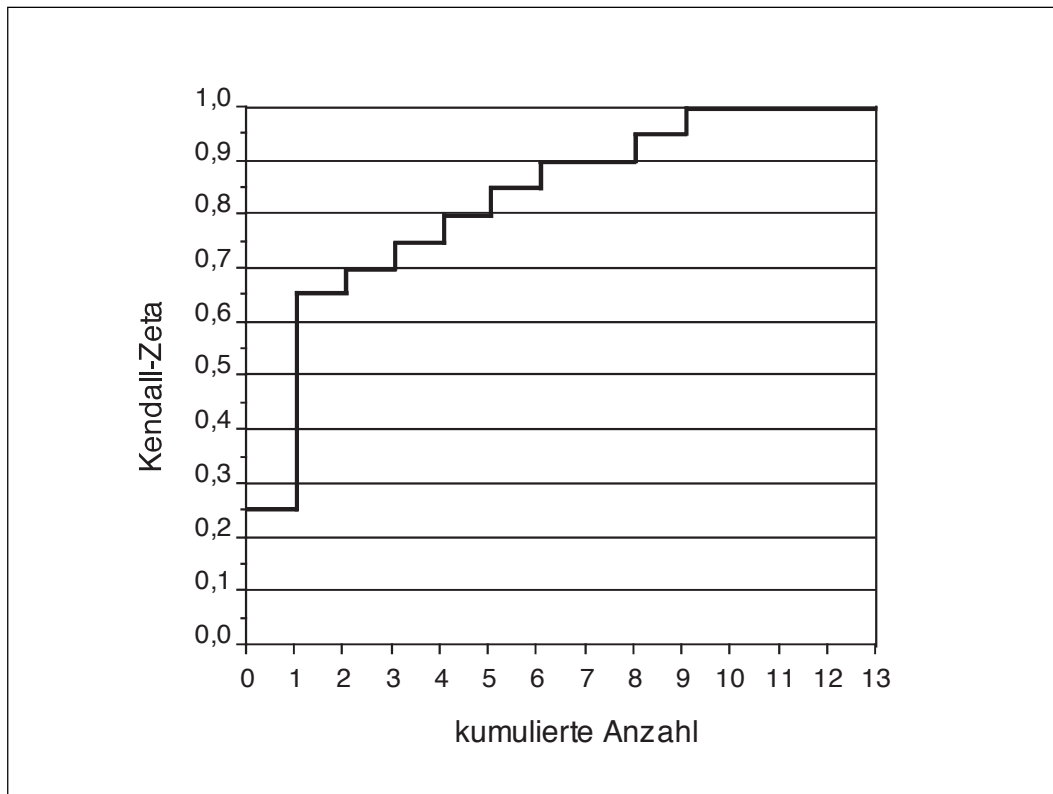


Abbildung 7.3.4.1: Kendall-Zeta

Eine auf den Urteilen der Gesamtgruppe basierende Skalierung setzt weiterhin voraus, daß die Befragten das Merkmal "Entdeckungsschwierigkeit" ähnlich verstehen beziehungsweise interpretieren. Daher erfolgte im weiteren die Bestimmung der Höhe der Urteilerkonkordanz. Für die Beurteilungen der zehn Befragten errechnet sich Kendall W zu 0,17 ( $\chi^2 = 12,25$ ,  $df = 7$ ,  $p > 0,01$ ), so daß die Annahme eines bei allen Urteilern ähnlichen Antwortverhaltens nicht zu rechtfertigen ist.

Zur Untersuchung intraindividuelle Unterschiede im Antwortverhalten bei Paarvergleichsuntersuchungen steht ein mit der im Rahmen der Faktorenanalyse als Q-Technik bekannten Methode verwandtes Verfahren zur Verfügung (Slater, 1960). Dabei wird aus den jeweiligen individuellen Bevorzugungshäufigkeiten der einzelnen Reize über alle Personen eine sogenannte Quadratsummenmatrix gebildet, die anschließend nach der

Hauptkomponentenmethode faktoranalytisch auszuwerten ist, wobei die erhaltene Faktorenstruktur unrotiert bleibt.

Dieses Verfahren erlaubt allgemein innerhalb einer inhomogenen Urteilergruppe in ihrem Antwortverhalten möglichst ähnliche Subgruppen zu identifizieren. Abbildung 7.10 zeigt die Ladungen der Personen auf dem ersten extrahierten Faktor, der einen Anteil von 38,4% an der Gesamtvarianz aufklärt. Danach lassen sich innerhalb der Gruppe der 10 Mitarbeiter zwei Subgruppen voneinander unterscheiden: die Gruppe 1, bestehend aus fünf Personen, die auf diesem Faktor im wesentlichen negativ laden und die Gruppe 2, die sich aus ebenfalls aus fünf Personen zusammensetzt, die hier ausschließlich positiv laden.

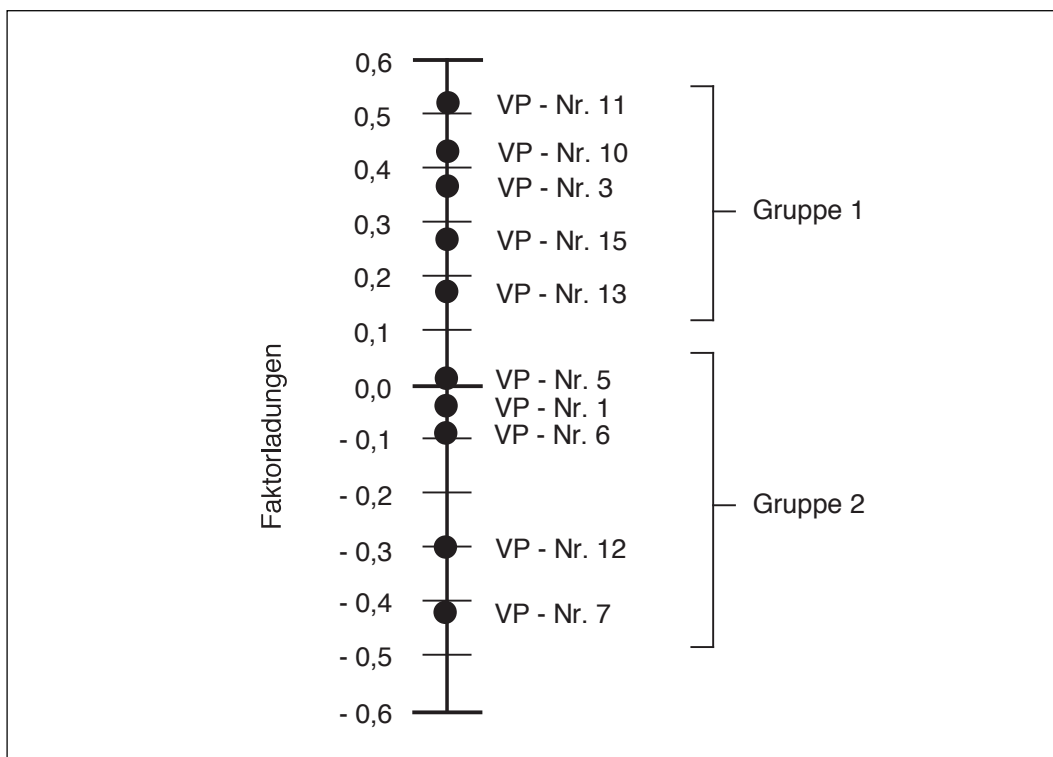


Abbildung 7.3.4.2: Zwei Gruppen mit jeweils ähnlichen Faktorladungen

Für die beiden so ermittelten Teilgruppen erfolgte anschließend erneut eine Analyse der Urteilerübereinstimmung. Dabei ergab sich für die Gruppe 1 eine Konkordanz von 0,54 ( $\chi^2 = 18,80$ ,  $df = 7$ ,  $p < 0,01$ ) und für die zweite

Gruppe eine Konkordanz von 0,48 ( $\chi^2 = 16,82$ ,  $df = 7$ ,  $p < 0,05$ ). Aufgrund der in ihrer Höhe befriedigenden Urteilerübereinstimmung, konnten im weiteren die Paarvergleichsbeurteilungen je Gruppe nach einem "Torgerson, Bedingung C" entsprechenden Modell eindimensional skaliert werden. Das Ergebnis dieser Skalierung zeigt die folgende Abbildung 7.11.

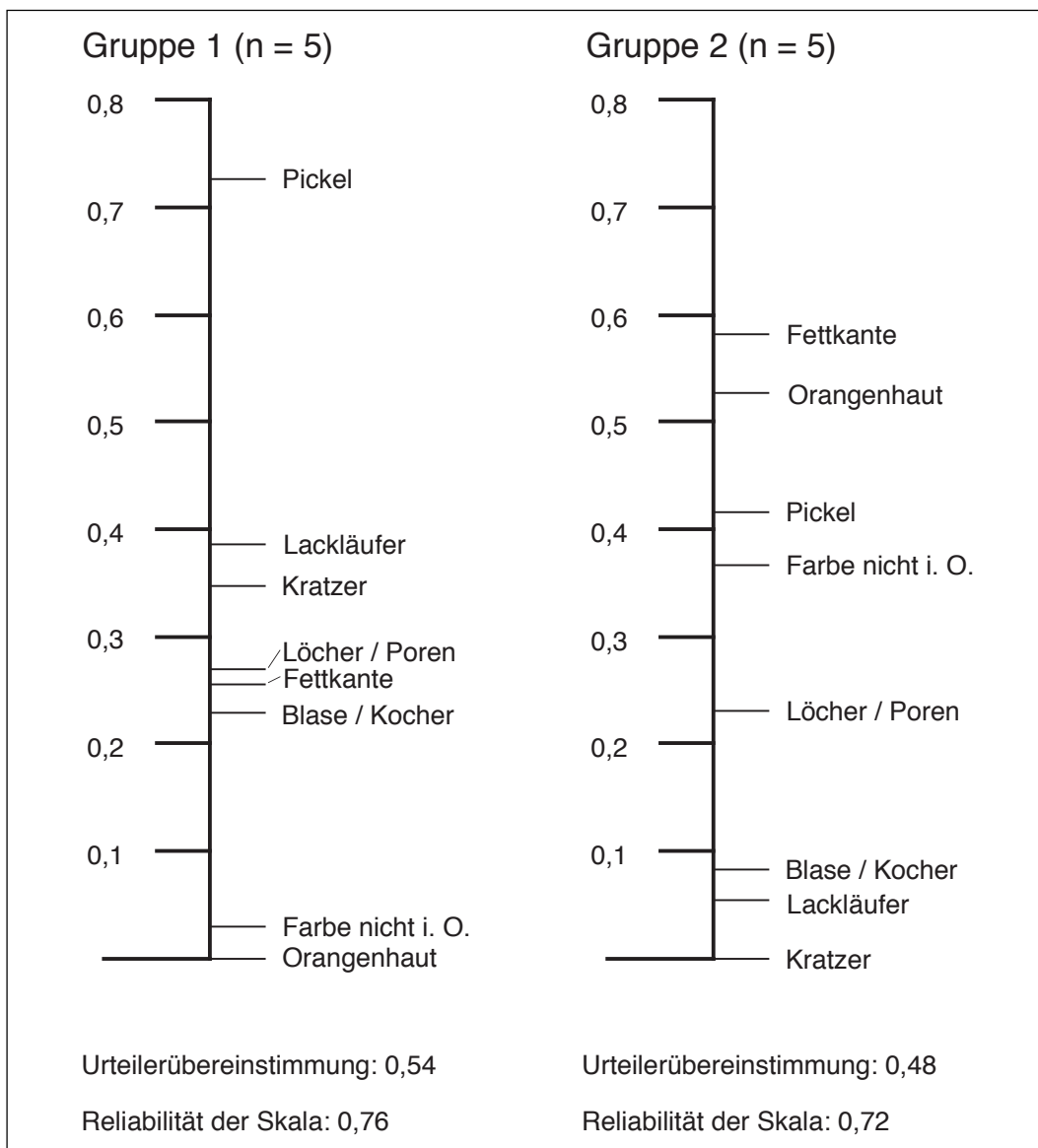


Abbildung 7.11: Skalierung der Urteile der Versuchspersonen

In der Skalierung der ersten Gruppe ist eine eindeutige Differenzierung der Fehlertypen in drei Teilgruppen festzustellen. Sie unterscheidet leicht zu

erkennende (Pickel), mittelschwer zu erkennende (Lackläufer, Kratzer, Löcher/Poren, Fettkante, Blase/Kocher) sowie schwer zu erkennende Fehlertypen (Farbe nicht in Ordnung, Orangenhaut). In der zweiten Gruppe läßt sich dagegen eine relativ gleichmäßige Abstufung der Beurteilung der Fehlerentdeckungsschwierigkeit beobachten.

Die Überprüfung der Angemessenheit des Modells erfolgte auch hier mit dem Mosteller-Test. Die Ergebnisse dieser Überprüfung zeigt die folgende Tabelle 7.12.

Tabelle 7.12: Ergebnisse des Mosteller-Tests

Gruppe 1	$\chi^2$	df	p - Wert
Total	115,50	28	p < 0,01
Linear	120,69	7	p < 0,01
Diskrepanz	19,16	21	p > 0,01
Gruppe 2	$\chi^2$	df	p - Wert
Total	100,61	28	p < 0,01
Linear	117,82	7	p < 0,01
Diskrepanz	25,41	21	p > 0,01

Beim Vergleich beider Gruppen wurden deutliche Unterschiede in deren Einschätzung der Entdeckungsschwierigkeit der Fehlertypen sichtbar. So beurteilt die erste Gruppe den Fehlertyp "Orangenhaut" als schwer zu entdecken, während die zweite Gruppe ihn als den Fehlertyp bewertet, der für sie am leichtesten zu identifizieren ist. Ähnliche Unterschiede existieren bei den Fehlertypen "Fettkante", "Pickel" und "Farbe nicht in Ordnung", die die Gruppe 1 als einfach, die Gruppe 2 dagegen als eher schwierig einstuft.

