

# DIN ISO 5725-2:2022-05 (D/E)

**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 .....	7
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise .....	10
Vorwort .....	11
Einleitung .....	12
1 Anwendungsbereich.....	13
2 Normative Verweisungen .....	13
3 Begriffe .....	14
4 Symbole .....	14
5 Schätzwerte der Parameter im Grundmodell .....	16
6 Anforderungen an ein Präzisionsexperiment.....	17
6.1 Layout des Experiments.....	17
6.2 Rekrutierung der Labors .....	18
6.3 Vorbereitung des Materials .....	18
7 An einem Präzisionsversuch beteiligtes Personal.....	20
7.1 Versuchsgremium .....	20
7.2 Statistische Funktionen.....	20
7.3 Führungsaufgaben .....	20
7.4 Laborverantwortliche.....	21
7.5 Bearbeiter.....	22
8 Statistische Analyse des Präzisionsversuchs .....	23
8.1 Vorbemerkungen .....	23
8.2 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse sowie angewendete Darstellungsweise .....	23
8.2.1 Zellen.....	23
8.2.2 Überflüssige Daten.....	23
8.2.3 Fehlende Daten .....	24
8.2.4 Ausreißer .....	24
8.2.5 Ausreißerlabors.....	24
8.2.6 Fehlerhafte Daten.....	24
8.2.7 Prüfergebnisse ausgewogener einheitlicher Experimente .....	24
8.2.8 Zusammenstellung der Daten und Zwischenwerte.....	25
8.2.9 Ursprüngliche Ermittlungsergebnisse .....	25
8.2.10 Arithmetische Zellmittelwerte in einer Zelle (Formblatt B in Bild 2).....	25
8.2.11 Maße für die Streuung innerhalb einer Zelle (Formblatt C in Bild 2) .....	25
8.2.12 Korrigierte oder als Ausreißer abgelehnte Daten.....	26
8.3 Ergebnisprüfung bezüglich Vereinbarkeit und Ausreißer .....	26

8.3.1	Ansätze für die Untersuchung von Daten .....	26
8.3.2	Grafische Vereinbarkeitsprüfungen .....	26
8.3.3	Numerische Methode der Ausreißerprüfung.....	29
8.3.4	Cochran-Test.....	30
8.3.5	Grubbs-Test.....	31
8.3.6	Wiederholte Prüfung für Mittelwert- und Datenpunktausreißer.....	34
8.3.7	Alternative Ausreißer-Prüf- und Testverfahren.....	34
8.4	Berechnung des Gesamtmittelwerts und der Varianzen.....	35
8.4.1	Auswertungsverfahren.....	35
8.4.2	Grunddaten .....	35
8.4.3	Nichtleere Zellen .....	35
8.4.4	Berechnung des Gesamtmittelwerts $m$ .....	35
8.4.5	Berechnung der Varianzen .....	36
8.4.6	Alternative Berechnungsverfahren für Varianzen.....	37
8.4.7	Abhängigkeit der Varianzen von $m$ .....	38
8.5	Feststellen einer funktionalen Beziehung zwischen Präzisionswerten $s$ und dem arithmetischen Gesamtmittelwert $m$ .....	38
8.5.1	Wahl der funktionalen Beziehung.....	38
8.5.2	Anpassungsbeziehungen I und II .....	39
8.5.3	Anpassung der Beziehung III.....	41
8.5.4	Anpassung der Beziehung IV .....	42
8.6	Statistische Analyse als schrittweises Verfahren .....	44
8.7	Bericht an das Versuchsgremium und vom Versuchsgremium zu treffende Entscheidungen .....	47
8.7.1	Bericht durch die statistische Fachkraft.....	47
8.7.2	Vom Versuchsgremium zu treffende Entscheidungen .....	49
8.7.3	Abschlussbericht .....	50
9	Statistische Tabellen .....	50
Anhang A (informativ) Anzahl der für eine Präzisionsschätzung erforderlichen Labors.....		58
Anhang B (informativ) Berechnungsvarianten für Varianzkomponenten .....		62
B.1	Berechnung auf der Basis einer ANOVA-Tabelle der einfachen Varianzanalyse .....	62
B.2	Berechnung des Restricted Maximum Likelihood-Verfahrens (REML).....	62
Anhang C (informativ) Beispiele der statistischen Analyse von Präzisionsexperimenten.....		65
C.1	Beispiel 1: Ermittlung des Schwefelgehalts von Kohle (mehrere Merkmalsniveaus ohne fehlende Daten oder Ausreißerdaten) .....	65
C.1.1	Hintergrund .....	65
C.1.2	Ursprüngliche Daten .....	65
C.1.3	Berechnung der Zellenmittelwerte, $\bar{y}_{ij}$ .....	66
C.1.4	Berechnung der Standardabweichungen, $s_{ij}$ .....	66
C.1.5	Vereinbarkeits- und Ausreißerprüfung.....	67
C.1.6	Berechnung von $m_{ij}$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ .....	73
C.1.7	Abhängigkeit der Präzision von $m$ .....	74
C.1.8	Schlussfolgerungen.....	74
C.1.9	Alternative Berechnung .....	74
C.2	Beispiel 2: Erweichungspunkt von Pech (mehrere Merkmalsniveaus mit fehlenden Daten) .....	75
C.2.1	Hintergrund .....	75
C.2.2	Ursprüngliche Daten .....	75
C.2.3	Arithmetische Mittelwerte einer Zelle .....	76
C.2.4	Absolute Differenzen innerhalb der Zellen .....	78
C.2.5	Untersuchung auf Vereinbarkeit und Ausreißer .....	80
C.2.6	Berechnung von $m_{ij}$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ .....	80
C.2.7	Abhängigkeit der Präzision von $m$ .....	81
C.2.8	Zusammenfassung .....	81
C.2.9	Alternative Berechnung .....	81

