



analytik software

Software für die analytische Qualitätssicherung

Valoo



analytik software

[Über uns](#) [Kontakt](#) [Referenzen](#) [Impressum](#)



[Home](#)
[Validierung](#)
[Qualität](#)
[Downloads](#)
[Update](#)

Home

Willkommen bei analytik software

Für Anforderungen an Qualitätssicherungsmaßnahmen in der Analytik entwickeln wir Statistiksoftware.

Unsere Zielgruppe sind analytische Laboratorien, die nach DIN EN ISO/IEC 17025 arbeiten.

Auf unseren Internetseiten finden Sie alle Informationen über unsere Programme und deren Funktionen sowie Downloadmöglichkeiten für Demosoftware.

Kontakt

analytik software
Dr. Stella Nieto-Ernst
Sonnentauweg 11
26789 Leer

Tel 04919921919
Fax 049197968238

info@analytik-software.de

www.analytik-software.de

Inhaltsverzeichnis

Programmstart.....	9
Übersicht der verschiedenen Ansichten	12
Ansicht Kopfdaten.....	13
Ansicht Dateneingabe	15
Dateneingabe / Zusätzliche Eingaben bei der Kalibrierung	20
Dateneingabe / Zusätzliche Eingaben beim Messreihenvergleich.....	21
Dateneingabe / Zusätzliche Eingaben bei der Standardaddition.....	22
Dateneingabe / Zusätzliche Eingaben bei der Varianzanalyse.....	23
Dateneingabe / Formatierungen.....	24
Dateneingabe / Einstellungen für die Dateneingabe	25
Dateneingabe / Kommentare.....	27
Dateneingabe / Änderungen der Daten	29
Dateneingabe / Spaltenstatistik	30
Ansicht Verfahren	32
Verfahren / Auswerteverfahren speichern	34
Verfahren / Auswerteverfahren laden	35
Ansicht Report	36
Ansicht Grafik	38
Grafik / Zusatzinformationen für Raqs.....	41
Grafik / Diagrammtypen.....	43
Grafik / Diagrammtypen / Messreihe	45
Grafik / Diagrammtypen / Kalibrierung.....	48
Grafik / Diagrammtypen / Messreihenvergleich.....	49
Grafik / Diagrammtypen / Standardaddition	53
Grafik / Diagrammtypen / Varianzanalyse	55
Grafik / Diagrammtypen / Ringversuch.....	59
Grafik / Diagrammtypen / Raqs.....	63
Optionen.....	65
Optionen / Allgemein	66
Optionen / Format	69
Optionen / Daten	71
Optionen / Validierungsbericht.....	72
Drucken	73
Drucken / Auswahl	74
Drucken / Seitenränder.....	77
Drucken / Diagramme	78
Drucken / Kopf-Fußzeilen.....	79
Drucken / Karten	80

