

# E DIN ISO 5725-2:2020-10 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2020-09-11

**Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen - Teil 2: Grundlegende Methode für die Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens (ISO 5725-2:2019); Text Deutsch und Englisch**

**Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method (ISO 5725-2:2019); Text in German and English**

---

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
Nationales Vorwort . . . . .	6
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise . . . . .	7
Vorwort . . . . .	8
Einleitung . . . . .	9
1 Anwendungsbereich . . . . .	10
2 Normative Verweisungen . . . . .	10
3 Begriffe . . . . .	11
4 Symbole . . . . .	11
5 Schätzwerte der Parameter im grundlegenden Modell . . . . .	13
6 Anforderungen an ein Genauigkeitsexperiment . . . . .	14
6.1 Layout des Experiments . . . . .	14
6.2 Rekrutierung der Labore . . . . .	15
6.3 Vorbereitung des Materials . . . . .	15
7 An einem Genauigkeitsexperiment beteiligtes Personal . . . . .	16
7.1 Prüfergruppe . . . . .	16
7.2 Statistische Funktionen . . . . .	17
7.3 Exekutive Funktionen . . . . .	17
7.4 Versuchsleiter . . . . .	18
7.5 Bediener . . . . .	19
8 Statistische Analyse des Genauigkeitsexperiments . . . . .	19
8.1 Vorbemerkungen . . . . .	19
8.2 Tabellierung der Ergebnisse und verwendete Bezeichnung . . . . .	20
8.2.1 Zellen . . . . .	20
8.2.2 Redundante Daten . . . . .	20
8.2.3 Fehlende Daten . . . . .	20
8.2.4 Ausreißer . . . . .	20
8.2.5 Labore mit Ausreißern . . . . .	20
8.2.6 Fehlerhafte Daten . . . . .	20
8.2.7 Prüfergebnisse symmetrischer einheitlicher Experimente . . . . .	21
8.2.8 Zusammenstellung der Daten und Zwischenwerte . . . . .	21
8.2.9 Ursprüngliche Prüfergebnisse . . . . .	21
8.2.10 Zellenmittelwerte (Formular B in Bild 2) . . . . .	21
8.2.11 Messwerte des Zell-Spreads (Formular C aus Bild 2) . . . . .	21
8.2.12 Korrigierte oder abgelehnte Daten . . . . .	22
8.3 Untersuchung der Ergebnisse auf Konsistenz und Ausreißer . . . . .	22
8.3.1 Ansätze für die Untersuchung von Daten . . . . .	22
8.3.2 Grafisches Konsistenzverfahren . . . . .	22
8.3.3 Numerisches Ausreißerverfahren . . . . .	25
8.3.4 Cochran-Prüfung . . . . .	26
8.3.5 Grubbs-Prüfungen . . . . .	28
8.3.6 Wiederholte Prüfung für Mittelwert- und Datenpunktausreißer . . . . .	30
8.3.7 Alternative Ausreißer-Prüfung und Prüfverfahren . . . . .	30
8.4 Berechnung des allgemeinen Mittelwerts und der Varianzen . . . . .	30
8.4.1 Analyseverfahren . . . . .	30
8.4.2 Ausgangsdaten . . . . .	30