C.3	Beispiel 3: Thermometrische Titration von Kreosotöl (mehrere Merkmalsniveaus mit Ausreißerwerten) .....	82
C.3.1	Hintergrund .....	82
C.3.2	Ursprüngliche Daten .....	82
C.3.3	Arithmetische Mittelwerte einer Zelle .....	83
C.3.4	Absolute Differenzen innerhalb der Zellen .....	84
C.3.5	Vereinbarkeits- und Ausreißerprüfung.....	84
C.3.6	Berechnung von $\overline{m}_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ .....	87
C.3.7	Abhängigkeit der Präzision von $m$ .....	87
C.3.8	Alternative Berechnung .....	88
Anhang D (informativ) Berechnung kritischer Werte und Indikatoren .....		89
D.1	Berechnung kritischer Werte für den Cochran-Test .....	89
D.2	Berechnung kritischer Werte für den Grubbs-Test .....	89
D.2.1	Einzelner Ausreißer .....	89
D.2.2	Zwei Ausreißer.....	90
D.3	Berechnung der Indikatoren für Mandels Vereinbarkeits-Prüfgrößen $h$ und $k$ .....	91
D.3.1	Mandels Vereinbarkeits-Prüfgröße $h$ .....	91
D.3.2	Mandels Vereinbarkeits-Prüfgröße $k$ .....	91
Literaturhinweise .....		93
<b>Bilder</b>		
Bild 1	— Anwendungs-Fragebogen für einen Ringversuch.....	19
Bild 2	— Empfohlene Formblätter für die Zusammenstellung von Ergebnissen zur Analyse .....	28
Bild 3	— Flussdiagramm der Hauptschritte der statistischen Analyse.....	49
Bild A.1	— Betrag, um den $s_r$ erwartungsgemäß von dem wahren Wert innerhalb eines Wahrscheinlichkeitsniveaus von 95 % abweichen wird .....	60
Bild A.2	— Betrag, um den $s_R$ erwartungsgemäß von dem wahren Wert innerhalb einer Wahrscheinlichkeit von 95 % abweichen wird .....	61
Bild C.1	— Schwefelgehalt von Kohle, Probe 1 .....	68
Bild C.2	— Schwefelgehalt von Kohle, Probe 2 .....	69
Bild C.3	— Schwefelgehalt von Kohle, Probe 3 .....	70
Bild C.4	— Schwefelgehalt von Kohle, Probe 4 .....	71
Bild C.5	— Erweichungstemperatur von Pech — Zellenmittelwerte .....	78
Bild C.6	— Erweichungstemperatur von Pech — Absolute Differenzen innerhalb der Zellen .....	79
Bild C.7	— Titration von Kreosotöl — Mandels Vereinbarkeits-Prüfgröße $h$ zwischen den Labors, gruppiert für die Labors dargestellt .....	85
Bild C.8	— Titration von Kreosotöl — Mandels Vereinbarkeits-Prüfgröße $k$ innerhalb der Labors, gruppiert für die Labors dargestellt .....	86
Bild C.9	— Grafische Darstellung von $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ gegen $\overline{m}_j$ nach den Werten aus Tabelle C.18, welche die nach 8.5 an diese Daten angepassten funktionalen Beziehungen I bis IV abbildet.....	88