Validierungsbericht	82
Validierungsbericht / Eingabe der Daten	83
Validierungsbericht / Ausgabe im Report	84
Validierungsbericht / Ziele - Ergebnisse kopieren.....	85
Import.....	86
Export	87
Vorlagen	89
Statistikprojekte.....	92
Statistikprojekte / Projekt Messreihe	93
Statistikprojekte / Projekt Kalibrierung.....	94
Statistikprojekte / Projekt Messreihenvergleich - Gleichwertigkeit	95
Statistikprojekte / Projekt Standardaddition	96
Statistikprojekte / Projekt Varianzanalyse	97
Statistikprojekte / Projekt Ringversuch.....	98
Statistikprojekte / Projekt Raqs.....	100
Übersicht der Auswerteverfahren	101
Übersicht der Auswerteverfahren / Messreihe	102
Übersicht der Auswerteverfahren / Kalibrierung.....	103
Übersicht der Auswerteverfahren / Messreihenvergleich - Gleichwertigkeit	104
Übersicht der Auswerteverfahren / Standardaddition	106
Übersicht der Auswerteverfahren / Varianzanalyse	107
Übersicht der Auswerteverfahren / Ringversuch.....	108
Übersicht der Auswerteverfahren / Raqs.....	109
Auswerteverfahren für Messreihen.....	111
Messreihen / Statistische Kenngrößen	112
Messreihen / Statistische Kenngrößen / Mittelwert.....	113
Messreihen / Statistische Kenngrößen / Median.....	114
Messreihen / Statistische Kenngrößen / Schiefe	115
Messreihen / Statistische Kenngrößen / Spannweite	116
Messreihen / Statistische Kenngrößen / Standardabweichung.....	117
Messreihen / Statistische Kenngrößen / Variationskoeffizient	118
Messreihen / Statistische Kenngrößen / Wiederholbarkeit.....	119
Messreihen / Statistische Kenngrößen / Vertrauensbereich	120
Messreihen / Statistische Kenngrößen / T - Faktor.....	121
Messreihen / Messunsicherheit / Erweiterte Unsicherheit	122
Messreihen / Tests auf Normalverteilung.....	123
Messreihen / Tests auf Normalverteilung / David	124
Messreihen / Tests auf Normalverteilung / Geary.....	125
Messreihen / Tests auf Normalverteilung / Kolmogoroff - Smirnov.....	126
Messreihen / Tests auf Normalverteilung / Chi - Quadrat.....	127
Messreihen / Trendtests.....	128
Messreihen / Trendtests / Neumann	129
Messreihen / Trendtests / Wallis-Moore	130

Messreihen / Trendtests / Cox-Stuart.....	131
Messreihen / Ausreißertests.....	132
Messreihen / Ausreißertests / 4 - Sigma.....	133
Messreihen / Ausreißertests / Grubbs.....	134
Messreihen / Ausreißertests / Dixon	135
Messreihen / Ausreißertests / Nalimov	136
Messreihen / Leerwertmethode / Schnellschätzung der DIN 32645	137
Messreihen / Signifikanzniveau / Signifikanz.....	138
Auswerteverfahren der Kalibrierung	139
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen	140
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen / Lineare Kalibrierfunktion	141
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen / Kalibrierfunktion 2.Grades.....	143
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen / Gewichtete lineare Kalibrierfunktion ($1/s^2$).....	146
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen / Sättigungsfunktion.....	147
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen / Lineare gewichtete Kalibrierfunktion ($1/x^n$)	148
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen / x - Log Transformation.....	151
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen / y - Log Transformation.....	152
Kalibrierung / Kalibrierfunktionen / xy - Log Transformation	153
Kalibrierung / Validierungsparameter	154
Kalibrierung / Validierungsparameter / Linearitätstest	155
Kalibrierung / Validierungsparameter / Ausreißertests.....	156
Kalibrierung / Validierungsparameter / Varianzhomogenitätstest	158
Kalibrierung / Validierungsparameter / Prüfwert XP	159
Kalibrierung / Nachweis- und Bestimmungsgrenzen	161
Kalibrierung / Nachweis- und Bestimmungsgrenzen / DIN 32645.....	162
Kalibrierung / Signifikanzniveau / Vertrauensbereich der Regressionskurve.....	165
Kalibrierung / Analysenrechnung.....	167
Kalibrierung / Analysenrechnung / Analysenrechnung mittels linearer Kalibrierfunktion.....	168
Kalibrierung / Analysenrechnung / Analysenrechnung mittels Kalibrierfunktion 2.Grades	169
Kalibrierung / Analysenrechnung / Analysenrechnung mittels der Sättigungsfunktion.....	171
Kalibrierung / Analysenrechnung / Analysenrechnung mittels Transformation	172
Kalibrierung / Analysenrechnung / Erwartungswert.....	173
Kalibrierung / Analysenrechnung / Wiederfindungsrate	174
Kalibrierung / (EU) 2021/808 / Validierung gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2021/808	175
Auswerteverfahren für den Messreihenvergleich - Gleichwertigkeit	177
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen	179
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / Mittelwert	180
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / Median	181
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / Schiefe.....	182
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / Spannweite	183
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / Standardabweichung	184
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / Variationskoeffizient.....	185
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / Wiederholbarkeit	186
Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / Vertrauensbereich	187

