



# Vergleich von subjektiven und objektiven Erhebungsverfahren der psychischen Beanspruchungsmessung

Norman Reiß, Anette Hoppe

Fachgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie  
Fakultät 3: Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme  
Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus – Senftenberg

## 1 Messen psychischer Belastung & psychischer Beanspruchung

## 2 Laborexperiment

## 3 Ergebnisse

## 4 Diskussion und Fazit

## Messen psychischer Belastung & psychischer Beanspruchung (1/2)

- Bei der psychischen Arbeitsbelastung handelt es sich nicht um ein eindimensionales oder einheitliches Konzept.
- Das bedeutet auch, dass für dessen Erhebung kein einheitliches Vorgehen genutzt wird und dass – der eine beste Weg – zur Messung jener psychischen Arbeitsbelastung aktuell nicht existiert.
- In der Norm werden diesbezüglich folgende Messtechniken differenziert [1]:
  - **Aufgaben- und Tätigkeitsanalysen:** Erfassen von Komponenten der Arbeitsaufgabe, physische und psychosoziale Arbeitsbedingungen, Umgebungsbedingungen und die Organisation des Arbeitsablaufes;
  - **Erfassung der Leistungen:** Beurteilung der psychischen und psychomotorischen Leistung unter den jeweils gegebenen Arbeitsbedingungen;
  - **Subjektive Skalierungen:** subjektive Einschätzung der arbeitenden Person von den unterschiedlichen Aspekten der psychischen Arbeitsbelastung am Arbeitsplatz, zum Beispiel über die Verwendung psychometrischer Skalen;
  - **Psychophysiologischen Messungen:** diese Verfahren liefern Erkenntnisse über physiologische Zustände von den arbeitenden Personen unter den gegebenen Arbeitsbedingungen.

## Messen psychischer Belastung & psychischer Beanspruchung (2/2)

- Ein hinreichend umfänglicher Überblick solcher Messverfahren zur Ermittlung einzelner Bestandteile der psychischen Belastung und Beanspruchung können der aktuellen Literatur entnommen werden [2].
- Grob werden zwei Differenzierungsaspekte unterschieden:
  - Unterteilung in bedingungs- und personenbezogene Aspekte
  - Unterscheidung von subjektiven sowie objektiven Erhebungsverfahren.
- In der zugrundeliegenden Studie werden Aufgaben- und Tätigkeitsanalysen („bedingungsbezogene Daten“; psychische Belastung) durchgeführt, wobei über die Laborumgebung sowie über die verschiedenen Aufgaben in den Untersuchungsbedingungen die Belastung explizit hergestellt, kontrolliert und manipuliert wird.
- Zum anderen werden personenbezogene subjektive als auch personenbezogene objektive Erhebungsverfahren eingesetzt.

## Laborexperiment (1/5)

- Die zugrundeliegende Arbeit nutzt die messbare Beanspruchung des Individuums bei erhöhter mentaler Belastung.
- Die Belastung wird über das Absolvieren kognitiver Leistungstests induziert und fordert Fähigkeiten der fluiden sowie kristallinen Intelligenz.

Formaler, balancierter und randomisierter  
Untersuchungsablauf [3, S. 137]

$$(R) A \Rightarrow B_{\text{FLUID}} \Rightarrow B_{\text{KRISTALL}} \Rightarrow A$$

$$(R) A \Rightarrow B_{\text{KRISTALL}} \Rightarrow B_{\text{FLUID}} \Rightarrow A$$

- Somit ergibt sich ein partielles Abbild der modernen als auch zukünftigen Arbeit sowie deren immanente psychische (mentale) Belastung [3, S. 9–11].
- Die Arbeitsumgebungsbedingungen, wie die Beleuchtung, Raumtemperatur und Luftfeuchte wurden über die Klima- und Beleuchtungstechnik in Anlehnung an adäquater Normen konfiguriert als auch konstant gehalten [4; 5].
- Verzerrende Umgebungseinflüsse wie hohe Geräuschpegel & Konvektionsströmung der Luft werden mittels adäquater Klimakonfiguration und schallisolierender Einhausung ausgeschlossen.