### **7.3.5 Diskussion der Ergebnisse**

Die Mitarbeiter, die an dem Paarvergleich teilnahmen, zeigten Unterschiede in der Beurteilung der Fehlerentdeckungsschwierigkeit. Es ließen sich zwei Gruppen mit unterschiedlichen Bewertungen identifizieren. Zur Klärung der Ursache dieser Gruppenbildung wurde überprüft, ob die Mitglieder einer Gruppe auch in der gleichen Schicht arbeiten, ob sie eine ähnliche Altersstruktur aufwiesen oder die Tätigkeitsdauer in der Abteilung für die Gruppenbildung verantwortlich ist. Der Grund für diese Gruppenbildung ließ sich allerdings nicht eindeutig ermitteln.

Für Qualitätsprüfungen sollte möglichst eine einheitliche Beurteilung der Fehlerentdeckungsschwierigkeit in der Gruppe der Prüfer vorhanden sein, da dies die Voraussetzung für eine homogene Zuverlässigkeit der Mitarbeiter ist. Eine individuelle Bevorzugung bestimmter Fehlertypen kann zu einer unterschiedlichen Zuverlässigkeit bei der Entdeckung dieser Fehler führen. Wie die Ergebnisse des Paarvergleichs zeigen, teilen sich die Versuchspersonen in zwei Subgruppen mit einer deutlich unterschiedlichen Bewertung der Fehlerentdeckungsschwierigkeit. Die jeweils in beiden Gruppen gefundene Rangreihe liefert Anhaltspunkte für gezielte Schulungen zur Verbesserung der Fehlerentdeckungsleistung. Da die beiden Gruppen nicht einheitlich urteilen, sollten zuerst getrennte Schulungen erfolgen, bis die Mitarbeiter eine einheitliche Bewertung der Fehlerentdeckungsschwierigkeit vornehmen. Existiert dann eine einheitliche Rangreihe, so können gezielt die schwer zu entdeckenden Fehler geschult werden.

## **8 Bewertung der durchgeführten Untersuchungen**

Die Aussagefähigkeit der Untersuchungsergebnisse hängt im wesentlichen davon ab, ob die durchgeführten Versuche den Ansprüchen der externen und internen Validität genügen, die Ergebnisse also eindeutig interpretierbar und generalisierbar sind (Cook und Campbell, 1976, 1979; Nachreiner et al., 1987; Schmidt und Kleinbeck, 1994).

### **8.1 Interne Validität**

Die Beurteilung der internen Validität dient zur Überprüfung der Konstanz der Randbedingungen. Sie gibt also Aufschluß darüber, in welchem Maße die Ergebnisse auf die Manipulation der Experimentalbedingungen zurückzuführen sind.

In der ersten Untersuchung wurde ein mit einem bekannten Fehleranteil manipuliertes Prüflos verwendet, das sämtliche für die Oberflächenbeschichtung erforderlichen Bearbeitungsschritte mit den sich jeweils anschließenden Qualitätsprüfungen durchlief. Eine nach jeder Prüfung durchgeführte Kontrolle des Loses gab Aufschluß über dessen jeweiligen Fehleranteil. Einschränkungen der internen Validität ergaben sich daraus, daß die Prüfungen unter den betriebsspezifischen Bedingungen erfolgten, so daß Einflußfaktoren wie die Beleuchtungsbedingungen nicht kontrollierbar waren. Die Fähigkeiten der beteiligten Personen waren ebenfalls unbekannt.

In der zweiten Felduntersuchung wurden konstante Randbedingungen durch einen einheitlichen Versuchsablauf und anhand eines einheitlichen Versuchsaufbaus für alle Probanden gewährleistet. Für die Untersuchungen der Zuverlässigkeit wurde ein für alle Probanden identisches Prüflos mit einem definierten Fehleranteil eingesetzt. Eine ausreichende Sehschärfe der Probanden konnte anhand eines Sehtests sichergestellt werden. Die Versuchspersonen verfügten über eine ähnlich hohe Erfahrung in der

Durchführung der Prüfaufgabe, so daß eine gleichmäßige Geübtheit vorausgesetzt werden kann. Die Beleuchtungsbedingungen wurden jeweils während der Versuchsdurchführung ermittelt, so daß deren zeitliche Schwankungen bekannt waren.

Einschränkungen der internen Validität ergaben sich auf Grund des wechselnden Tageslichtanteils, so daß die Gesamtbeleuchtungsstärke mit Tages- und Kunstlichtanteil nicht für alle durchgeführten Versuche einheitlich war. Die betrieblichen Gegebenheiten ließen es nicht zu, diesen Einfluß im Rahmen der Felduntersuchung zu vermeiden.

Der Einsatz von Beurteilungsverfahren setzt im allgemeinen die Annahme voraus, daß die Personen durchgängig zu Bewertungen fähig sind, die der Differenziertheit der verwendeten Ratingskalen entsprechen. Das hierzu benutzte Befragungsinstrument (siehe Kapitel 7.1 - Fragebogen) liefert mit der Bereitstellung skaliertes Graduierungsbegriffe die grundsätzliche Voraussetzung für die Etablierung intra- und interindividuell vergleichbarer Bezugssysteme zur Auswahl der Skalenpunkte, welche die jeweilige Merkmalsausprägung wiedergeben. Wenn sich dadurch das Auftreten unterschiedlicher Stile im Skalengebrauch auch nicht vollständig ausschließen läßt, so kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die eingesetzten psychometrisch konstruierten Skalen derartige Variabilitäten genügend einschränken (Pitrella und Käßler, 1988; Tränkle, 1988).

Die in dem eingesetzten Fragebogen und bei der Durchführung der Paarvergleiche verwendeten Begriffe entsprachen betriebsüblichen, den Versuchspersonen bekannten Formulierungen. Probanden, die der deutschen Sprache nicht oder nur unzureichend mächtig waren, wurden die Fragen mit Hilfe von Dolmetschern erläutert, so daß ein einheitliches Verständnis der abgefragten Items sichergestellt werden konnte.

## 8.2 Externe Validität

Die Repräsentativität der Befunde der durchgeführten Untersuchungen ist für die beteiligten Unternehmen hoch, da die Versuche sowohl bei der ersten Felduntersuchung des "Externen Kreislaufs" als auch bei der Untersuchung des "Internen Kreislaufs" in den jeweiligen Unternehmen an realen Arbeitsplätzen mit realen Prüfobjekten durchgeführt wurden. Die beteiligten Versuchspersonen sind im Rahmen ihrer üblichen Arbeitstätigkeit mit den gleichen Aufgaben beschäftigt, wie sie von ihnen während der Versuchsdurchführung verlangt wurden. Die den Probanden für die Prüfung der Wasserabweiser zur Verfügung stehende Zeit entsprach in etwa dem üblicherweise für diese Tätigkeit benötigten Zeitraum. Einschränkungen der Repräsentativität ergeben sich daraus, daß die betriebsübliche Prüftätigkeit nicht wie im Versuch kontinuierlich erfolgt, sondern durch eine Montage-tätigkeit unterbrochen wird. Die Versuchsanordnung wurde ebenfalls für alle Versuchsteilnehmer den betrieblichen Bedingungen nachgestellt. Die zur Manipulation des Versuchsloses benötigten fehlerhaften Teile wurden mit Hilfe der im Betrieb verwendeten Fehlerzählkarten so ausgewählt, daß die Fehler in Art, Ausprägung und Anteil die realen Bedingungen abbildeten.

Die Herstellung der Oberflächenbeschichtung der Wasserabweiser wurde entlang der gesamten Produktionskette begleitet. An jeder Schnittstelle wurden Untersuchungen zur Zuverlässigkeit der dort durchgeführten Qualitätsprüfungen durchgeführt.

Diese ganzheitliche Vorgehensweise und die den betrieblichen Verhältnissen entsprechende Versuchsdurchführung führen zu einer hohen Repräsentativität der Untersuchungsergebnisse für die beteiligten Unternehmen.

Eine Übertragbarkeit, insbesondere der bei der Untersuchung des "Internen Kreislaufs" gewonnenen Befunde auf andere Unternehmen ist mit Einschränkungen möglich. Bei einem Vergleich mit anderen visuellen Prüfungen lackierter Oberflächen sollten ähnliche Beleuchtungsverhältnisse

vorhanden sein. Die Beleuchtungsverhältnisse, insbesondere der Tageslichtanteil und die Orientierung der Arbeitsplätze dürften in anderen Unternehmen ebenfalls typisch sein.

Die für die Prüfung der Oberfläche vorgegebene Zeit sollte ebenfalls vergleichbar sein. Zu berücksichtigen ist allerdings, daß die Befunde sich auf eine Tätigkeit mit einer bestimmten Vorgabezeit beziehen. Die besondere Geometrie der untersuchten Wasserabweiser schränkt die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse mit anderen Prüfaufgaben ebenfalls ein.

## 9 Zusammenfassung

Die Untersuchung der Zuverlässigkeit der visuellen Qualitätsprüfung in einem Zulieferunternehmen der Automobilindustrie wurde in den zwei Teilbereichen "externer Kreislauf" und "interner Kreislauf" durchgeführt. Dazu wurden als Prüfobjekte "naßlackierte Wasserabweiser" verwendet, deren Herstellung vom "Rohteil" bis zum Endprodukt begleitet wurde.

Die Untersuchung der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfungen des "Externen Kreislaufs" zeigte, daß die von dem Automobilzulieferer durchgeführte Qualitätsprüfung der Rohteile insbesondere zu einer hohen Anzahl von "Falschen Alarmen" führte.

Weiterhin ergab die Untersuchung der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung nach der Grundierung der Rohteile ein im Vergleich zu den anderen Prüfungen, ein wesentlich besseres Ergebnis. Die dort ermittelten "Verpasser" und "Falschen Alarme" hatten kaum Auswirkungen auf die Qualität des Endprodukts.

Die Qualitätsprüfung des Lackierers erreichte die zur Einhaltung der mit dem Automobilzulieferer vereinbarten Null-Fehler-Lieferung benötigte Zuverlässigkeit bei weitem nicht. Aufgrund eines defizitären Produktionsprozesses entstanden bei der Lackierung der Wasserabweiser viele Fehler, die bei der anschließenden Qualitätsprüfung entdeckt werden mußten. Die Untersuchung der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung ergab allerdings nur eine Trefferquote von etwa 30%.

Der Automobilzulieferer führte aufgrund dieser mangelhaften Zuverlässigkeit eine zweite Qualitätsprüfung der lackierten Teile durch. Diese wurde mit Hilfe einer weiteren Felduntersuchung überprüft.

Die Untersuchung dieses "Internen Kreislaufs" ergab mit Trefferquoten zwischen etwa 20% und 30% ebenfalls eine ungenügende Zuverlässigkeit. Es wurde festgestellt, daß die Anzahl der "Falschen Alarme" bei der Prüfung brilliantsilberner Wasserabweiser signifikant niedriger lag, als bei

der Prüfung schwarzlackierter Teile.

Die Beleuchtungssituation war an keinem der für die Qualitätsprüfung vorgesehenen Arbeitsplätze ausreichend. Eine ausführlichere Untersuchung an einem ausgewählten Arbeitsplatz, der als Versuchsfeld genutzt wurde, zeigte, daß die Werte für die Beleuchtungsstärke und die Gleichmäßigkeit nicht die von der DIN 5035 geforderte Höhe erreichen. Es lag weiterhin ein deutlicher Tageslichteinfluß vor, aufgrund dessen es zu Schwankungen der Gesamtbeleuchtungsstärke kam.

Die Überprüfung der Zuverlässigkeit unter verschiedenen Beleuchtungssituationen ergab, daß weder durch eine Erhöhung der Gleichmäßigkeit (siehe Kapitel 6.4.3 - Untersuchungen im Bereich "BPT"), noch durch eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke (siehe Kapitel 6.4.5 - Untersuchung im Bereich "Eloxal") eine Verbesserung der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfung erreicht wurde. Berücksichtigt werden muß dabei allerdings, daß die höhere Beleuchtungsstärke im Bereich "Eloxal" immer noch unterhalb der Forderungen der DIN 5035 lag.

Eine Abhängigkeit der Zuverlässigkeit visueller Qualitätsprüfaufgaben von der Höhe der Beleuchtungsstärke konnte damit anhand der in der Felduntersuchung ermittelten Daten nicht nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Mitarbeiterbefragungen bestätigten, übereinstimmend mit den objektiv erhobenen Daten, die defizitäre Beleuchtungssituation an den Prüfarbeitsplätzen in der Abteilung "Naßlack". Die Befragung der Mitarbeiter ergab weiterhin, daß Fehler auf verschiedenen Abschnitten der Wasserabweiser unterschiedlich schwer zu entdecken waren. Die Probanden bewerteten die Entdeckungsschwierigkeit von Fehlern auf dunkelfarbigem Wasserabweisern signifikant höher, als auf hellfarbigen Teilen.

Desweiteren konnten mit Hilfe eines Paarvergleichs die Arbeitsplatzelemente identifiziert werden, die nach Einschätzung der Mitarbeiter vorrangig verbessert werden sollten. Mit deutlichem Abstand zu den anderen Elementen wurde die Beleuchtungssituation als verbesserungsbedürftig beurteilt. Die

Verbesserung des Platzangebots wurde von den Mitarbeitern ebenfalls mit einer hohen Priorität befürwortet. An dritter Stelle der Rangreihe wird die Verbesserung des Prüfgestells von den Probanden beurteilt. Die anderen Arbeitsplatzelemente sind nach Einschätzung der Mitarbeiter kaum verbesserungsbedürftig.

Der Paarvergleich zur Entdeckungsschwierigkeit unterschiedlicher Fehlertypen auf den naßlackierten Wasserabweisern zeigte eine inhomogene Einschätzung der gesamten Versuchsgruppe. Innerhalb der Gesamtgruppe konnten allerdings zwei Subgruppen mit einer jeweils homogenen Beurteilung der Entdeckungsschwierigkeit bestimmter Fehlertypen identifiziert werden.