Messreihenvergleich / Statistische Kenngrößen / T - Faktor	188
Messreihenvergleich / Messunsicherheit / Erweiterte Unsicherheit.....	189
Messreihenvergleich / Tests auf Normalverteilung.....	190
Messreihenvergleich / Tests auf Normalverteilung / David	191
Messreihenvergleich / Tests auf Normalverteilung / Geary	192
Messreihenvergleich / Tests auf Normalverteilung / Kolmogoroff - Smirnov	193
Messreihenvergleich / Tests auf Normalverteilung / Chi - Quadrat	194
Messreihenvergleich / Trendtests	195
Messreihenvergleich / Trendtests / Neumann	196
Messreihenvergleich / Trendtests / Wallis-Moore	197
Messreihenvergleich / Trendtests / Cox-Stuart	198
Messreihenvergleich / Ausreißertests	199
Messreihenvergleich / Ausreißertests / 4 - Sigma	200
Messreihenvergleich / Ausreißertests / Grubbs	201
Messreihenvergleich / Ausreißertests / Dixon	202
Messreihenvergleich / Ausreißertests / Nalimov.....	203
Messreihenvergleich / Leerwertmethode / Schnellschätzung der DIN 32645.....	204
Messreihenvergleich / Signifikanzniveau / Signifikanz	205
Messreihenvergleich / Tests	206
Messreihenvergleich / Tests / F-Test zum Vergleich zweier Varianzen.....	207
Messreihenvergleich / Tests / t -Test zum Vergleich zweier Mittelwerte	208
Messreihenvergleich / Tests / t -Test zum Vergleich mit einem Sollwert.....	209
Messreihenvergleich / Tests / t -Test zum Vergleich mit einem Grenzwert.....	210
Messreihenvergleich / Tests / Wilcoxon - Test	211
Messreihenvergleich / Gleichwertigkeit / Berechnung der Gleichwertigkeit.....	213
Auswerteverfahren für die Standardaddition	220
Standardaddition / Kalibrierfunktionen	221
Standardaddition / Kalibrierfunktionen / Ermittlung der Aufstockkonzentrationen	222
Standardaddition / Kalibrierfunktionen / Herstellung der Standardlösungen	223
Standardaddition / Kalibrierfunktionen / Lineare Regressionsanalyse und Auswertung.....	224
Standardaddition / Systematische Abweichungen.....	226
Standardaddition / Systematische Abweichungen / Proportionale Abweichungen	227
Standardaddition / Systematische Abweichungen / F-Test - Vergleich der Varianzen	228
Standardaddition / Systematische Abweichungen / t -Test - Vergleich der Steigungen	229
Standardaddition / Wiederfindungsfunktion.....	230
Standardaddition / Wiederfindungsfunktion / Verfahrensschritte und Matrixeinfüsse	231
Standardaddition / Wiederfindungsfunktion / Kontrolle der Analysenpräzision - F-Test	233
Standardaddition / Wiederfindungsfunktion / Prüfung auf systematische Abweichungen.....	234
Standardaddition / Signifikanzniveau / Vertrauensbereich der Regressionskurve.....	235
Standardaddition / Nachweis- und Bestimmungsgrenzen.....	237
Standardaddition / Nachweis- und Bestimmungsgrenzen / DIN 32645	238
Auswerteverfahren für die Varianzanalyse.....	241