## Tabellen

Tabelle 1 — Beziehung I, $s = bm$ .....	43
Tabelle 2 — Beziehung II, $s = a + bm$ .....	43
Tabelle 3 — Beziehung III, $s^2 = a_v^2 + (b_v m)^2$ .....	44
Tabelle 4 — Beziehung IV, $\lg s = c + d \lg m$ .....	44
Tabelle 5 — Kritische Werte für den Cochran-Test.....	50
Tabelle 6 — Kritische Werte für den Grubbs-Test.....	52
Tabelle 7 — Indikatoren für die Mandels Vereinbarkeits-Prüfgrößen $h$ und $k$ auf dem Signifikanzniveau von 1 % .....	54
Tabelle 8 — Indikatoren für die Mandels Vereinbarkeits-Prüfgrößen $h$ und $k$ auf dem Signifikanzniveau von 5 % .....	56
Tabelle A.1 — Werte der Schätzwertunsicherheit der Wiederhol- und Vergleichstandardabweichungen .....	59
Tabelle B.1 — Layout einer Einweg-ANOVA-Tabelle.....	62
Tabelle C.1 — Ursprungsdaten — Schwefelgehalt von Kohle (Massenanteil, %) .....	66
Tabelle C.2 — Zellenmittelwerte — Schwefelgehalt von Kohle (Massenanteil, %) .....	67
Tabelle C.3 — Standardabweichungen — Schwefelgehalt von Kohle (Massenanteil, %) .....	67
Tabelle C.4 — Anwendung des Grubbs-Tests auf Zellenmittelwerte.....	71
Tabelle C.5 — Berechnete Werte von $m_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für den Schwefelgehalt von Kohle .....	74
Tabelle C.6 — REML-Schätzwerte von $m_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für den Schwefelgehalt von Kohle.....	75
Tabelle C.7 — Ursprüngliche Daten — Erweichungstemperatur von Pech (°C).....	76
Tabelle C.8 — Zellenmittelwerte — Erweichungstemperatur von Pech (°C) .....	77
Tabelle C.9 — Absolute Differenzen innerhalb der Zellen — Erweichungstemperatur von Pech (°C).....	78
Tabelle C.10 — Werte der Cochran-Prüfgröße, $C$ .....	79
Tabelle C.11 — Anwendung des Grubbs-Tests auf Zellenmittelwerte .....	79
Tabelle C.12 — Berechnete Werte von $m_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für die Erweichungstemperatur von Pech .....	81
Tabelle C.13 — REML-Schätzwerte von $m_j$ , $s_{rj}$ und $s_{Rj}$ für die Erweichungstemperatur von Pech .....	82
Tabelle C.14 — Ursprüngliche Daten — Thermometrische Titration von Kreosotöl.....	83
Tabelle C.15 — Zellenmittelwerte — Thermometrische Titration von Teeröl .....	83