## 10 Praktische Schlußfolgerungen

Anhand der Untersuchungen wurden Defizite der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfungen in der Produktionskette aufgedeckt, deren Beseitigung oder Verminderung zu einer Steigerung der Zuverlässigkeit führen und damit die Produktqualität erhöhen könnte.

Die Untersuchung der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfungen des "Externen Kreislaufs" ergab, daß an der Schnittstelle "Rohteil-Grundierer" eine Verbesserung der Absprache der Rohteilqualität zu Kosteneinsparungen führen könnte. Weiterhin ist eine deutliche Erhöhung der Zuverlässigkeit der Qualitätsprüfungen des Lackierers erforderlich, um das gesetzte Qualitätsziel zu erreichen. Hier sind weitere Untersuchungen der Ursachen für die ungenügende Zuverlässigkeit erforderlich, die Vorschläge für Verbesserungsmaßnahmen ergeben, deren Umsetzung zu einer Erhöhung der Zuverlässigkeit und damit zu Kostensenkungen führen könnte.

Während der Untersuchungen des "Internen Kreislaufs" und der subjektiven Bewertungen der Mitarbeiter ergaben sich Hinweise insbesondere auf eine nötige Verbesserung der Beleuchtungssituation und des Montagegestells in der Abteilung "Naßlack" des Automobilzulieferers. Es sollten in diesem Zusammenhang gezielt Laboruntersuchungen mit höheren Beleuchtungsstärken durchgeführt werden, um so die Beleuchtungssituation an den acht Prüfarbeitsplätzen systematisch verbessern zu können. Eine konstruktive Verbesserung des Montagegestells läßt ebenfalls eine Erhöhung der Zuverlässigkeit erwarten. Mit Hilfe von Schulungsmaßnahmen könnte eine homogenere Bewertung der Fehlerentdeckungsschwierigkeit bestimmter Fehlertypen innerhalb der Gruppe der Prüfer erreicht werden. Eine gezielte Schulung der als schwer eingeschätzten Fehlertypen läßt eine weitere Verbesserung der Qualitätsprüfung der naßlackierten Wasserabweiser erwarten.

## 11 Literaturverzeichnis

- Bauer, L.  
Inspektionsfehler in der attributiven Qualitätskontrolle.  
Physika-Verlag, Heidelberg, 1987.
- Benz, C., Leibig, J. und Roll, K. F.  
Gestalten der Sehbedingungen am Arbeitsplatz: Einflüsse,  
Gestaltungsmaßnahmen und Beispiele.  
Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1983.
- Berens, N.  
Anwendung der FMEA in Entwicklung und Produktion.  
Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech, 1989.
- Bösenberg, D. und Metzen, H.  
Lean Management: Vorsprung durch schlanke Konzepte.  
3. Auflage Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech, 1993.
- Bremberger, M.  
Ordnung der Sichtprüfungen in der Qualitätssicherung.  
Qualität und Zuverlässigkeit 21, Nr. 8, S. 181-183, 1976.
- Brickenkamp, R.  
Test d2 - Aufmerksamkeits-Belastungs-Test.  
7. Auflage, Hogrefe, Göttingen, 1981.
- Brown, I. D.  
Visual and tactile judgements of surface roughness.  
Ergonomics, Vol. 3, No. 1, S. 51-61, 1960.
- Bungart, W. (Hrsg.)  
Qualitätszirkel in der Arbeitswelt - Ziele, Erfahrungen, Probleme.  
Beiträge zur Organisationspsychologie, Band 7  
Verlag für angewandte Psychologie, Göttingen, 1992.
- Cook, F. D. und Campbell, D. T.  
The design and conduct of quasi-experiments and true  
experiments in field settings.  
In: Dunette, M. D. (Ed.). Handbook of Industrial and  
Organizational Psychologie, Band 7.  
Verlag für Angewandte Psychologie, Göttingen, 1976.

- Cromme, I.  
Produzentenhaftung - die gegenwärtige Rechtslage  
Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering, 39,  
Nr.1, S. 16-20, 1990
- Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V.  
Begriffe im Bereich der Qualitätssicherung.  
4. Auflage, Beuth-Verlag, Berlin, 1987.
- Dhillon, B. S.  
Human reliability.  
Pergamon Press, New York, 1986.
- DIN ISO 2859  
Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter  
Einheiten oder Fehler (Attributprüfung).  
Beuth Verlag, Berlin, 04.93.
- DIN (ENV) 5035 Teil 1 - 6  
Beleuchtung mit künstlichem Licht.  
Beuth Verlag, Berlin, 1990-1996.
- DIN ISO 8402  
Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung; Begriffe.  
Beuth Verlag, Berlin, 03.92.
- DIN ISO 9000 ff.  
Qualitätsmanagement- und Qualitätssicherungsnormen.  
Beuth Verlag, Berlin, 05.90.
- DIN 33405  
Psychische Belastung und Beanspruchung. Allgemeines,  
Begriffe.  
Beuth Verlag, Berlin, 02.87.
- DIN 40041  
Zuverlässigkeit - Begriffe.  
Beuth-Verlag, Berlin, 12.90.

## DIN 55350

Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik - Grundbegriffe der Qualitätssicherung.  
Beuth Verlag, Berlin, 08.94.

## Drury, C. G. und Fox, J. G. (Eds.)

Human reliability in quality control.  
Taylor & Francis, London, 1975.

## Eissing, G.

Mentale Belastung: Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung und Bewertung.  
Schriftenreihe des IfaA, Band 26 (Hrsg.: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. (IfaA), Köln).  
Wirtschaftsverlag Bachem, Köln, 1992.

## ENV 26385

Prinzipien der Ergonomie in der Auslegung von Arbeitssystemen.  
Beuth Verlag, Berlin 12.90.

## Esser, M. und Kirstein, H.

Mit Total Quality Management zur konkurrenzfähigen Betriebsorganisation.  
VDI-Zeitschrift 136, Nr. 6, S. 66 - 68, 1994.

## Fechner, W.

Ein objektorientiertes Konzept zur Planung visueller Prüf- und Kontrolltätigkeiten.  
Forschungsbericht VDI, Reihe 20, Nr.: 115, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1994.

## Guilford, J. P.

Psychometric methods.  
2. Auflage, McGraw-Hill, London, 1954.

## Hänecke, K.

Antwortverhalten als Ergebnis einer aktiven Auseinandersetzung mit der zeitlichen Verteilung von Ereignissen.  
Lang, Frankfurt am Main, 1995.

Hansen, W.

Selbstprüfung. In: Masing, W. (Hrsg.). Handbuch der Qualitätssicherung, 2. Auflage. Carl Hauser Verlag, München. S. 815-828, 1988.

Hartmann, E.

Optimale Beleuchtung am Arbeitsplatz. Kiehl-Verlag, Ludwigshafen/Rhein, 1977.

Hartmann, E.

Beleuchtung am Arbeitsplatz. Bayrisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, München, 1982.

Haug, H. et al.

Prozeßoptimierung durch Mitarbeiterbeteiligung - Beurteilung von KVP und Kaizen aus der Sicht eines Anwenders. Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering, 42, Nr.: 4, S. 148-153, 1993.

Heinz, K. und Fechner, W.

Gestaltung von visuellen Prüf- und Kontrolltätigkeiten. Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engineering, 40, Nr.6, S. 287 - 291, 1991.

Kirstein, H.

Ständige Verbesserung als Schlüssel für Produktivität durch Qualität. Qualität und Zuverlässigkeit 33, Nr.: 12, S. 677-683, 1988.

Klatte, T.

Menschliche Zuverlässigkeit bei visueller Qualitätsprüfung. Fortschritt-Berichte, Reihe 2: Fertigungstechnik Nr. 343, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1995.

Künstler, B.

Psychische Belastung durch die Arbeitstätigkeit - Theoretisches Rahmenkonzept der Entwicklung eines Fragebogens zum Belastungserleben. Probleme und Ergebnisse der Psychologie, 74, S. 45-66, 1980.

Laurig, W.

Grundzüge der Ergonomie.  
4. Auflage, Beuth-Verlag, Berlin, 1992.

Masing, W.

Handbuch der Qualitätssicherung.  
2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 1988.

Nachreiner, F., Klimmer, F., Kauth, P., Lange, W. und Rutenfranz, J.

Untersuchungen über leistungsbegrenzende Bedingungen bei  
einer optischen Kontrollaufgabe.  
Int. Arch. Arbeitsmedizin 34, S. 247 - 268, 1975.

Nachreiner, F., Müller, G. F. und Ernst, G.

Methoden zur Planung und Bewertung arbeitsphysiologischer  
Interventionsmaßnahmen. In: Kleinbeck, U. und Rutenfranz, J.  
(Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie. Wirtschafts-,  
Organisations- und Arbeitspsychologie.  
Arbeitspsychologie, Hogrefe, Göttingen, S. 360 - 439, 1987.

Nachreiner, F.

Standards for ergonomic principles relating to the design of work  
systems and mental work load.  
Applied ergonomics, 26, S. 259-263, 1995.

Pfeifer, T.

Praxishandbuch Qualitätsmanagement.  
Carl Hanser Verlag, München, 1996.

Pitrella, F.D.; Käßler, W.-D.

Identification and evaluation of scale design principles in the  
development of the extended range, sequential judgement  
scale.  
Forschungsgesellschaft für angewandte Naturwissenschaften  
e.V., Wachtberg, Bericht Nr.: 80, 1988.

Rinne, H. J., Mittag, H.

Statistische Methoden der Qualitätssicherung.  
Carl Hauser Verlag, München, 1989.

- Ritter, M.  
Wahrnehmung und visuelle Systeme.  
Spektrum-der-Wissenschaft-Verlag, Heidelberg, 1986.
- Rohmert, W.  
Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept.  
Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 38, S. 193-200, 1984.
- Rohmert, W. und Haider, W.  
Ergonomie der (Prüf-) Arbeitsplätze. In: W. Masing (Hrsg.)  
Handbuch der Qualitätssicherung.  
Hauser-Verlag, München, S. 751-770, 1988.
- Ross, R.T.  
Optimum orders for the presentation of pairs in the method of  
paired comparisons.  
Journal of Educational Psychology, 25, S. 375-382, 1934.
- Schmidt, K. H. und Kleinbeck, U.  
Experimentelles und quasi-experimentelles Vorgehen in Feld und  
Labor.  
In: von Rosenstiel, L., Hockel, C. M. und Molt, W. (Hrsg.) Hand-  
buch der angewandten Psychologie: Grundlagen - Methoden -  
Praxis.  
Ecomed-Verlag, Landsberg/Lech, 1994.
- Schmidt-Clausen, H.-J.  
Beleuchtung eines Arbeitsplatzes mit erhöhten Anforderungen im  
Bereich der Elektronik und Feinmechanik.  
Wirtschaftsverlag NW, Dortmund, 1989.
- Schulze, P.  
Der Einfluß der Beleuchtung auf die Wirtschaftlichkeit der  
industriellen Produktion.  
Fortschr.-Ber. VDI Reihe 16, Nr. 45, VDI-Verlag, Düsseldorf,  
1988.
- Slater, P.  
The analysis of personal references.  
The British Journal of Statistical Psychologie, 13, S. 119-135,  
1960.

- Spieser, R., u.a.  
Handbuch für Beleuchtung.  
4. Auflage, W. Girardet, Essen, 1975.
- Thurstone, L.L.  
A law of comerativ judgement.  
Psychological Review, 34, S. 273-286, 1927.
- Torgerson, W.S.  
Theorie and methods of scaling.  
Wiley, New York, 1958.
- Tränkle, U.  
Auswirkung der Gestaltung der Antwortskala auf quantitative Urteile.  
Zeitschrift für Sozialpsychologie, 18, S. 88-99, 1987.
- Velden, M.  
Die Signalentdeckungstheorie in der Psychologie.  
Kohlhammer, Stuttgart, 1982.
- Weber, P.  
Probleme der Messung subjektiver Empfindungen.  
Fachbuchhandlung für Psychologie, Frankfurt, 1985.
- Wittig, K.J.  
Selbstprüfer im QS-System.  
Qualität und Zuverlässigkeit, 36, Nr.: 8, S. 465-467, 1991.
- Womak, J. P., Jones, D. T. und Ross, D.  
Die zweite Revolution in der Autoindustrie.  
5. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt/Main, 1992.