## Laborexperiment: Eingesetzte subjektive Erhebungsverfahren; KAB (2/5)

Bitte klicken Sie den Gefühlszustand an, der Ihrer jetzigen Situation entspricht.

(Eine Auswahl je Zeile)

Klicken Sie anschließend auf WEITER.

### "Jetzt fühle ich mich ... "

	sehr	ziemlich	eher	eher	ziemlich	sehr	
angespannt	6	5	4	3	2	1	gelassen
gelöst	1	2	3	4	5	6	bekommen
besorgt	6	5	4	3	2	1	unbekümmert
entspannt	1	2	3	4	5	6	unruhig
skeptisch	6	5	4	3	2	1	vertrauensvoll
behaftlich	1	2	3	4	5	6	unwohl

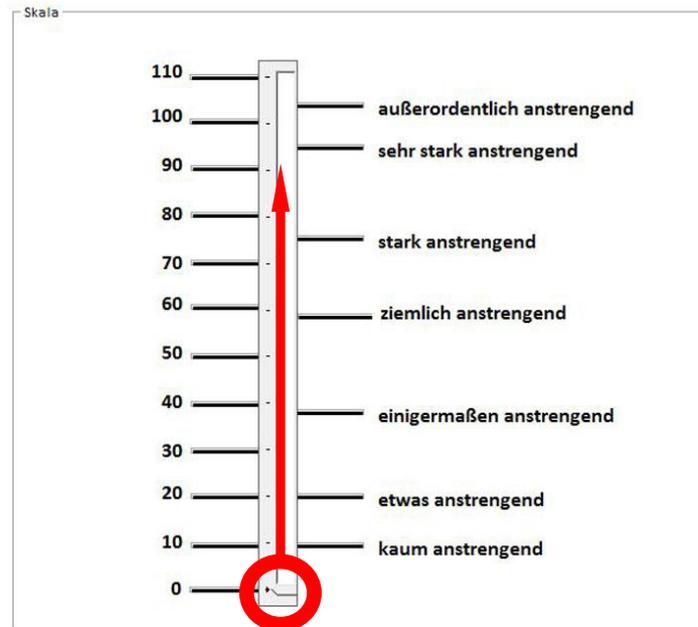
**WEITER**

Kurzfragebogen zur  
aktuellen  
Beanspruchung  
(KAB; [6; 3])

## Laborexperiment: Eingesetzte subjektive Erhebungsverfahren; SEA (3/5)

### Bewertung der Beanspruchung

Bitte beurteilen Sie Ihre Anstrengung bei der letzten Tätigkeit.  
Ziehen Sie dafür den Schieberegler in der Skala auf den entsprechenden Wert.



Skala zur Erfassung der  
subjektiv erlebten  
Anstrengung  
(SEA; [7; 3])

WEITER

## Laborexperiment: Eingesetzte objektive Erhebungsverfahren; HRV (4/5)

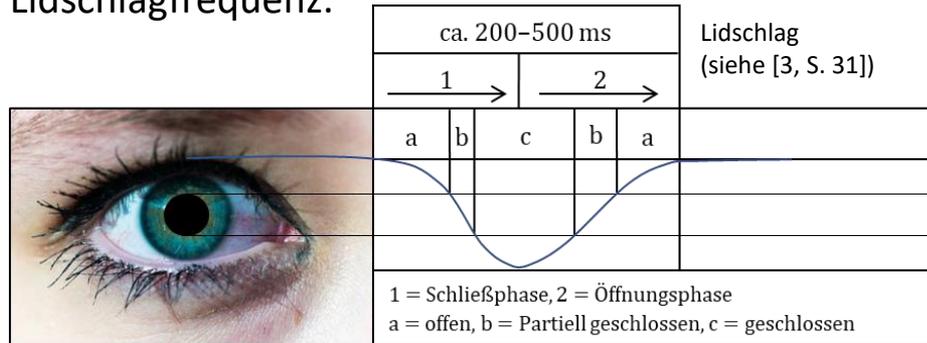
- Aufnahme und Berechnung der Veränderung der zeitlichen Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden Herzschlägen mittels mobilen EKG-Rekorder.
- Diese Variabilität der Abstände zwischen den Herzschlägen begründet sich aus dem Zusammenspiel von Sympathikus & Parasympathikus.
  - Über die Sekretion von Noradrenalin, bedingt der Sympathikus eine Reduzierung der HRV.
  - Über die Freisetzung von Acetylcholin, bedingt der Parasympathikus eine Erhöhung der HRV.
- Die HRV gilt als ein sehr sensibler und spezifischer Indikator.
  - „standard deviation from NN-Intervals“ (SDNN) und „root mean square of successive differences“ (RMSSD) sind Streumaße für die Abstände der einzelnen, aufeinanderfolgenden Herzschläge.
  - Sie fungieren beide jeweils als Indikatoren der HRV und werden für Gesamtvariabilitäts- sowie für Kurzzeitvariabilitätsbetrachtungen eingesetzt [8, S. 20; 9, S. 4–7; 10, S. 17; 11, S. 27].