Varianzanalyse / Varianzanalysen / Statistisches Verfahren	242
Varianzanalyse / Einfache Varianzanalyse	243
Varianzanalyse / Einfache Varianzanalyse / Allgemeines mathematisches Modell	244
Varianzanalyse / Einfache Varianzanalyse / Modell mit systematischen Komponenten	245
Varianzanalyse / Einfache Varianzanalyse / Modell mit Zufallskomponenten	246
Varianzanalyse / Einfache Varianzanalyse / Auswertung der Messreihe	247
Varianzanalyse / Einfache Varianzanalyse / Bartlett -Test.....	250
Varianzanalyse / Doppelte Varianzanalyse	251
Varianzanalyse / Doppelte Varianzanalyse / Allgemeines mathematisches Modell	252
Varianzanalyse / Doppelte Varianzanalyse / Modell mit systematischen Komponenten	254
Varianzanalyse / Doppelte Varianzanalyse / Modell mit Zufallskomponenten	255
Varianzanalyse / Doppelte Varianzanalyse / Gemischtes Modell.....	256
Varianzanalyse / Doppelte Varianzanalyse / Auswertung der Messreihe	257
Varianzanalyse / Tests auf Normalverteilung	263
Varianzanalyse / Tests auf Normalverteilung / David	264
Varianzanalyse / Tests auf Normalverteilung / Geary	265
Varianzanalyse / Tests auf Normalverteilung / Kolmogoroff - Smirnov	266
Varianzanalyse / Tests auf Normalverteilung / Chi - Quadrat	267
Varianzanalyse / Trendtests	268
Varianzanalyse / Trendtests / Neumann.....	269
Varianzanalyse / Trendtests / Wallis-Moore.....	270
Varianzanalyse / Trendtests / Cox-Stuart.....	271
Varianzanalyse / Ausreißertests.....	272
Varianzanalyse / Ausreißertests / 4 - Sigma.....	273
Varianzanalyse / Ausreißertests / Grubbs.....	274
Varianzanalyse / Ausreißertests / Dixon	275
Varianzanalyse / Ausreißertests / Nalimov	276
Varianzanalyse / Signifikanzniveau / Signifikanz.....	277
Auswerteverfahren für den Ringversuch	278
Ringversuch / Statistische Kenngrößen	279
Ringversuch / Statistische Kenngrößen / Wiederholstandardabweichung	280
Ringversuch / Statistische Kenngrößen / Wiederholgrenze	281
Ringversuch / Statistische Kenngrößen / Vergleichsstandardabweichung.....	282
Ringversuch / Statistische Kenngrößen / Vergleichbarkeit.....	283
Ringversuch / Statistische Kenngrößen / Kenndaten der Labors.....	284
Ringversuch / Varianzenvergleich	285
Ringversuch / Varianzenvergleich / Bartlett	286
Ringversuch / Varianzenvergleich / Cochran	287
Ringversuch / Varianzenvergleich / Einfache Varianzanalyse.....	288
Ringversuch / Varianzenvergleich / Kruskal - Wallis	289
Ringversuch / Tests auf Normalverteilung	290
Ringversuch / Tests auf Normalverteilung / David	291
Ringversuch / Tests auf Normalverteilung / Geary	292
Ringversuch / Tests auf Normalverteilung / Kolmogoroff - Smirnov	293