## **Anhang**

### **I Ergebnisse der Beleuchtungsmessungen**

**Rastermessungen**

**Beleuchtungsverlauf**

**Vermessung der acht Arbeitsplätze**

### **II Fragebögen**

**Qualitätsprüfung auf Wasserabweisern**

**Paarvergleich der Arbeitsplatzelemente**

**Paarvergleich der Fehlertypen**

### **III Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchungen**

## Anhang I

### Ergebnisse der Beleuchtungsmessungen

### Rastermessungen der Beleuchtungsstärke und der Leuchtdichte auf dem Versuchsfeld "Naßlack"

Meßpunkte	Koordinate	Beleuchtungsstärke (Lux)			Leuchtdichte (cd/m <sup>2</sup> )	
		Kunst- und Tageslicht	Tageslicht	Kunstlicht	Kunst- u. Tageslicht	Tageslicht
1	1/1	500	330	170	60	35
2	2/1	600	380	220	50	19
3	3/1	700	450	250	60	20
4	4/1	780	520	260	60	14
5	5/1	830	600	230	90	22
6	6/1	900	700	200	80	18
7	7/1	900	770	130	70	18
8	8/1	880	750	130	70	16
9	9/1	850	740	110	70	17
10	1/2	600	400	200	50	21
11	2/2	620	440	180	50	14
12	3/2	700	500	200	60	15
13	4/2	800	580	220	70	19
14	5/2	830	620	210	100	28
15	6/2	920	750	180	90	18
16	7/2	960	800	160	80	20
17	8/2	980	850	130	80	26
18	9/2	980	860	120	70	17
19	1/3	600	450	150	50	17
20	2/3	620	480	140	50	14
21	3/3	720	540	180	70	18
22	4/3	800	600	200	80	20
23	5/3	900	660	240	80	8
24	6/3	980	800	180	70	11
25	7/3	1000	850	150	70	20
26	8/3	1100	900	200	70	9
27	9/3	1100	910	190	100	28

Meßpunkte	Koordinate	Kunst- und Tageslicht	Tageslicht	Kunstlicht	Kunst- u. Tageslicht	Tageslicht
28	1/4	620	470	150	50	18
29	2/4	690	500	190	60	20
30	3/4	780	550	230	70	16
31	4/4	900	630	270	80	62
32	5/4	1100	700	400	100	75
33	6/4	1200	850	350	90	63
34	7/4	1200	900	300	100	70
35	8/4	1300	980	320	90	65
36	9/4	1300	1000	300	100	70
37	1/5	630	500	130	50	35
38	2/5	720	520	200	60	47
39	3/5	850	580	270	70	61
40	4/5	1000	650	350	100	72
41	5/5	1200	720	480	70	65
42	6/5	1500	920	580	110	80
43	7/5	1500	980	520	110	78
44	8/5	1500	1100	400	120	70
45	9/5	1400	1100	300	90	68
46	1/6	680	530	150	50	36
47	2/6	750	550	200	80	45
48	3/6	900	610	290	100	66
49	4/6	1100	680	420	100	62
50	5/6	1300	700	500	80	62
51	6/6	1500	980	520	80	58
52	7/6	1500	1100	400	120	68
53	8/6	1500	1100	400	120	75
54	9/6	1500	1200	300	100	60
55	1/7	690	580	110	50	42
56	2/7	790	620	170	60	52
57	3/7	950	660	290	70	61
58	4/7	1100	720	380	80	61
59	5/7	1400	720	680	70	61

Meßpunkte	Koordinate	Kunst- und Tageslicht	Tageslicht	Kunstlicht	Kunst- u. Tageslicht	Tageslicht
60	6/7	1800	1000	800	70	76
61	7/7	1800	1100	700	80	78
62	8/7	1800	1100	700	80	72
63	9/7	1800	1200	600	70	62
64	1/8	750	610	140	50	45
65	2/8	790	630	160	60	53
66	3/8	980	710	270	60	68
67	4/8	1200	790	410	80	70
68	5/8	1400	800	600	100	75
69	6/8	1700	1100	600	80	78
70	7/8	1600	1100	50	80	66
71	8/8	1600	1200	400	60	62
72	8/9	1600	1300	300	60	58
73	1/9	1000	650	350	70	42
74	2/9	1000	670	330	70	54
75	3/9	1100	750	350	70	55
76	4/9	1400	840	560	90	61
77	5/9	1500	850	550	90	66
78	6/9	2100	1200	900	100	75
79	7/9	2200	1300	900	80	63
80	8/9	2400	1400	1000	80	58
81	9/9	2500	1500	1000	70	52

**Messung des zeitlichen Verlaufs der Beleuchtungsstärke auf dem Prüfgestell in der Versuchsanordnung "Naßlack"**

Meßwerte in Lux:

1400	1800
1400	1700
1200	1500

12.00 Uhr

2000	2800
2000	2500
1800	2000

13.30 Uhr

1800	2000
1400	2000
1200	1500

15.00 Uhr

1600	2000
1800	2300
1500	2000

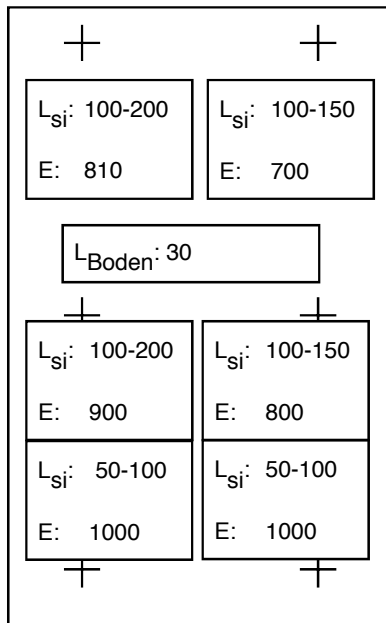
16.30 Uhr

800	900
900	1000
800	900

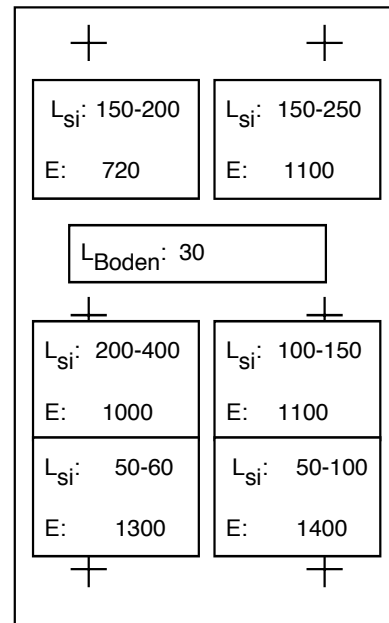
18.00 Uhr

## Ergebnisse zur Beleuchtungsmessung an den acht Prüfarbeitsplätzen in der Abteilung "Naßlack"

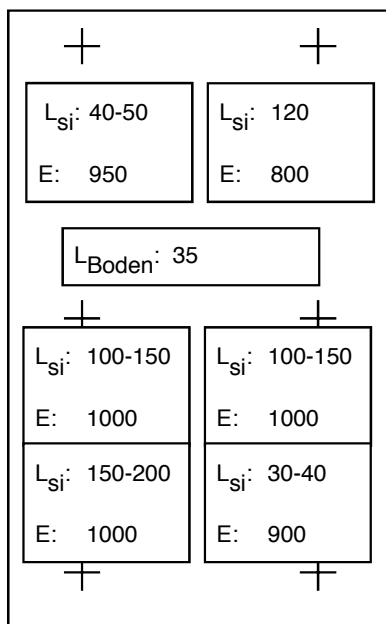
L: Leuchtdichte auf brilliantsilbernen Wasserabweisern in  $\text{cd/m}^2$   
E: Beleuchtungsstärke in Lux



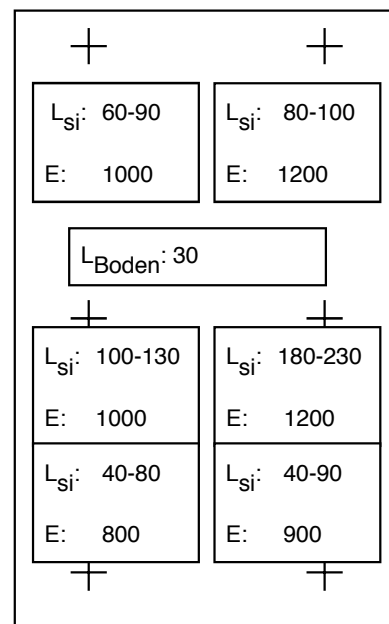
Prüfgestell Nr. 1



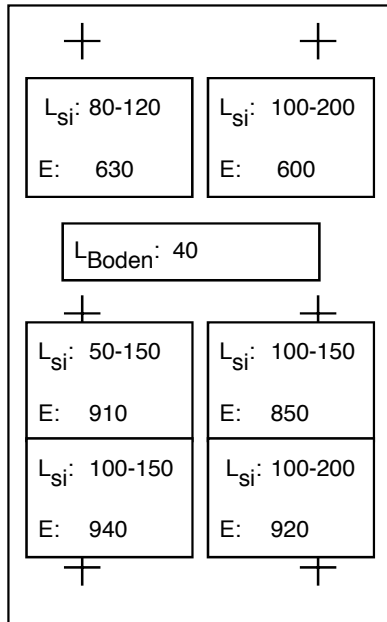
Prüfgestell Nr. 2



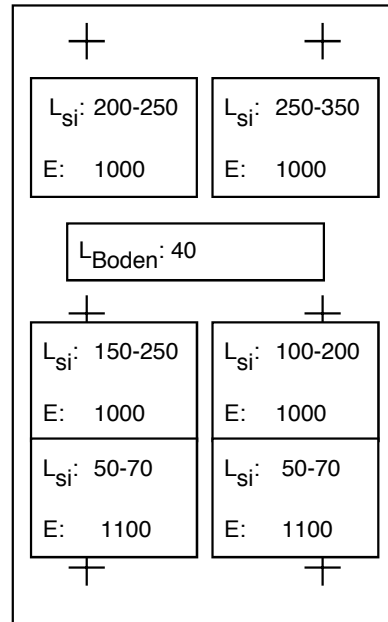
Prüfgestell Nr. 3



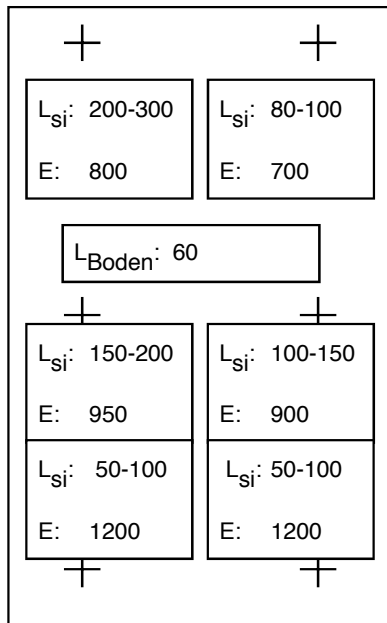
Prüfgestell Nr. 4



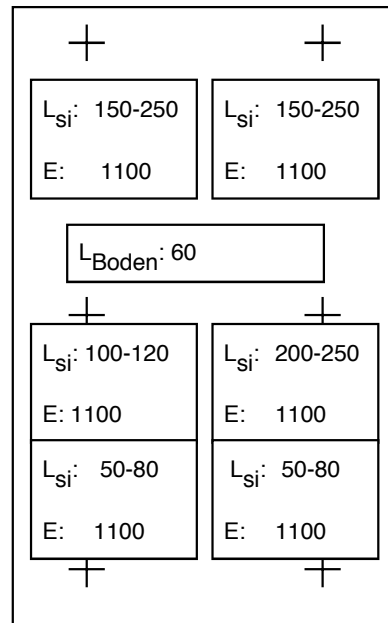
Prüfgestell Nr. 5



Prüfgestell Nr. 6



Prüfgestell Nr. 7



Prüfgestell Nr. 8

### Rastermessungen der Beleuchtungsstärke und der Leuchtdichte auf dem Versuchsfeld "BPT"

Meßpunkte	Kunst- und Tageslicht (Lux)	Kunstlicht (Lux)	Tageslicht (Lux)	Kunst- u. T.-licht (cd/m <sup>2</sup> )	Kunstlicht (cd/m <sup>2</sup> )
1	800	400	400	32	20
2	800	400	400	35	20
3	800	400	400	29	18
4	780	400	380	31	14
5	720	380	340	30	16
6	680	350	330	30	16
7	650	350	300	25	14
8	600	310	290	25	16
9	550	290	260	18	15
10	850	400	450	34	19
11	850	410	440	40	20
12	820	410	410	32	17
13	760	400	360	31	17
14	730	390	340	28	16
15	660	360	300	31	16
16	600	350	250	28	16
17	580	320	260	29	16
18	550	300	250	26	16
19	850	400	450	38	24
20	850	420	430	38	23
21	820	440	380	35	19
22	780	430	350	34	20
23	720	400	320	30	18
24	650	380	270	30	18
25	560	340	220	30	17

Meßpunkte	Kunst- und Tageslicht (Lux)	Kunstlicht (Lux)	Tageslicht (Lux)	Kunst- u. T.-licht (cd/m <sup>2</sup> )	Kunstlicht (cd/m <sup>2</sup> )
26	510	300	210	30	15
27	470	280	190	22	16
28	790	450	340	42	27
29	810	460	350	60	25
30	840	500	340	54	22
31	790	500	290	42	18
32	700	480	220	30	13
33	590	400	190	31	16
34	550	380	170	31	15
35	500	340	160	31	14
36	400	300	100	30	16
37	700	410	290	47	25
38	750	450	300	44	28
39	580	350	230	35	21
40	580	320	260	30	16
41	540	310	230	28	14
42	440	260	180	30	14
43	430	260	170	30	14
44	400	250	150	31	14
45	410	280	130	31	14
46	620	420	200	41	14
47	680	460	220	45	22
48	710	500	210	42	15
49	710	500	210	45	18
50	550	470	80	38	17
51	360	320	40	42	19
52	460	380	80	38	17
53	400	350	50	37	17
54	400	330	70	35	18

Meßpunkte	Kunst- und Tageslicht (Lux)	Kunstlicht (Lux)	Tageslicht (Lux)	Kunst- u. T.-licht (cd/m <sup>2</sup> )	Kunstlicht (cd/m <sup>2</sup> )
55	500	320	280	30	12
56	580	380	200	30	18
57	560	390	170	28	14
58	600	430	170	28	13
59	550	400	150	28	12
60	380	250	130	32	16
61	400	320	80	32	14
62	380	290	90	32	15
63	360	270	90	30	14
64	500	380	120	36	12
65	600	440	160	32	15
66	620	390	230	38	15
67	620	440	180	45	17
68	550	410	140	42	14
69	350	280	70	40	17
70	400	340	60	39	16
71	380	320	60	40	15
72	380	300	80	36	16
73	620	490	130	22	21
74	700	530	170	41	24
75	500	410	90	36	19
76	450	350	100	40	17
77	450	340	110	38	17
78	320	190	130	34	18
79	410	280	130	36	16
80	400	280	120	30	15
81	450	300	150	33	18

**Messung des zeitlichen Verlaufs der Beleuchtungsstärke auf dem Prüfgestell in der Versuchsanordnung "BPT"**

Meßwerte in Lux:

450	500	600	620	900	900	680	820
450	520	450	480	760	820	720	750
550	550	450	450	790	800	800	850