EKG-Ausschnitt mit variablen Abständen zwischen den R-Zacken:  
 $RR_2 [ms] < RR_1 [ms] < RR_3 [ms]$   
(siehe [3, S. 34])

## Laborexperiment: Eingesetzte objektive Erhebungsverfahren; Lidschlagmuster (5/5)

- Zusätzlich zu den kardiovaskulären Indikatoren wurde ein Muster pro Minute (MPM) im Lidschlagverhalten als zweiter objektiv erhobener Parameter zur Beanspruchungsmessung eingesetzt.
- Das in dieser Arbeit detektierte MPM besteht aus der Kombination einer individuell unterdurchschnittlichen Lidschlagfrequenz gefolgt von einer individuell extrem hohen Lidschlagfrequenz.



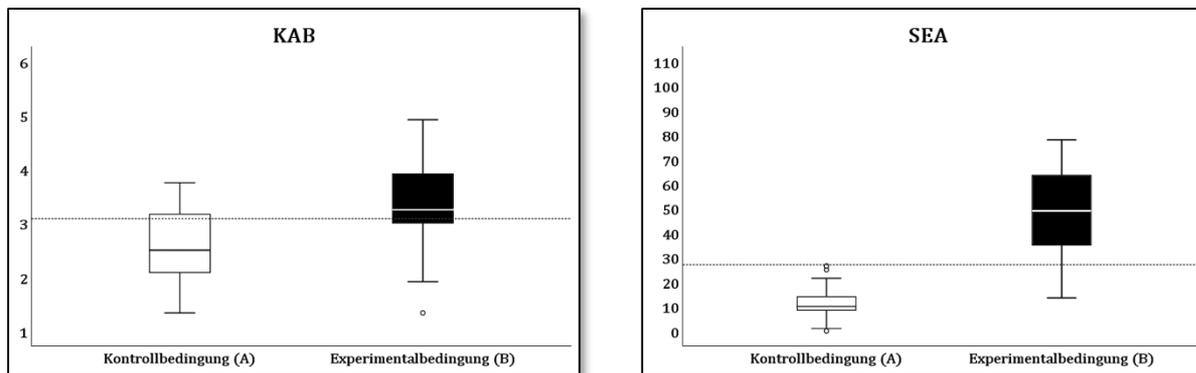
- Genauere Angaben zu dieser Methode als auch zur konkreten Parametrierung des Musters können in der Literatur nachgeschlagen werden [3].

## Ergebnisse (1/X)

- Die zugrundeliegende Studie ist Bestandteil einer größeren Belastungs- und Beanspruchungsuntersuchung des Fachgebietes Arbeitswissenschaft und Arbeitspsychologie der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg und wurde somit in Teilen auch schon veröffentlicht [12–16].
- Von den ursprünglich 56 Proband\*innen, mit denen das Laborexperiment durchgeführt wurde, konnten, nach dem Eruiieren und Entfernen der Ausreißer sowie der defekten Datensätze [17, S. 12; 18, S. 34–36], 45 Proband\*innen in die Ergebnisbetrachtung miteinbezogen werden.
- Aus dieser Stichprobe ordneten sich 23 Personen dem weiblichen und 22 Personen dem männlichen Geschlecht zu, die Verteilung des Alters lag zwischen 19–58 Jahren ( $\bar{x}$  29,98 Jahre; SD = 7,9).