8.4.3	Nichtleere Zellen . . . . .	31
8.4.4	Berechnung des allgemeinen Mittelwerts $\hat{m}$ . . . . .	31
8.4.5	Berechnung von Varianzen . . . . .	31
8.4.6	Alternative Berechnungsverfahren für Varianzen . . . . .	32
8.4.7	Abhängigkeit der Varianzen von $m$ . . . . .	32
8.5	Erstellen einer funktionalen Beziehung zwischen Genauigkeitswerten $s$ und dem Mittelwertbereich $m$ . . . . .	33
8.5.1	Wahl der funktionalen Beziehung . . . . .	33
8.5.2	Anpassungsbeziehungen I und II . . . . .	34
8.5.3	Anpassung der Beziehung III . . . . .	35
8.5.4	Anpassung der Beziehung IV . . . . .	36
8.6	Statistische Analyse als schrittweises Verfahren . . . . .	38
8.7	Bericht an die Prüfergruppe und von der Prüfergruppe zu treffende Entscheidungen . . . . .	40
8.7.1	Bericht des Statistikexperten . . . . .	40
8.7.2	Von der Prüfergruppe zu treffende Entscheidungen . . . . .	43
8.7.3	Vollständiger Bericht . . . . .	44
9	Statistische Tabellen . . . . .	44
Anhang A (informativ)	Anzahl der für eine Genauigkeitsschätzung erforderlichen Labore . . . . .	50
Anhang B (informativ)	Alternative Berechnungen der Varianzkomponenten . . . . .	53
B.1	Berechnung aus einer Tabelle der Einwegvarianzanalyse . . . . .	53
B.2	Berechnung der eingeschränkten maximalen Wahrscheinlichkeit (REML) . . . . .	53
Anhang C (informativ)	Beispiele der statistischen Analyse von Genauigkeitsexperimenten . . . . .	55
C.1	Beispiel 1: Bestimmung des Schwefelgehalts von Kohle (mehrere Bereiche mit fehlenden oder Ausreißerdaten) . . . . .	55
C.1.1	Hintergrund . . . . .	55
C.1.2	Ursprüngliche Daten . . . . .	55
C.1.3	Berechnung der Zellenmittelwerte, $\bar{y}_{ij}$ . . . . .	56
C.1.4	Berechnung von Standardabweichungen, $s_{ij}$ . . . . .	56
C.1.5	Untersuchung auf Konsistenz und Ausreißer . . . . .	56
C.1.6	Berechnung von $\hat{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ . . . . .	62
C.1.7	Abhängigkeit der Genauigkeit von $m$ . . . . .	63
C.1.8	Schlussfolgerungen . . . . .	63
C.1.9	Alternative Berechnung . . . . .	64
C.2	Beispiel 2: Erweichungstemperatur von Pech (mehrere Bereiche mit fehlenden Daten) . . . . .	64
C.2.1	Hintergrund . . . . .	64
C.2.2	Ursprüngliche Daten . . . . .	64
C.2.3	Zellenmittelwerte . . . . .	65
C.2.4	Absolute Differenzen innerhalb der Zellen . . . . .	68
C.2.5	Untersuchung auf Konsistenz und Ausreißer . . . . .	69
C.2.6	Berechnung von $\hat{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ . . . . .	69
C.2.7	Abhängigkeit der Genauigkeit von $m$ . . . . .	70
C.2.8	Zusammenfassung . . . . .	70
C.2.9	Alternative Berechnung . . . . .	70
C.3	Beispiel 3: Thermometrische Titration von Teeröl (mehrere Bereiche mit Ausreißerdaten) . . . . .	71
C.3.1	Hintergrund . . . . .	71
C.3.2	Ursprüngliche Daten . . . . .	71
C.3.3	Zellenmittelwerte . . . . .	71
C.3.4	Absolute Differenzen innerhalb der Zellen . . . . .	73
C.3.5	Untersuchung auf Konsistenz und Ausreißer . . . . .	73
C.3.6	Berechnung von $\hat{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ . . . . .	76
C.3.7	Abhängigkeit der Genauigkeit von $m$ . . . . .	76
C.3.8	Alternative Berechnung . . . . .	77
Anhang D (informativ)	Berechnung kritischer Werte und Indikatoren . . . . .	79
D.1	Berechnung kritischer Werte für die Cochran-Prüfung . . . . .	79
D.2	Berechnung kritischer Werte für die Grubbs-Prüfung . . . . .	79
D.2.1	Ein festgestellter Ausreißer . . . . .	79
D.2.2	Zwei festgestellte Ausreißer . . . . .	80
D.3	Berechnung der Indikatoren für die Mandel'schen $h$ - und $k$ -Statistiken . . . . .	80
D.3.1	Mandel'sche $h$ -Statistik . . . . .	80
D.3.2	Mandel'sche $k$ -Statistik . . . . .	81

## Bilder

Bild 1 — Eintragungsfragebogen für laborübergreifende Studien . . . . .	16
Bild 2 — Empfohlene Formulare für die Zusammenstellung von Ergebnissen zur Analyse . . . . .	24
Bild 3 — Flussdiagramm der Hauptschritte der statistischen Analyse . . . . .	43
Bild A.1 — Menge, um die $s_r$ erwartungsgemäß von dem wahren Wert innerhalb eines Wahrscheinlichkeitsniveaus von 95 % abweichen wird . . . . .	51
Bild A.2 — Menge, um die $s_R$ erwartungsgemäß von dem wahren Wert innerhalb einer Wahrscheinlichkeit von 95 % abweichen wird . . . . .	52
Bild C.1 — Schwefelgehalt von Kohle, Probe 1 . . . . .	58
Bild C.2 — Schwefelgehalt von Kohle, Probe 2 . . . . .	59
Bild C.3 — Schwefelgehalt von Kohle, Probe 3 . . . . .	60
Bild C.4 — Schwefelgehalt von Kohle, Probe 4 . . . . .	61
Bild C.5 — Erweichungstemperatur von Pech — Zellenmittelwerte . . . . .	67
Bild C.6 — Erweichungstemperatur von Pech — Absolute Differenzen innerhalb der Zellen . . . . .	68
Bild C.7 — Titration von Teeröl — Mandel'sche Statistik der Konsistenz zwischen Laboren, $h$ , gruppiert nach Laboren . . . . .	74
Bild C.8 — Titration von Teeröl — Mandel'sche Statistik der Konsistenz innerhalb eines Labors, $h$ , gruppiert nach Laboren . . . . .	75
Bild C.9 — Plot von $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ gegen $\hat{m}_j$ die Daten aus Tabelle C.18, der die funktionale Beziehungen I-IV aus 8.5 angepasst an diese Daten darstellt . . . . .	78