9.00 Uhr

10.00 Uhr

11.00 Uhr

12.00 Uhr

640	580	660	660	870	870	720	680
600	580	610	590	870	760	590	720
600	590	660	670	700	690	680	720

13.00 Uhr

14.00 Uhr

15.00 Uhr

16.00 Uhr

### Rastermessungen der Beleuchtungsstärke und der Leuchtdichte auf dem Versuchsfeld "Eloxal"

Meßpunkte	Koordinate	Beleuchtungsstärke (Lux)	Leuchtdichte (cd/m <sup>2</sup> )	Meßpunkte	Koordinate	Beleuchtungsstärke (Lux)	Leuchtdichte (cd/m <sup>2</sup> )
1	1/1	580	22	26	8/3	520	18
2	2/1	680	25	27	9/3	400	20
3	3/1	650	30				
4	4/1	680	32	28	1/4	560	20
5	5/1	700	28	29	2/4	660	25
6	6/1	650	27	30	3/4	620	25
7	7/1	670	27	31	4/4	590	25
8	8/1	620	24	32	5/4	580	25
9	9/1	500	20	33	6/4	570	25
				34	7/4	580	25
10	1/2	650	22	35	8/4	540	20
11	2/2	730	34	36	9/4	400	18
12	3/2	740	32				
13	4/2	800	30	37	1/5	620	20
14	5/2	850	28	38	2/5	740	20
15	6/2	810	28	39	3/5	670	22
16	7/2	800	28	40	4/5	600	25
17	8/2	790	24	41	5/5	600	22
18	9/2	640	28	42	6/5	600	22
				43	7/5	620	22
19	1/3	490	20	44	8/5	590	18
20	2/3	580	25	45	9/5	450	14
21	3/3	600	26				
22	4/3	610	27	46	1/6	550	18
23	5/3	620	25	47	2/6	590	23
24	6/3	600	24	48	3/6	550	26
25	7/3	590	22	49	4/6	550	25

Meßpunkte	Koordinate	Beleuchtungsstärke (Lux)	Leuchtdichte (cd/m <sup>2</sup> )	Meßpunkte	Koordinate	Beleuchtungsstärke (Lux)	Leuchtdichte (cd/m <sup>2</sup> )
50	5/6	550	25	74	2/9	680	20
51	6/6	520	26	75	3/9	650	27
52	7/6	500	24	76	4/9	730	30
53	8/6	450	20	77	5/9	600	30
54	9/6	320	15	78	6/9	550	30
				79	7/9	560	28
55	1/7	600	20	80	8/9	550	29
56	2/7	650	21	81	9/9	450	20
57	3/7	650	24				
58	4/7	660	25				
59	5/7	700	25				
60	6/7	650	25				
61	7/7	650	26				
62	8/7	620	22				
63	9/7	500	18				
64	1/8	600	22				
65	2/8	720	25				
66	3/8	730	32				
67	4/8	700	39				
68	5/8	780	40				
69	6/8	650	38				
70	7/8	700	30				
71	8/8	590	30				
72	8/9	500	24				
73	1/9	700	20				

## Anhang II

## Fragebögen

## Fragebogen zur Qualitätsprüfung von Wasserabweisern (W 210)

- Bitte beantworten Sie den folgenden, aus sieben Teilen bestehenden, Fragebogen vollständig.
- Bitte geben Sie zunächst folgende Daten an:

Abteilung

Schicht

Spät	Früh
------	------

Alter

Geschlecht

Männlich	Weiblich
----------	----------

Körperhöhe (cm)

Berufserfahrung bei der  
Prüfung naßlackierter  
Wasserabweiser

Alle Angaben werden vertraulich behandelt !

Die Mitarbeiter des Instituts für Arbeitsphysiologie unterliegen den Bestimmungen des Datenschutzgesetzes !

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit !

**Beispiel**

Bei den folgenden Fragen sollen Sie Ihre Prüftätigkeit bewerten.

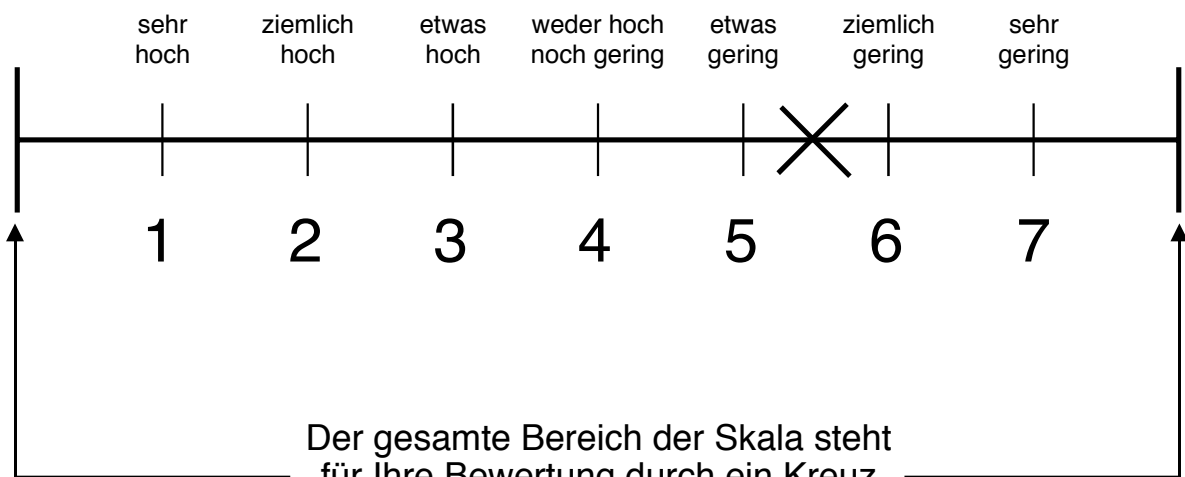
Kreuzen Sie dazu auf der Skala jeweils die Stelle an, die Ihrer persönlichen Meinung am ehesten entspricht.

Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten.

Es interessiert uns nur Ihre ganz persönliche Meinung.

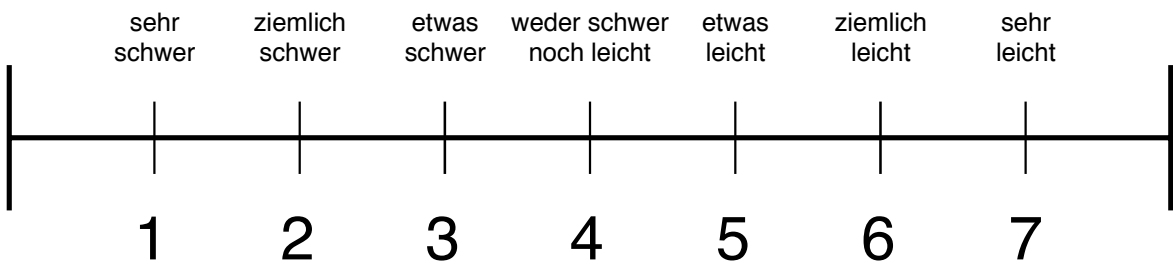
Beispiel für die Beantwortung einer Frage durch Ankreuzen der Skala:

Die Gefahr, mir beim Schachspielen einen Arm zu brechen,  
empfinde ich als

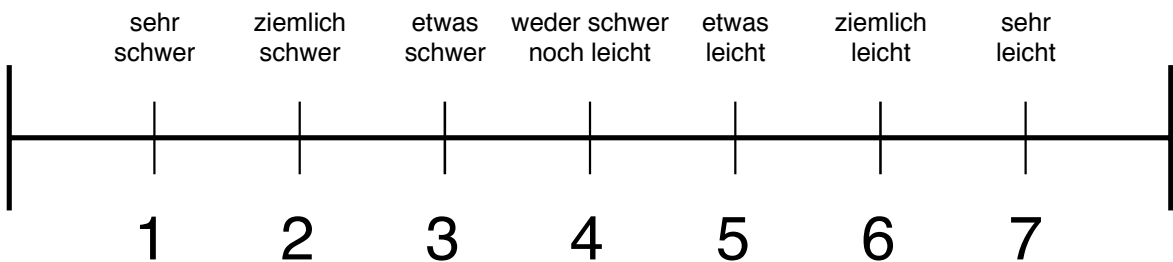


### Fragen zur Beleuchtung an Ihrem Arbeitsplatz

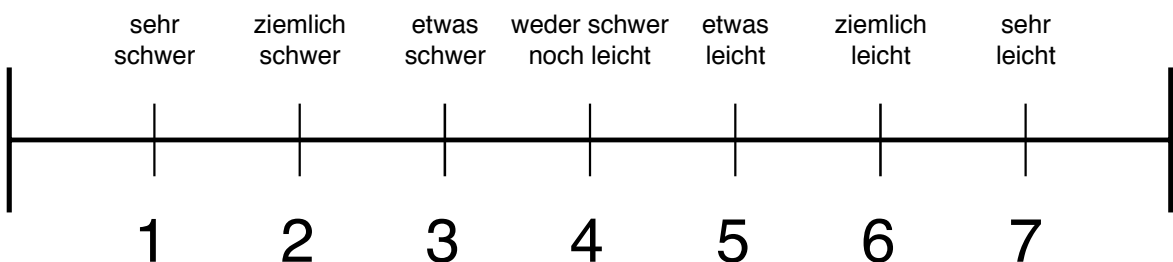
Durch die **Beleuchtungsstärke** an meinem Arbeitsplatz fällt mir die Entdeckung von Fehlern auf **dunkelfarbigen** Wasserabweisern



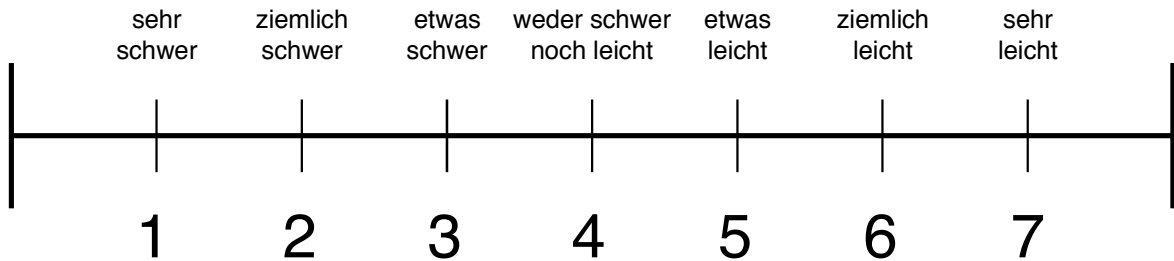
Durch die **Lichtreflexionen** fällt mir die Entdeckung von Fehlern auf **dunkelfarbigen** Wasserabweisern



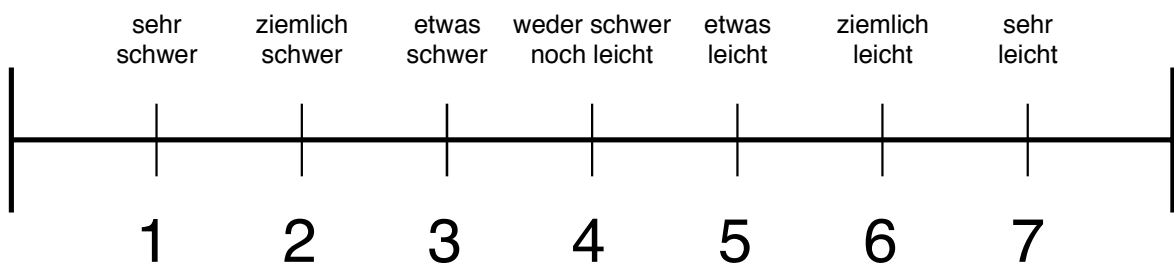
Durch das **wechselnde Tageslicht** an meinem Arbeitsplatz fällt mir die Entdeckung von Fehlern auf **dunkelfarbigen** Wasserabweisern



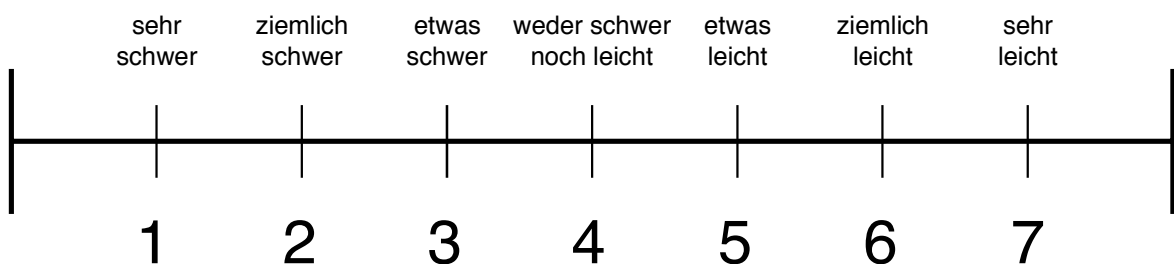
Durch die **Beleuchtungsstärke** an meinem Arbeitsplatz fällt mir die Entdeckung von Fehlern auf **hellfarbigen** Wasserabweisern



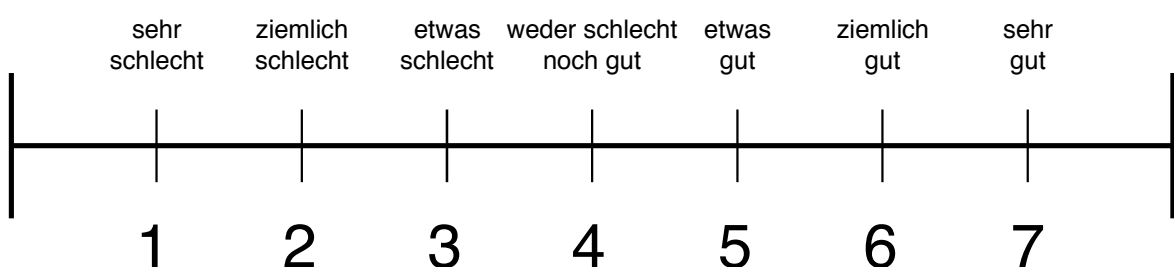
Durch die **Lichtreflexionen** fällt mir die Entdeckung von Fehlern auf **hellfarbigen** Wasserabweisern