## Ergebnisse: Subjektive Datenerhebung (2/X)

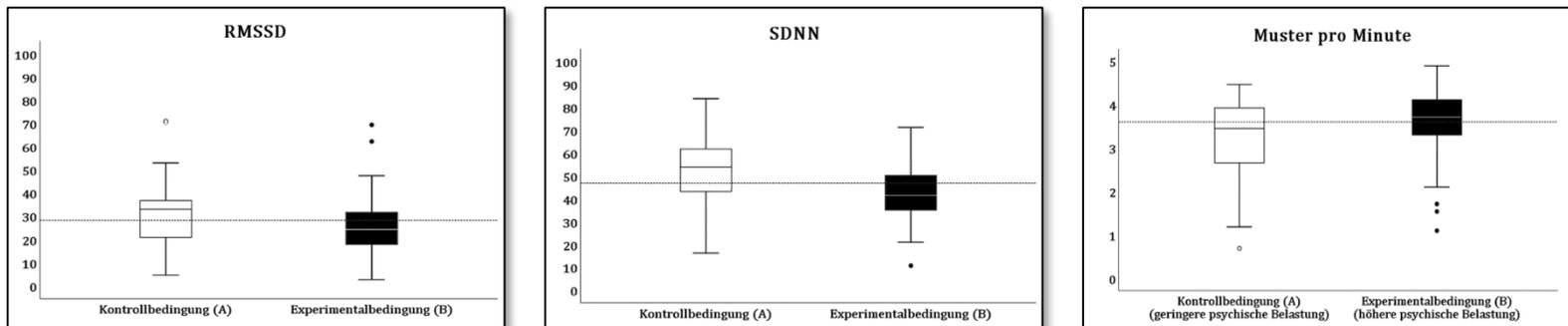
**Abbildung:** Boxplots von den Kennwerten der subjektiven psychischen Beanspruchungserhebung;  
KAB: links, SEA: rechts [3, S. 190]



- Die Kennwerte der genutzten subjektiven Datenerhebung zeigen hoch signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Experimentalbedingung mit mittleren bis großen Effektstärken [3]:
  - **SEA** (parametrisch,  $t$ -Test):  $t(44) = -13,523$ ;  $p < 0,001$ ;  $d = 2,3$ ;  
hoch signifikant und mit  $d = 2,37 \geq 0,8$  liegt ein großer Effekt vor;
  - **KAB** (nicht-parametrisch, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test):  
 $z = -5,603$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 42$ ;  $r = 0,526 \geq 0,5$  : großer Effekt;

## Ergebnisse: Objektive Datenerhebung (2/X)

**Abbildung:** Boxplots der objektiven psychischen Beanspruchungserhebung; RMSSD: links, SDNN: mittig, MPM: rechts [3, S. 201, 235]



- Die Kennwerte der genutzten objektiven Datenerhebung zeigen hoch signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Experimentalbedingung mit mittleren bis großen Effektstärken [3]:
  - **SDNN** (nicht-parametrisch, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test):  
 $z = -5,548$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 45$ ;  $r = 0,823 \geq 0,5$  : großer Effekt;
  - **RMSSD** (nicht-parametrisch, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test):  
 $z = -5,413$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 45$ ;  $r = 0,807 \geq 0,5$  : großer Effekt;
  - **MPM** (nicht-parametrisch, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test):  
 $z = -3,11$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 45$ ;  $0,3 \leq r = 0,46 < 0,5$  : mittlerer Effekt.