Ringversuch / Tests auf Normalverteilung / Chi - Quadrat	294
Ringversuch / Trendtests	295
Ringversuch / Trendtests / Neumann	296
Ringversuch / Trendtests / Wallis-Moore	297
Ringversuch / Trendtests / Cox-Stuart	298
Ringversuch / Ausreißertests	299
Ringversuch / Ausreißertests / 4 - Sigma	300
Ringversuch / Ausreißertests / Grubbs	301
Ringversuch / Ausreißertests / Dixon	302
Ringversuch / Ausreißertests / Nalimov	303
Ringversuch / Signifikanzniveau / Signifikanz	304
Auswerteverfahren für Raqs	305
Raqs / Kartentyp	307
Raqs / Kartentyp / Urwertkarte	308
Raqs / Kartentyp / Mittelwertkarte	309
Raqs / Kartentyp / Blindwertkarte	310
Raqs / Kartentyp / Wiederfindungskarte	311
Raqs / Kartentyp / Differenzkarte	312
Raqs / Kartentyp / Cusumkarte	313
Raqs / Kartentyp / Relative Spannweitenkarte	314
Raqs / Kartentyp / Standardabweichungskarte	315
Raqs / Kartentyp / Relative Spannweiten-Mittelwertkarte	316
Raqs / Kartentyp / Standardabweichungs-Mittelwertkarte	317
Raqs / Kartentyp / Anzahl der Messwerte und Kartengrenzen	318
Raqs / Kartengrenzen	319
Raqs / Kartengrenzen / Grenzen woher	320
Raqs / Kartengrenzen / Grenzen wie	321
Raqs / Kartengrenzen / Grenzen Lagemaße	322
Raqs / Kartengrenzen / Grenzen Streumaße	323
Raqs / Kartengrenzen / Ausschluß - Spezifikationsgrenzen	324
Raqs / Auffällige Werte / Untersuchung auf Auffällige Werte	325
Raqs / Kartenvergleich / Vergleich der Regelkarten	326
Raqs / Prozeßfähigkeit / Prüfmittelfähigkeit	327
Raqs / Trendtests	328
Raqs / Trendtests / Neumann	329
Raqs / Trendtests / Wallis-Moore	330
Raqs / Trendtests / Cox-Stuart	331
Raqs / Signifikanzniveau / Signifikanz	332
Raqs / Graphische Darstellung	333
Raqs / Graphische Darstellung / Regelkarte	334
Raqs / Graphische Darstellung / Gauß-Verteilung	335
Raqs / Graphische Darstellung / Box-Whisker	336
Raqs / Graphische Darstellung / Kartenübersicht	337

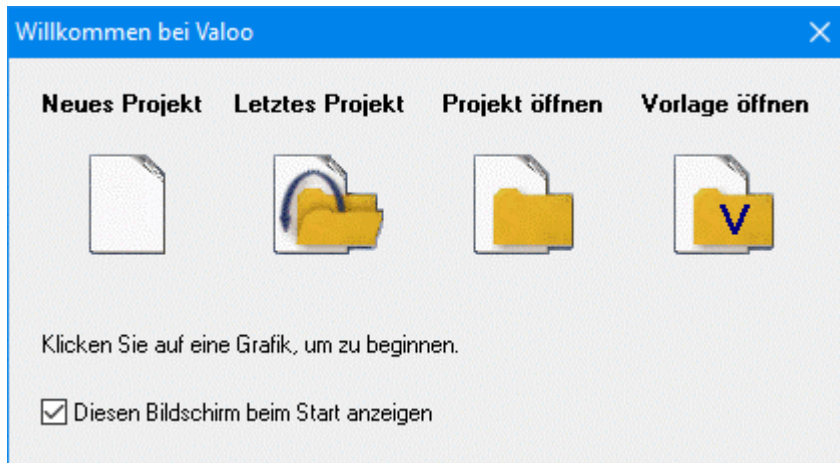
Tipps und Anleitungen	338
So erreichen Sie uns	339

Programmstart

Programmstart- Willkommen bei Valoo

Nach dem Start des Programms meldet sich die Anwendung mit einem Dialogfenster.

Klicken Sie auf eine der drei Grafiken, um zu beginnen.



Neues Projekt

Öffnet ein Fenster, um ein neues Statistikprojekt auszuwählen.

Letztes Projekt

Öffnet die von Ihnen zuletzt bearbeitete Datei.

Projekt öffnen

Öffnet ein Fenster, um eine vorhandene Datei auszuwählen.

Vorlage öffnen

Öffnet ein Fenster, um eine vorhandene Vorlage auszuwählen.