Durch das **wechselnde Tageslicht** an meinem Arbeitsplatz fällt mir die Entdeckung von Fehlern auf **hellfarbigen** Wasserabweisern

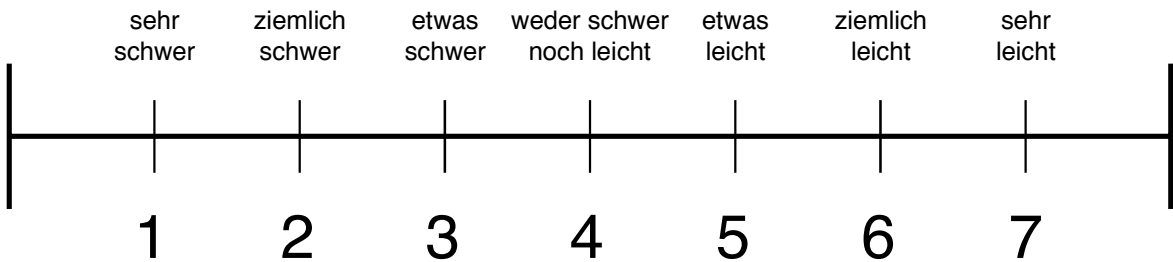


Die **Ausleuchtung** der Wasserabweiser auf meinem **Prüfgestell** finde ich

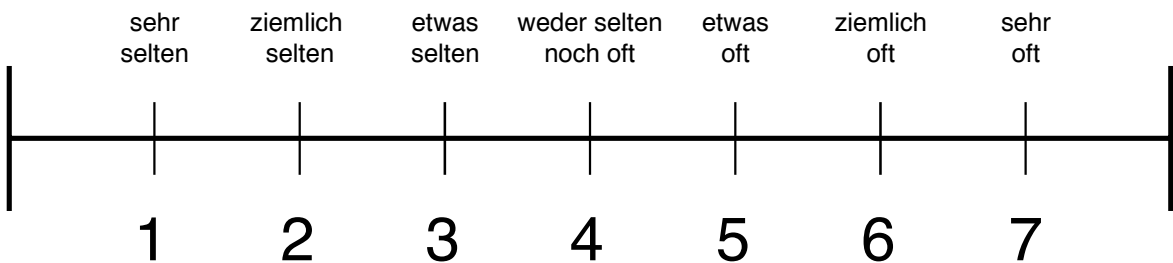


### Fragen zu Ihren Arbeitsmitteln

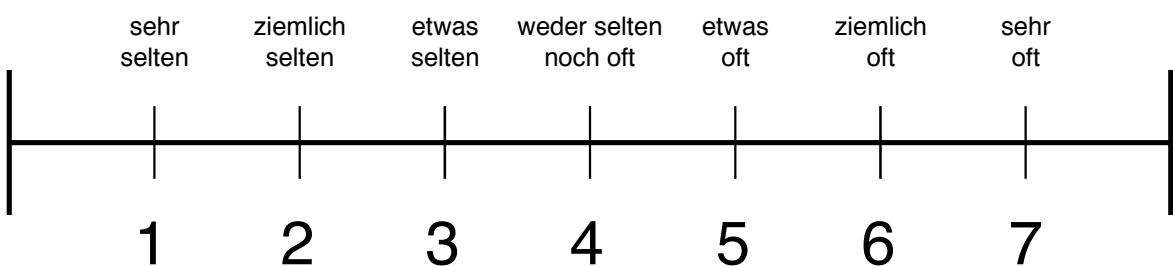
Durch die **Höhe**, in der sich die Wasserabweiser auf meinem Prüfgestell befinden, fällt mir die Qualitätsprüfung



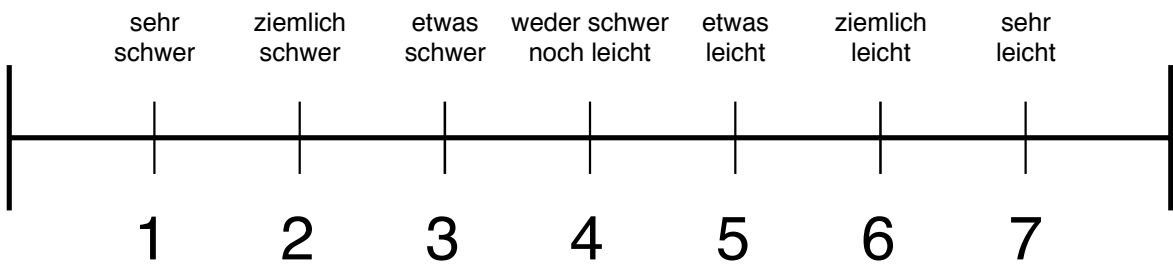
Um die Wasserabweiser besser prüfen zu können, verändere ich bei der Prüfung die **Neigung** des Prüfgestells



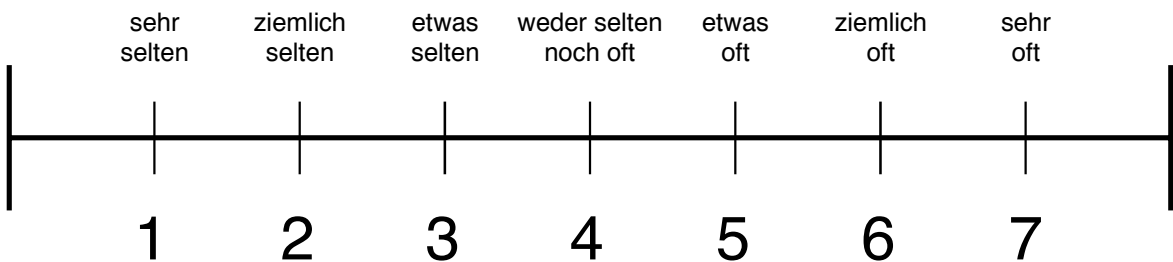
Zu Beginn meiner Schicht stelle ich das Prüfgestell auf die für mich **richtige Arbeitshöhe** ein



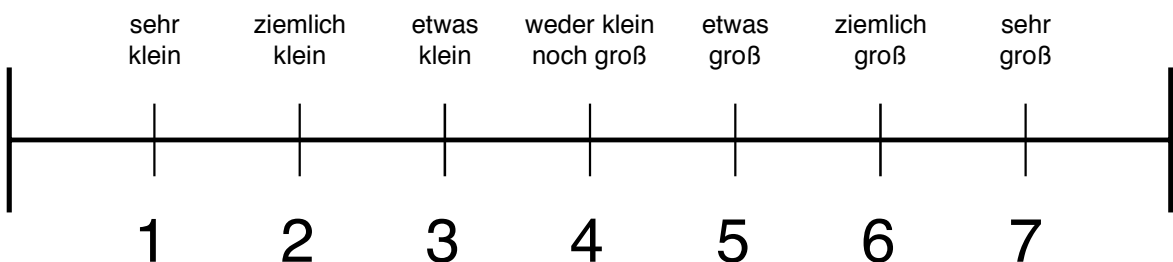
Die **Entnahme** der Wasserabweiser aus dem **Ofenwagen** ist für mich



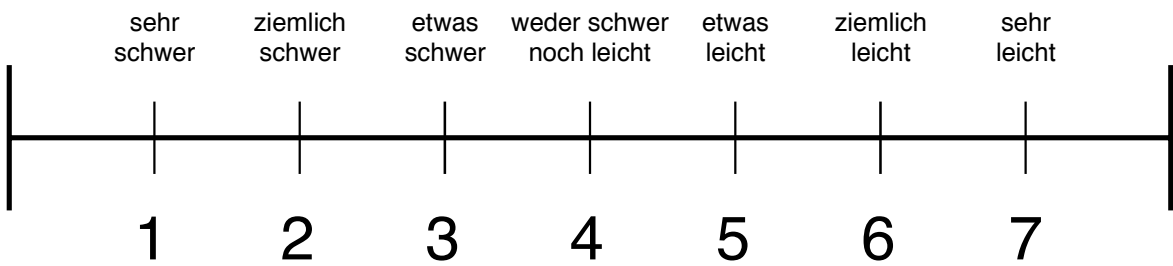
Bei der **Entnahme** der Wasserabweiser aus dem **Ofenwagen** habe ich Sorge, diese zu beschädigen



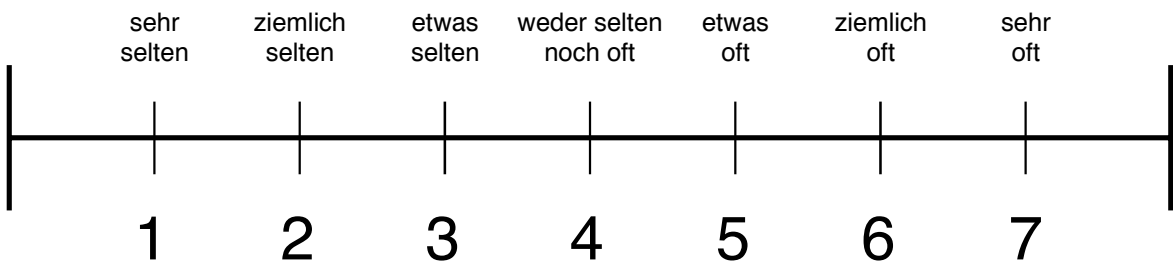
Der mir bei der Handhabung der Wasserabweiser zur Verfügung stehende **Raum** ist



Das **Ablegen** der Wasserabweiser in die **Versandbehälter** ist für mich

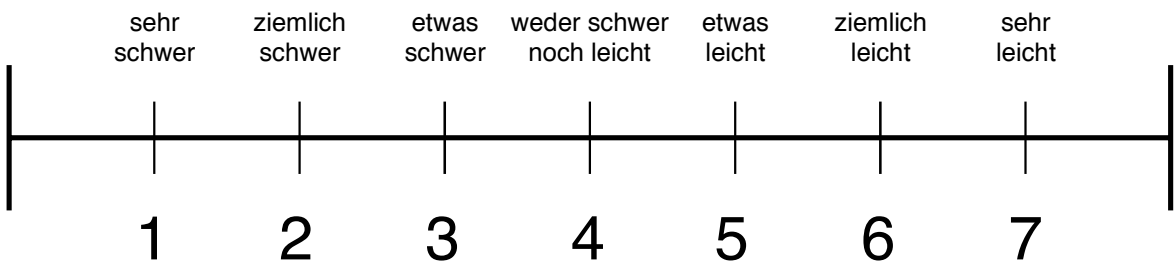


Beim **Ablegen** der Wasserabweiser in die **Versandbehälter** habe ich Sorge, diese zu beschädigen

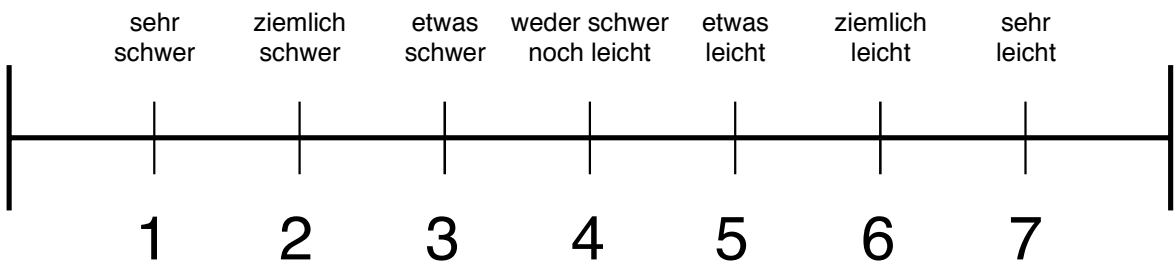


### Fragen zur Durchführung der Prüfaufgabe

Ich finde die Prüfung von **hellfarbigen** Wasserabweisern



Ich finde die Prüfung von **dunkelfarbigen** Wasserabweisern



Ich prüfe gerne in einer Schicht nur Wasserabweisern **einer** Farbe



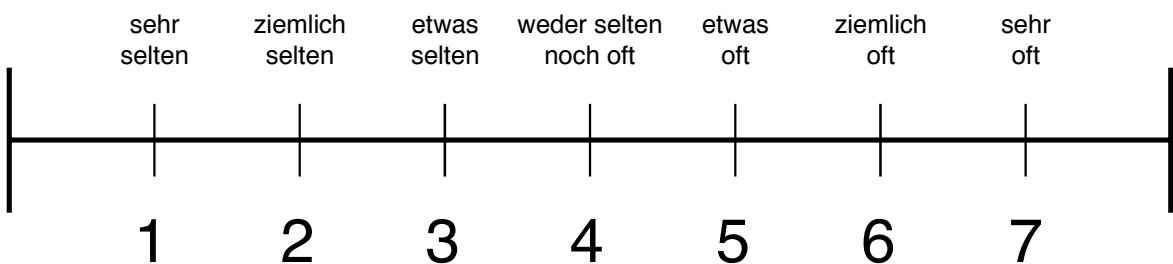
Ich prüfe gerne in einer Schicht Wasserabweiser in **unterschiedlichen** Farben