## Ergebnisse: Zusammenhang (3/X)

- Die Ergebnisse der parametrischen Zusammenhangsanalyse, aller Indikatoren zur psychischen Belastung folgen mit ihrer Effektstärke [3]:
  - **SEA:**  $r_{pb} = 0,702$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 180$ ;  $0,5 \leq |r_{pb}|$  : großer Effekt
  - **KAB:**  $r_{pb} = 0,401$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 180$ ;  $0,3 \leq |r_{pb}| < 0,5$  : mittlerer Effekt
  - **SDNN:**  $r_{pb} = -0,284$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 180$ ;  $0,1 \leq |r_{pb}| < 0,3$  : kleiner Effekt
  - **RMSSD:**  $r_{pb} = -0,202$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 180$ ;  $0,1 \leq |r_{pb}| < 0,3$  : kleiner Effekt
  - **MPM:**  $r_{pb} = 0,191$ ;  $p < 0,01$ ;  $n = 180$ ;  $0,1 \leq |r_{pb}| < 0,3$  : kleiner Effekt

## Ergebnisse: Zusammenhang (3/X)

- Über die Korrelationsbeziehung der genutzten Erhebungsverfahren zeigt sich die schwierige Operationalisierung der psychischen Belastung.
- Grundsätzlich besitzen die subjektiven und die objektiv-kardiovaskulären Messverfahren jeweils untereinander einen gerichteten signifikanten Zusammenhang:
  - **SEA & KAB:**  $r = 0,519; p < 0,001; n = 180$  mit  $0,5 \leq |r|$  : großer Effekt;
  - **SDNN & RMSSD:**  $r = 0,803; p < 0,001; n = 180$  mit  $0,5 \leq |r|$  : großer Effekt
- aber nur die SEA-Bewertung der subjektiven Beanspruchungsmessung korreliert gerichtet und überzufällig stark mit beiden HRV-Kennwerten und der Lidschlagmusterfrequenz:
  - **SEA & SDNN:**  $r = -0,197; p < 0,01; n = 180$   $0,1 \leq |r| < 0,3$  : kleiner Effekt
  - **SEA & RMSSD:**  $r = -0,176; p < 0,01; n = 180$   $0,1 \leq |r| < 0,3$  : kleiner Effekt
  - **SEA & MPM:**  $r = -0,141; p < 0,05; n = 180$   $0,1 \leq |r| < 0,3$  : kleiner Effekt.

## Fazit

**Tabelle:** Vor- und Nachteile (+/-) subjektiver sowie objektiver Erhebungsverfahren [3, S. 57]

Merkmale	Erhebungsverfahren	
	subjektive	objektive
Hohe Augenscheinvalidität	+	+
Leichte Handhabbarkeit	+	-
Höhere Sensitivität bei Beanspruchungsvariationen	+	-
Möglichkeit von einer kontinuierlichen, unterbrechungsfreien Messung	-	+
Verzerrungen durch Konstellationen oder Reihenfolgeeffekte	-	+
Verzerrungen durch wissentliche/unwissentliche Fehlurteile	-	+

- Mit jedem der eingesetzten Beanspruchungsindikatoren konnten signifikante Unterschiede in den Versuchsbedingungen und signifikante Zusammenhänge zur psychischen (mental)en Belastung dargelegt werden.
- Zudem zeigt sich, dass subjektive Einschätzungen mit den objektiv gemessenen physiologischen Parametern in ihrer tendenziellen Ausprägung übereinstimmen aber nicht immer überzufällig stark miteinander zusammenhängen.
- Es bestehen also Unterschiede in der Sensitivität und Diagnostizität der genutzten Messverfahren gegenüber unterschiedlicher Arten der psychischen (mental)en Belastung und Beanspruchung.
- Existieren dahingehende Potentiale, kann die Konstruktvalidität zunehmen, wenn gut geprüfte Messinstrumente ihren Einsatz finden und wenn die interessierenden Merkmale nicht nur mittels einem, sondern mittels mehrerer verschiedener Messinstrumente und/oder -methoden gewonnen werden
  - Stichwort: Mono-Operationalisierungs-Bias & Mono-Methoden-Bias; [3; 19, S. 21–22]).