Diesen Bildschirm beim Start anzeigen

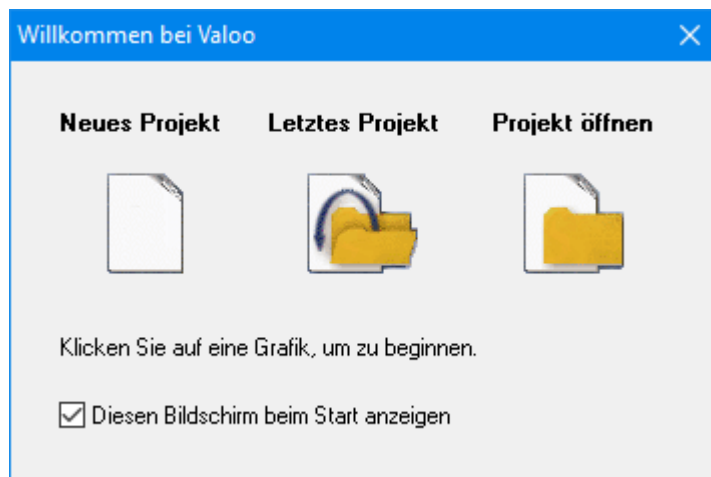
Wählen Sie hier aus, ob dieses Startfenster beim Programmstart angezeigt werden soll.

Diese Option ist ebenfalls über den Menüpunkt 'Optionen/Startbildschirm anzeigen' einstellbar.

Programmstart

Vorlage öffnen im Startbildschirm anzeigen

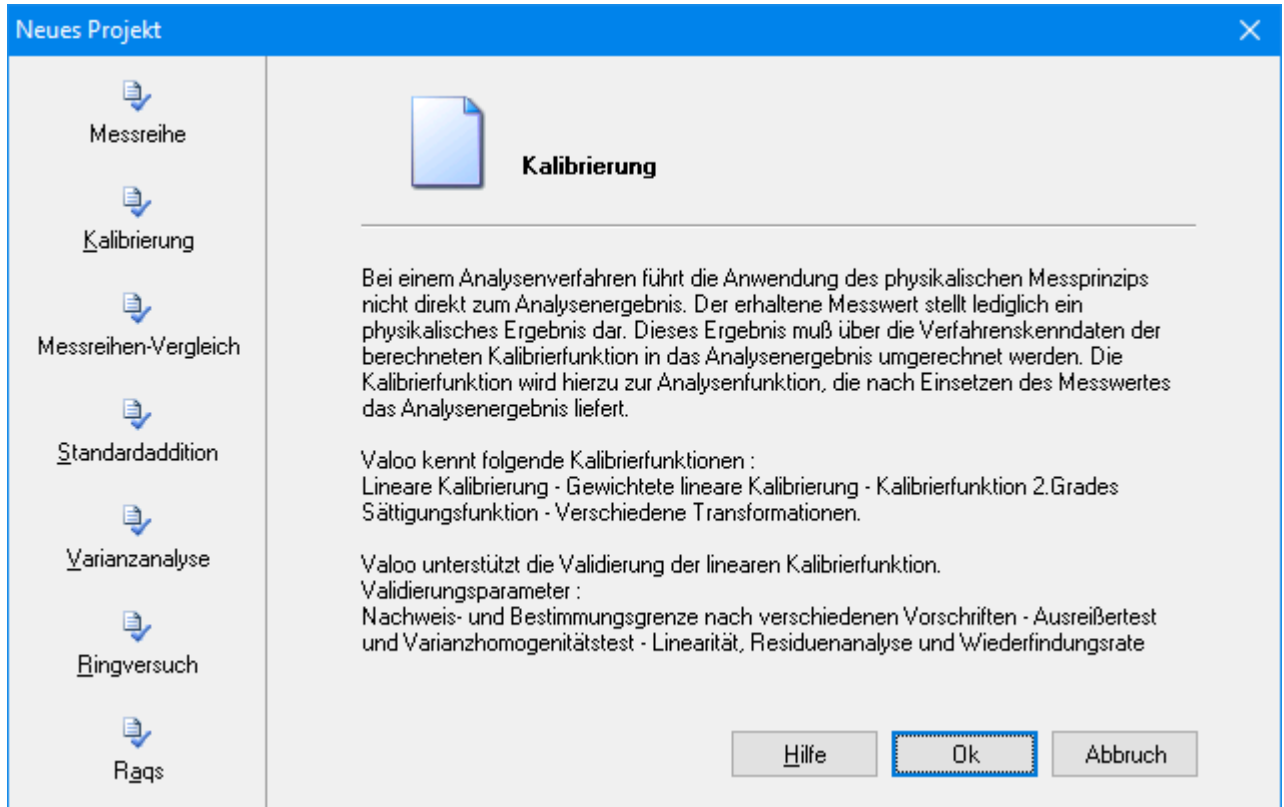
Ist in Valoo, bei den Optionen, der Punkt „Vorlage öffnen im Startbildschirm anzeigen“ nicht ausgewählt, erscheint folgender Startbildschirm.