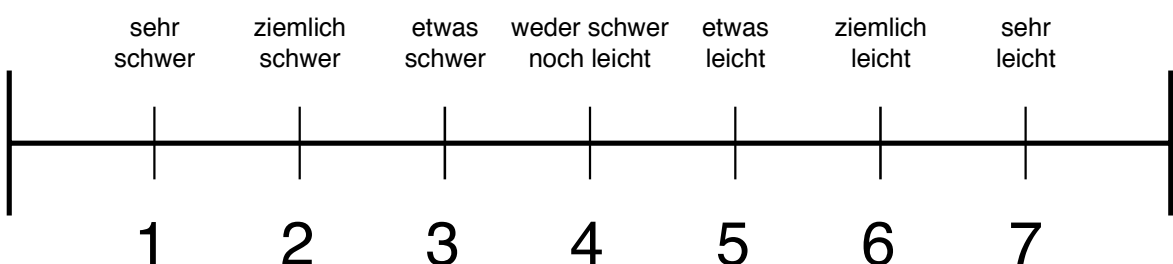
Ich fühle die **hellfarbigen** Wasserabweiser, um Fehler zu entdecken, zusätzlich mit der **Hand** ab



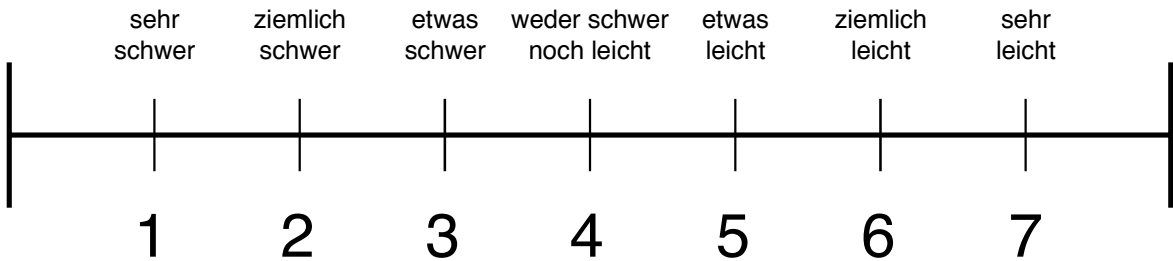
Ich fühle die **dunkelfarbigen** Wasserabweiser, um Fehler zu entdecken, zusätzlich mit der **Hand** ab



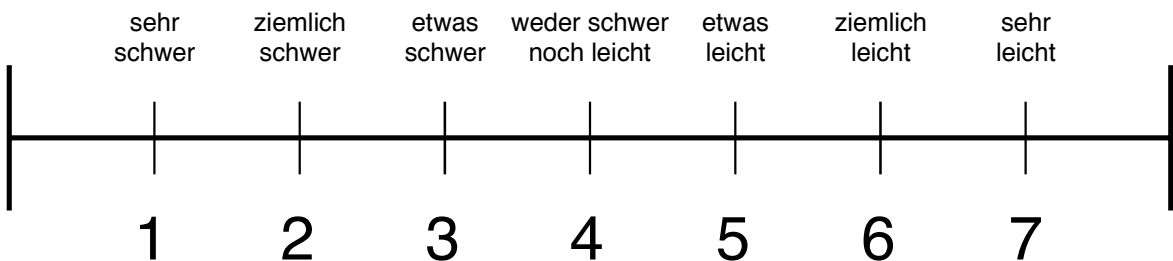
Die Entdeckung von Fehlern im **Dachbereich** der Wasserabweiser finde ich



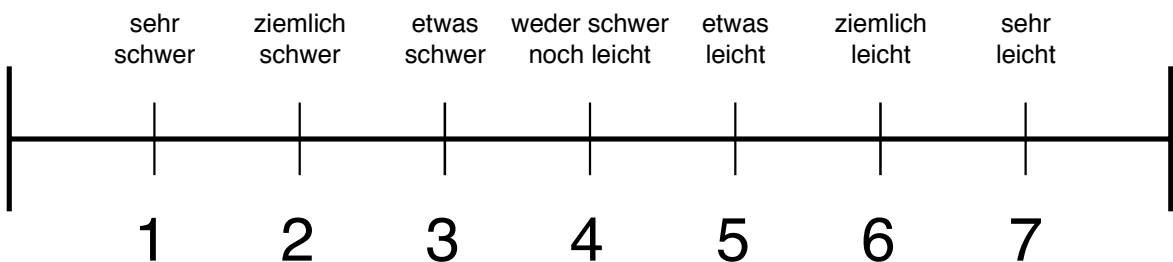
Die Entdeckung von Fehlern im Bereich der **A-Säule** der Wasserabweiser finde ich



Die Entdeckung von Fehlern auf den **seitlichen Kanten** der Wasserabweiser finde ich



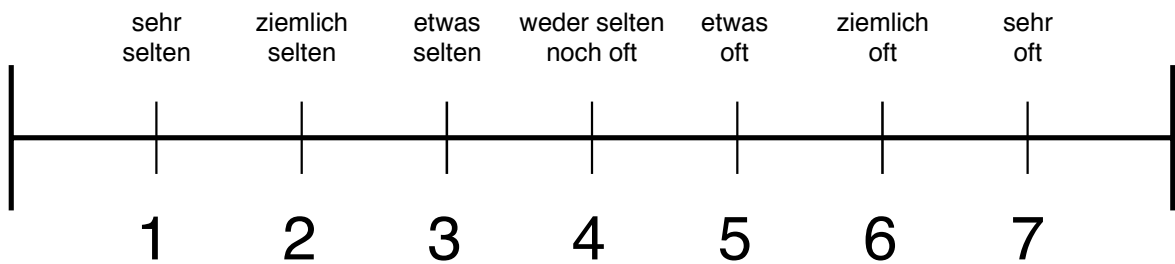
Die Entdeckung von Fehlern auf den **Vorder- und Hinterkanten** der Wasserabweiser finde ich



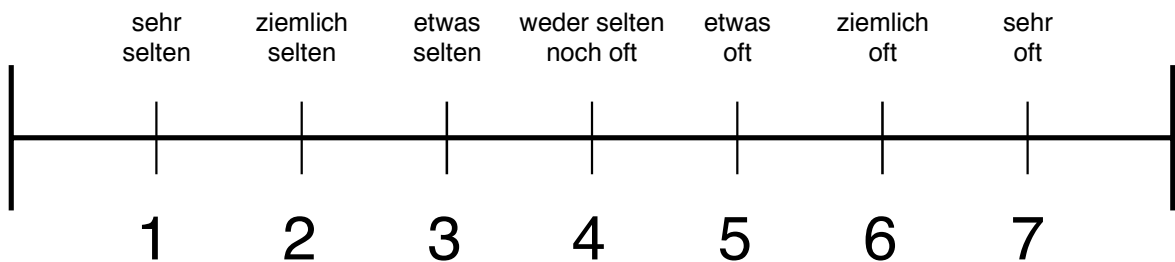
Ich habe eine klare Vorstellung davon, ab wann ein Wasserabweiser noch als **fehlerfrei** einzustufen ist



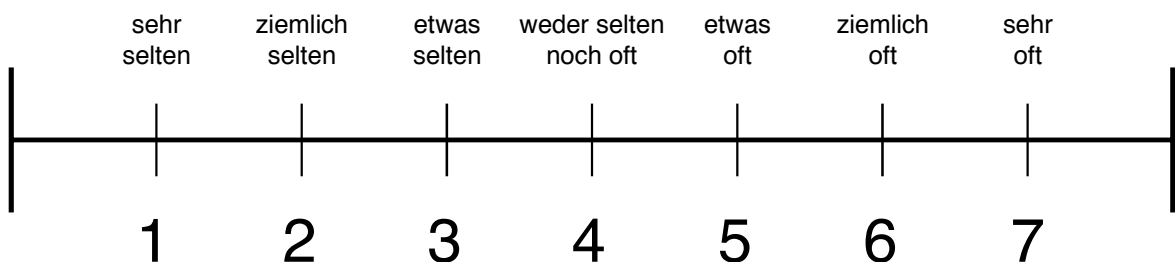
Nachdem die Wasserabweiser von mir mit den Kedern **komplettiert** wurden, führe ich noch einmal eine Oberflächenprüfung durch



Ich überprüfe jeden Wasserabweiser **einzel**n

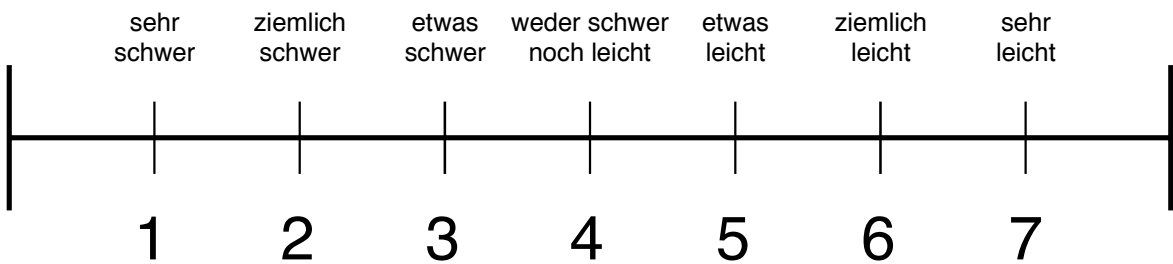


Ich überprüfe mehrere Wasserabweiser **gleichzeitig**

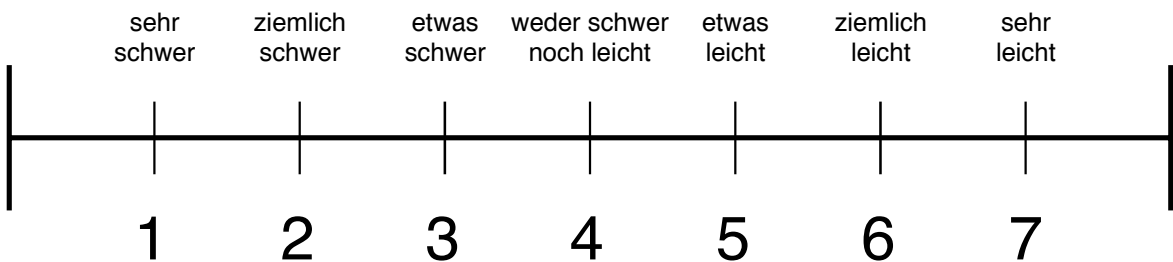


### Fragen zur Arbeitszeit

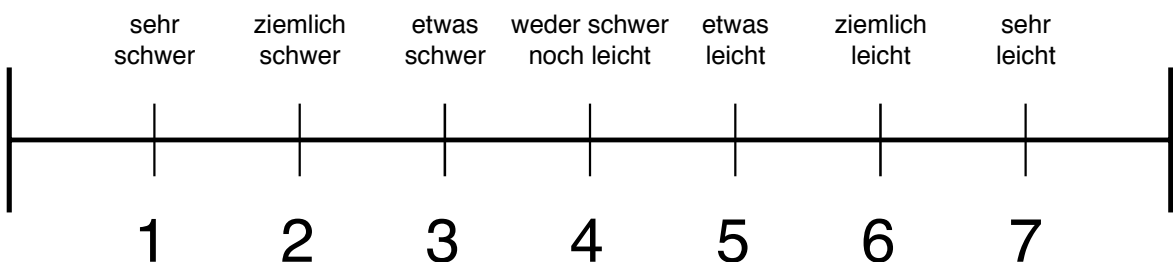
Die Entdeckung von Fehlern auf den Wasserabweisern fällt mir in der **Frühschicht**



Die Entdeckung von Fehlern auf den Wasserabweiser fällt mir in der **Spätschicht**

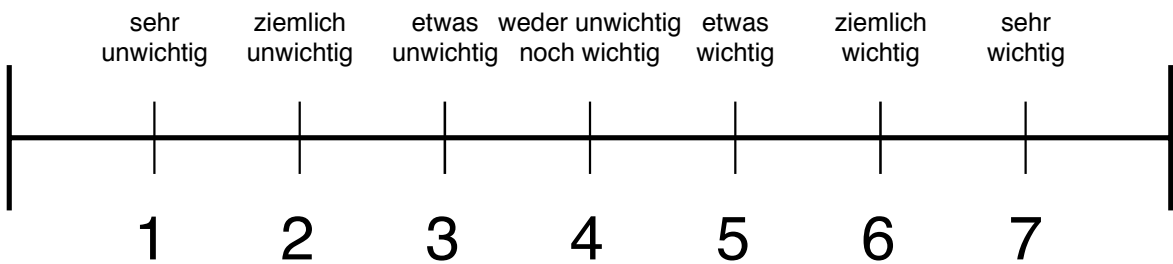


Die Wasserabweiser in der mir **zur Verfügung stehenden Zeit** zu prüfen, fällt mir

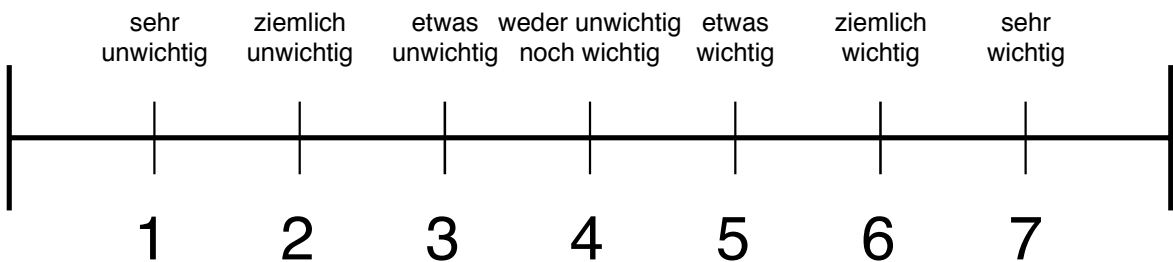


### Fragen zu Gestaltungsmaßnahmen

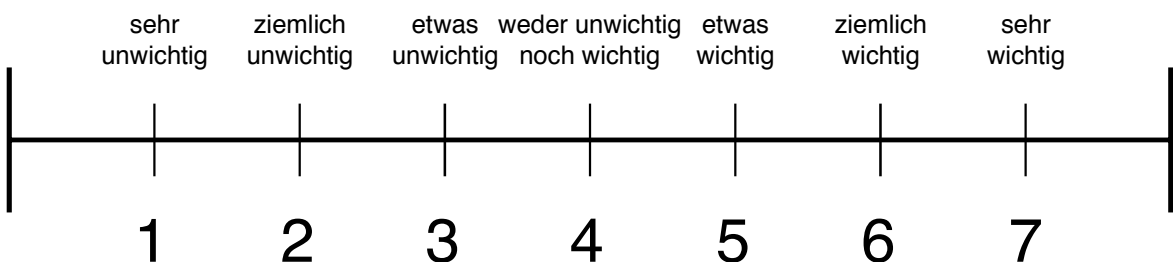
Jeden Arbeitsplatz mit einer **Grenzmustertafel** auszustatten, fände ich