## Tabellen

Tabelle 1 — Beziehung I, $s = bm$ . . . . .	37
Tabelle 2 — Beziehung II, $s = a + bm$ . . . . .	37
Tabelle 3 — Beziehung III, $s^2 = a_v^2 + (b_v m)^2$ . . . . .	38
Tabelle 4 — Beziehung IV, $lg s = c + d lg m$ . . . . .	38
Tabelle 5 — Kritische Werte für die Cochran-Prüfung . . . . .	44
Tabelle 6 — Kritische Werte für die Grubbs-Prüfung . . . . .	45
Tabelle 7 — Indikatoren für die Mandel'schen $h$ - und $k$ -Statistiken bei 1 % Signifikanzniveau . . . . .	47
Tabelle 8 — Indikatoren für die Mandel'schen $h$ - und $k$ -Statistiken bei 5 % Signifikanzniveau . . . . .	48
Tabelle A.1 — Werte der Schätzwertunsicherheit der Wiederhol- und Vergleichstandardabweichungen . . . . .	51
Tabelle B.1 — Layout einer üblichen Einweg-ANOVA-Tabelle . . . . .	53
Tabelle C.1 — Ursprüngliche Daten — Schwefelgehalt von Kohle (Massefraktion, %) . . . . .	56
Tabelle C.2 — Zellenmittelwerte — Schwefelgehalt von Kohle (Massefraktion, %) . . . . .	57
Tabelle C.3 — Standardabweichungen — Schwefelgehalt von Kohle (Massefraktion, %) . . . . .	57
Tabelle C.4 — Anwendung der Grubbs-Prüfung auf Zellenmittelwerte . . . . .	61
Tabelle C.5 — Berechnete Werte von $\hat{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für den Schwefelgehalt von Kohle . . . . .	63
Tabelle C.6 — REML-Schätzwerte von $\hat{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für den Schwefelgehalt von Kohle . . . . .	64
Tabelle C.7 — REML-Schätzwerte von $\hat{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für den Schwefelgehalt von Kohle . . . . .	65
Tabelle C.8 — Zellenmittelwerte — Erweichungstemperatur von Pech (°C) . . . . .	66
Tabelle C.9 — Absolute Differenzen innerhalb der Zellen — Erweichungstemperatur von Pech (°C) . . . . .	67
Tabelle C.10 — Werte der Cochran-Prüfgröße, $C$ . . . . .	68
Tabelle C.11 — Anwendung der Grubbs-Prüfung auf Zellenmittelwerte . . . . .	69
Tabelle C.12 — Berechnete Werte von $\hat{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für die Erweichungstemperatur von Pech . . . . .	70
Tabelle C.13 — REML-Schätzwerte von $\hat{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für die Erweichungstemperatur von Pech . . . . .	71
Tabelle C.14 — Ursprüngliche Daten — Thermometrische Titration von Teeröl . . . . .	72
Tabelle C.15 — Zellenmittelwerte — Thermometrische Titration von Teeröl . . . . .	72

<b>Tabelle C.16 — Zellenbereiche — Thermometrische Titration von Teeröl . . . . .</b>	<b>72</b>
<b>Tabelle C.17 — Anwendung der Grubbs-Prüfung auf Zellenmittelwerte . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>Tabelle C.18 — Berechnete Werte von <math>\hat{m}_j</math>, <math>s_{rj}</math> und <math>s_{Rj}</math> für die thermometrische Titration von Teeröl</b>	<b>76</b>
<b>Tabelle C.19 — REML-Schätzwerte von <math>\hat{m}_j</math>, <math>s_{rj}</math> und <math>s_{Rj}</math> für die thermometrische Titration von Teeröl . . . . .</b>	<b>77</b>
<b>Tabelle D.1 — Koeffizienten für die kritischen Werte der Grubbs-Prüfung . . . . .</b>	<b>80</b>