<b>Tabelle C.16 — Zellenbereiche — Thermometrische Titration von Kreosotöl .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabelle C.17 — Anwendung des Grubbs-Tests auf Zellenmittelwerte.....</b>	<b>86</b>
<b>Tabelle C.18 — Berechnete Werte von <math>\bar{m}_j</math>, <math>s_{Rj}</math> und <math>s_{Rj}</math> für die thermometrische Titration von Kreosotöl .....</b>	<b>87</b>
<b>Tabelle C.19 — REML-Schätzwerte von <math>\bar{m}_j</math>, <math>s_{Rj}</math> und <math>s_{Rj}</math> für die thermometrische Titration von Teeröl .....</b>	<b>88</b>
<b>Tabelle D.1 — Koeffizienten für die kritischen Werte des Grubbs-Tests .....</b>	<b>91</b>

# Contents

Page

Foreword.....	v
Introduction.....	vi
<b>1</b> <b>Scope</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Normative references</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b> <b>Terms and definitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Symbols</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b> <b>Estimates of the parameters in the basic model</b> .....	<b>4</b>
<b>6</b> <b>Requirements for a precision experiment</b> .....	<b>5</b>
6.1    Layout of the experiment.....	5
6.2    Recruitment of the laboratories.....	6
6.3    Preparation of the materials.....	6
<b>7</b> <b>Personnel involved in a precision experiment</b> .....	<b>7</b>
7.1    Panel.....	7
7.2    Statistical functions.....	8
7.3    Executive functions.....	8
7.4    Supervisors.....	9
7.5    Operators.....	10
<b>8</b> <b>Statistical analysis of a precision experiment</b> .....	<b>10</b>
8.1    Preliminary considerations.....	10
8.2    Tabulation of the results and notation used.....	11
8.2.1    Cells.....	11
8.2.2    Redundant data.....	11
8.2.3    Missing data.....	11
8.2.4    Outliers.....	11
8.2.5    Outlying laboratories.....	11
8.2.6    Erroneous data.....	11
8.2.7    Balanced uniform-level test results.....	11
8.2.8    Collation of data and intermediate values.....	12
8.2.9    Original test results.....	12
8.2.10    Cell means (Form B of Figure 2).....	12
8.2.11    Measures of cell spread (Form C of Figure 2).....	12
8.2.12    Corrected or rejected data.....	13
8.3    Scrutiny of results for consistency and outliers.....	13
8.3.1    Approaches for scrutiny of data.....	13
8.3.2    Graphical consistency technique.....	13
8.3.3    Numerical outlier technique.....	16
8.3.4    Cochran's test.....	16
8.3.5    Grubbs' tests.....	18
8.3.6    Repeated testing for outlying means or outlying data points.....	20
8.3.7    Alternative outlier inspection and test methods.....	20
8.4    Calculation of the general mean and variances.....	20
8.4.1    Method of analysis.....	20
8.4.2    Basic data.....	21
8.4.3    Non-empty cells.....	21
8.4.4    Calculation of the general mean, $\hat{m}$ .....	21
8.4.5    Calculation of variances.....	21
8.4.6    Alternative calculation methods for variances.....	22
8.4.7    Dependence of the variances upon $m$ .....	23
8.5    Establishing a functional relationship between precision values, $s$ , and the mean level, $m$ .....	23
8.5.1    Choice of functional relationship.....	23

8.5.2	Fitting relationships I and II .....	24
8.5.3	Fitting relationship III .....	25
8.5.4	Fitting relationship IV .....	26
8.6	Statistical analysis as a step-by-step procedure.....	28
8.7	Report to the panel and decisions to be taken by the panel.....	30
8.7.1	Report by the statistical expert.....	30
8.7.2	Decisions to be taken by the panel.....	32
8.7.3	Full report.....	33
<b>9</b>	<b>Statistical tables.....</b>	<b>33</b>
<b>Annex A</b>	<b>(informative) Number of laboratories required for an estimate of precision.....</b>	<b>38</b>
<b>Annex B</b>	<b>(informative) Alternative calculations of variance components.....</b>	<b>41</b>
<b>Annex C</b>	<b>(informative) Examples of the statistical analysis of precision experiments.....</b>	<b>44</b>
<b>Annex D</b>	<b>(informative) Calculation of critical values and indicators.....</b>	<b>66</b>
<b>Bibliography</b>	<b>.....</b>	<b>69</b>