- [1] DIN EN ISO 10075-3:2004-12: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung – Teil 3: Grundsätze und Anforderungen an Verfahren zur Messung und Erfassung psychischer Arbeitsbelastung (ISO 10075-3:2004); Deutsche Fassung EN ISO 10075-3:2004, (10075-3:2004-12).
- [2] Böckelmann, I, Seibt, R (2011): Methoden zur Indikation vorwiegend psychischer Berufsbelastung und Beanspruchung — Möglichkeiten für die betriebliche Praxis. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 65(3):205–222.
- [3] Reßut, N (2021): Das Lidschlagverhalten als Indikator psychischer Belastung. Springer Vieweg, Wiesbaden. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36052-8>; ISBN: 978-3-658-36051-1
- [4] DIN EN 12464-1:2019-06: Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Deutsche und Englische Fassung prEN 12464-1:2019, (12464-1:2019-06).
- [5] DIN EN ISO 11064-6:2005-10: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 6: Umgebungsbezogene Anforderungen an Leitzentralen (ISO 11064-6:2005), (11064-6:2005-10).
- [6] Müller, B, Basler, H-D (1993): Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB). Beltz, Weinheim.
- [7] Eilers, K, Nachreiner, F, Hänecke, K (1986): Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 40(4):215–224.
- [8] Kalckhoff, N (2018): Wahrgenommener Stress und Herzratenvariabilität bei Patienten mit somatoformen Störungen im Verlauf eines standardisierten mentalen Belastungstests. Medizinische Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin, Berlin.
- [9] Sammito, S, Thielmann, B, Seibt, R, Klussmann, A, Weippert, M, Böckelmann, I (2014): S2k-Leitlinie: Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft. AWMF online.
- [10] Geitel, J (2016): Der Zusammenhang zwischen der Herzratenvariabilität und Stress. Dissertation, Eberhard Karls Universität Tübingen.

- [11] Konrad, J (2017): Einfluss von auditorischer Belastung auf die Parameter der Herzfrequenzvariabilität. Dissertation, Universität Würzburg.
- [12] ReBut, N, Hoppe, A (2020): Detektion eines Musters im Lidschlagverhalten bei höherer und geringerer mentaler Belastung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg), Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch? GfA-Press, Dortmund.
- [13] ReBut, N, Hoppe, A (2019): Erfassung von individuellem Beanspruchungserleben bei kognitiven Belastungssituationen mittels Mustererkennung im Lidschlagverhalten. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 65:1–13.
- [14] ReBut, N, Hoppe, A (2018): Multioptionale Erfassung von individuellem Beanspruchungserleben bei kognitiven Leistungstests. In: Hoppe, A (Hrsg), Arbeiten und Leben in multioptionaler Welt. Shaker Verlag, Aachen.
- [15] ReBut, N, Hoppe, A (2018): Berührungslose Erfassung vom Lidschlagverhalten als Indikator für psychische Beanspruchung bei Operatortätigkeiten. In: Bachhiesl, U (Hrsg), Neue Energie für unser bewegtes Europa. 15. Symposium Energieinnovation, 14.-16. Februar 2018, TU Graz, Österreich. Verlag der Technischen Universität Graz, Graz.
- [16] ReBut, N, Hoppe, A (2016): Methodisches Konzept für die berührungslose Erfassung vom Lidschlagverhalten als Indikator für psychische Beanspruchung. In: Hoppe, A (Hrsg), BeHerrscht die Technik!? Shaker Verlag, Aachen.
- [17] DIN 53804-1:2002-04: Statistische Auswertung - Teil 1: Kontinuierliche Merkmale, (53804-1:2002-04).
- [18] DIN ISO 5725-2:2002-12: Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen. Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens (ISO 5725-2:1994 einschließlich Technisches Korrigendum 1:2002), (5725-2:2002-12).
- [19] Döring, N, Bortz, J (2016): Forschungsmethoden und Evaluation. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.



Quelle:  
BTU-Medienzentrum  
Ralf Schuster

## *Vielen Dank für Ihr Interesse*

**Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg**

**Fakultät 3: Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme**

**Institut für Digitale Produktion, Qualität und Logistik**

Fachgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

Konrad-Wachsmann-Allee 1

03046 Cottbus

Ansprechpartner:

**Dr.-Ing. Norman Reßut**

Tel.: +49 355 69 4806

Email: [norman.ressut@b-tu.de](mailto:norman.ressut@b-tu.de)

Web: [www.b-tu.de/fg-arbeitswissenschaft/](http://www.b-tu.de/fg-arbeitswissenschaft/)