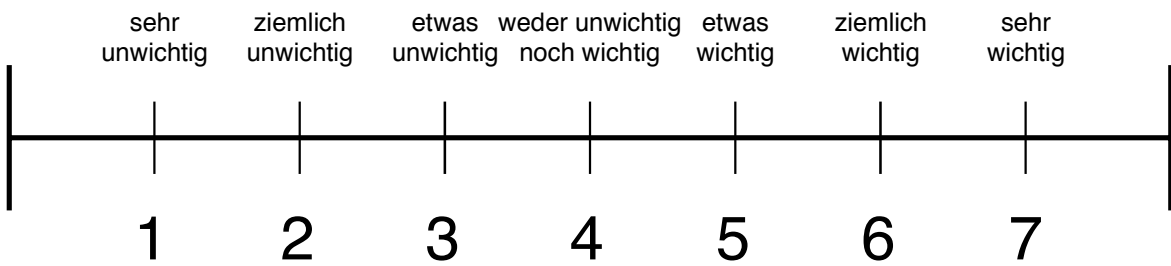
Bei der Prüfung eine **zusätzliche Lichtquelle**, die über die Wasserabweiser bewegt werden kann, zur Verfügung zu haben, fände ich



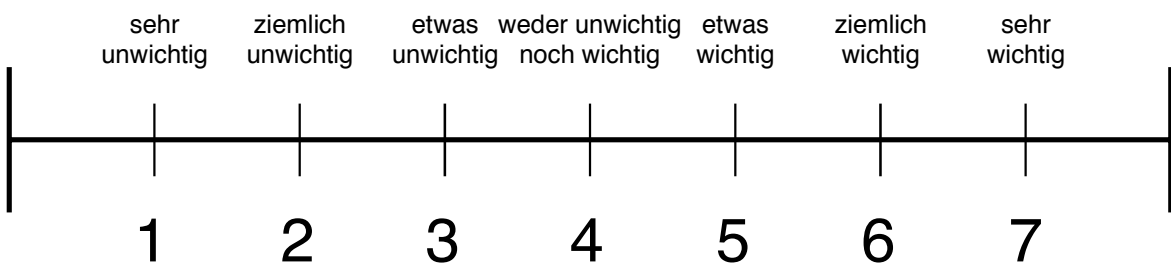
Bei der Prüfung eine **Lupe**, die über die Wasserabweiser bewegt werden kann, zur Verfügung zu haben, fände ich



Die Qualität der Wasserabweiser bei der Firma **KSK** sollte verbessert werden

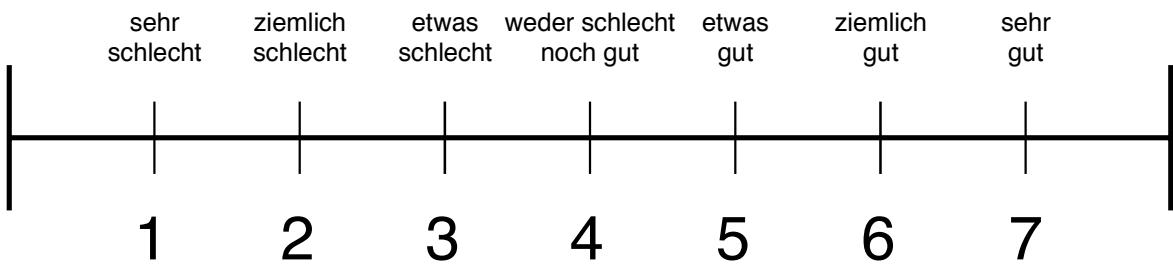


Mein Prüfarbeitsplatz bei der Firma **Erbslöh** sollte verbessert werden



### Fragen zur Schulung

Die **Unterweisung** durch die Vorgesetzten zur Durchführung der Prüfaufgabe finde ich



Ich bin häufig **unsicher**, ob ein Wasserabweiser noch **verkaufsfähig** ist



Die **Grenze**, ab der ein Wasserabweiser **nicht mehr verkauft** werden darf, ändert sich



## Paarvergleich

- Im folgenden finden Sie die **wesentliche Elemente** Ihres Arbeitsplatzes aufgelistet:

- 1 **Beleuchtung**
- 2 **Platzangebot**
- 3 **Prüfgestell**
- 4 **Ofenwagen**
- 5 **Versandbehälter**
- 6 **Arbeitslehren**

- Diese Elemente sind im folgenden Teil des Fragebogens **paarweise** einander gegenübergestellt.
- Wenn Sie selbst entscheiden könnten, welches der oben genannten Elemente **als erstes** verbessert werden sollte, für welches würden Sie sich entscheiden ?
- Kreuzen Sie dieses bitte jeweils in dem kleinen Kasten an !

Welches Element sollte als **erstes** verbessert werden ?

1	<b>Beleuchtung</b>
---	--------------------

oder

<b>Platzangebot</b>	2
---------------------	---

6	<b>Arbeitslehren</b>
---	----------------------

oder

<b>Ofenwagen</b>	4
------------------	---

5	<b>Versandbehälter</b>
---	------------------------

oder

<b>Beleuchtung</b>	1
--------------------	---

3	<b>Prüfgestell</b>
---	--------------------

oder

<b>Platzangebot</b>	2
---------------------	---

5	<b>Versandbehälter</b>
---	------------------------

oder

<b>Arbeitslehren</b>	6
----------------------	---

Welches Element sollte als **erstes** verbessert werden ?

1	<b>Beleuchtung</b>
---	--------------------

oder

<b>Prüfgestell</b>	3
--------------------	---

2	<b>Platzangebot</b>
---	---------------------

oder

<b>Ofenwagen</b>	4
------------------	---

6	<b>Arbeitslehren</b>
---	----------------------

oder

<b>Beleuchtung</b>	1
--------------------	---

4	<b>Ofenwagen</b>
---	------------------

oder

<b>Prüfgestell</b>	3
--------------------	---

5	<b>Versandbehälter</b>
---	------------------------

oder

<b>Platzangebot</b>	2
---------------------	---

Welches Element sollte als **erstes** verbessert werden ?

1	<b>Beleuchtung</b>
---	--------------------

oder

<b>Ofenwagen</b>	4
------------------	---

3	<b>Prüfgestell</b>
---	--------------------

oder

<b>Versandbehälter</b>	5
------------------------	---

2	<b>Platzangebot</b>
---	---------------------

oder

<b>Arbeitslehren</b>	6
----------------------	---

4	<b>Ofenwagen</b>
---	------------------

oder

<b>Versandbehälter</b>	5
------------------------	---

3	<b>Prüfgestell</b>
---	--------------------

oder

<b>Arbeitslehren</b>	6
----------------------	---

## Fragebogen zu den Fehlertypen auf Wasserabweisern (W 210)

- Bitte geben Sie zunächst folgende Daten an:

Abteilung

Schicht

Spät	Früh
------	------

Alter

Geschlecht

Männlich	Weiblich
----------	----------

Körperhöhe (cm)

Berufserfahrung bei der  
Prüfung naßlackierter  
Wasserabweiser

Alle Angaben werden vertraulich behandelt !

Die Mitarbeiter des Instituts für Arbeitsphysiologie unterliegen den  
Bestimmungen des Datenschutzgesetzes !

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit !

## Paarvergleich

- Im folgenden finden Sie **typische Fehler** in der Lackierung der Wasserabweiser aufgelistet:

- 1 **Pickel**
- 2 **Blase / Kocher**
- 3 **Löcher / Poren**
- 4 **Fettkante**
- 5 **Lackläufer**
- 6 **Orangenhaut**
- 7 **Farbe nicht i. O.**
- 8 **Kratzer**

- Diese Fehlertypen sind im folgenden Teil des Fragebogens **paarweise** einander gegenübergestellt.
- Welcher der oben genannten Fehlertypen ist für Sie jeweils **leichter** zu erkennen ?
- Kreuzen Sie diesen bitte jeweils in dem kleinen Kasten an !

Welcher Fehlertyp ist **leichter** zu erkennen ?

1	<b>Pickel</b>
---	---------------

oder

<b>Blase / Kocher</b>	2
-----------------------	---

8	<b>Kratzer</b>
---	----------------

oder

<b>Fettkante</b>	4
------------------	---

7	<b>Farbe nicht i. O.</b>
---	--------------------------

oder

<b>Lackläufer</b>	5
-------------------	---

6	<b>Orangenhaut</b>
---	--------------------

oder

<b>Pickel</b>	1
---------------	---

3	<b>Löcher / Poren</b>
---	-----------------------

oder

<b>Blase / Kocher</b>	2
-----------------------	---

Welcher Fehlertyp ist **leichter** zu erkennen ?

5	<b>Lackläufer</b>
---	-------------------

oder

<b>Kratzer</b>	8
----------------	---

6	<b>Orangenhaut</b>
---	--------------------

oder

<b>Farbe nicht i. O.</b>	7
--------------------------	---

1	<b>Pickel</b>
---	---------------

oder

<b>Löcher / Poren</b>	3
-----------------------	---

2	<b>Blase / Kocher</b>
---	-----------------------

oder

<b>Fettkante</b>	4
------------------	---

8	<b>Kratzer</b>
---	----------------

oder

<b>Orangenhaut</b>	6
--------------------	---

Welcher Fehlertyp ist **leichter** zu erkennen ?

7	<b>Farbe nicht i. O.</b>
---	--------------------------

oder

<b>Pickel</b>	1
---------------	---

4	<b>Fettkante</b>
---	------------------

oder

<b>Löcher / Poren</b>	3
-----------------------	---

5	<b>Lackläufer</b>
---	-------------------

oder

<b>Blase / Kocher</b>	2
-----------------------	---

7	<b>Farbe nicht i. O.</b>
---	--------------------------

oder

<b>Kratzer</b>	8
----------------	---

1	<b>Pickel</b>
---	---------------

oder

<b>Fettkante</b>	4
------------------	---

Welcher Fehlertyp ist **leichter** zu erkennen ?

3	<b>Löcher / Poren</b>
---	-----------------------

oder

<b>Lackläufer</b>	5
-------------------	---

2	<b>Blase / Kocher</b>
---	-----------------------

oder

<b>Orangenhaut</b>	6
--------------------	---

8	<b>Kratzer</b>
---	----------------

oder

<b>Pickel</b>	1
---------------	---

5	<b>Lackläufer</b>
---	-------------------

oder

<b>Fettkante</b>	4
------------------	---

6	<b>Orangenhaut</b>
---	--------------------

oder

<b>Löcher / Poren</b>	3
-----------------------	---

Welcher Fehlertyp ist **leichter** zu erkennen ?

7	<b>Farbe nicht i. O.</b>
---	--------------------------

oder

<b>Blase / Kocher</b>	2
-----------------------	---

1	<b>Pickel</b>
---	---------------

oder

<b>Lackläufer</b>	5
-------------------	---

4	<b>Fettkante</b>
---	------------------

oder

<b>Orangenhaut</b>	6
--------------------	---

3	<b>Löcher / Poren</b>
---	-----------------------

oder

<b>Farbe nicht i. O.</b>	7
--------------------------	---

2	<b>Blase / Kocher</b>
---	-----------------------

oder

<b>Kratzer</b>	8
----------------	---

Welcher Fehlertyp ist **leichter** zu erkennen ?

5	<b>Lackläufer</b>
---	-------------------

oder

<b>Orangenhaut</b>	6
--------------------	---

4	<b>Fettkante</b>
---	------------------

oder

<b>Farbe nicht i. O.</b>	7
--------------------------	---

3	<b>Löcher / Poren</b>
---	-----------------------

oder

<b>Kratzer</b>	8
----------------	---

## Anhang III

### Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchungen

## Ergebnisse der Zuverlässigkeitsuntersuchungen in den drei Abteilungen

### Abteilung "NaBlack"

VP	Anzahl der Treffer		Anzahl der Verpasser		Anzahl der Falschen Alarme	
	Nr.	silber	schwarz	silber	schwarz	silber
1	5	5	6	6	5	8
2	4	3	7	8	4	2
3	1	2	10	9	5	6
4	3	2	8	9	11	9
5	2	0	9	11	4	2
10	4	2	7	9	2	5
11	3	0	8	11	8	11
12	3	1	8	10	8	9
14	4	4	7	7	3	3
15	5	6	6	5	7	12

### Abteilung "BPT"

VP	Anzahl der Treffer		Anzahl der Verpasser		Anzahl der Falschen Alarme	
	Nr.	silber	schwarz	silber	schwarz	silber
1	1	3	10	8	0	2
2	5	1	6	10	5	5
5	3	2	8	9	4	6
10	5	3	6	8	10	12
11	4	3	7	8	7	8
14	6	5	5	6	2	19
22	4	2	7	9	2	2
23	5	2	6	9	2	19

**Abteilung "Eloxal"**

VP	Anzahl der Treffer		Anzahl der Verpasser		Anzahl der Falschen Alarme	
	silber	schwarz	silber	schwarz	silber	schwarz
1	3	1	8	10	1	1
2	3	3	8	8	6	6
5	2	1	9	10	6	2
10	3	3	8	8	9	8
11	5	2	6	9	6	10
14	5	7	6	4	1	12

## **Erklärung**

Hiermit versichere ich, daß die vorgelegte Arbeit von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist, insbesondere, daß ich alle Abbildungen bzw. alle Stellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen sind, kenntlich gemacht habe.

.....  
Andreas Theilmeier