Programmstart



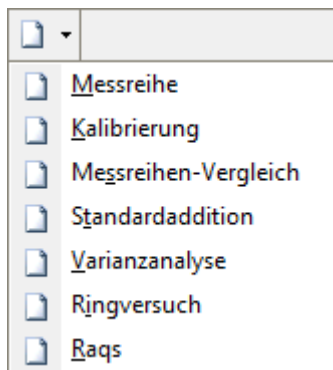
Programmstart - Neues Projekt auswählen



Wählen Sie aus der Liste ein Projekt aus, das Sie erstellen wollen.

Dieses Auswahlfenster kann auch über den Menüpunkt 'Datei /Neues Projekt/Neu' geöffnet werden.

Wollen Sie ein neues Projekt erstellen ohne vorher dieses Auswahlfenster anzuzeigen, können Sie ein neues Projekt direkt aus der Liste (Datei/Neues Projekt) auswählen.



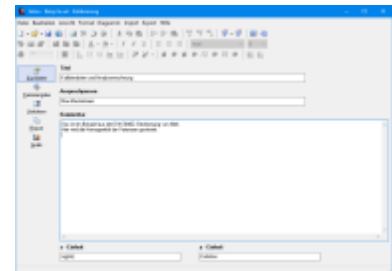
Übersicht der verschiedenen Ansichten

In Valoo gibt es 5 verschiedene Ansichten.

Diese werden auf den nächsten Seiten weiter beschrieben.

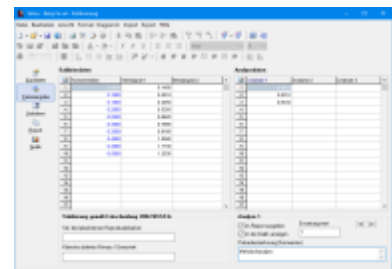
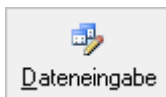
1. Kopfdaten

Allgemeine Informationen zum Projekt.



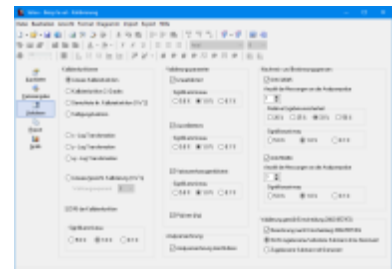
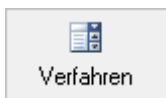
2. Dateneingabe

Eingabe der vorhandenen Messwerte.



3. Verfahren

Auswahl möglicher Auswerteverfahren.



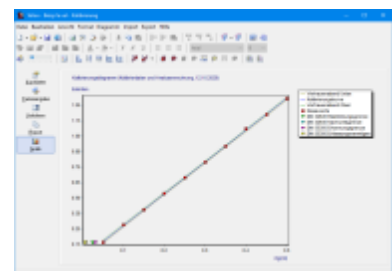
4. Report

Ausgabe der Ergebnisse als Text / Report.



5. Grafik

Darstellung der Ergebnisse als Diagramm.



Ansicht Kopfdaten

Übersicht der verschiedenen Ansichten - Kopfdaten

Valoo - Beisp1a.val - Kalibrierung

Datei Bearbeiten Ansicht Format Diagramm Import Export Hilfe

Kopfdaten

Titel
Kalibrierdaten und Analysenrechnung

Ansprechperson
Max Mustermann

Kommentar
Das ist ein Beispiel aus der DIN 38402. Bestimmung von Nitrit.
Hier wird die Homogenität der Varianzen getestet.

x - Einheit: mg/ml

y - Einheit: Extinction

Titel / Ansprechperson

Titel / Ansprechperson wird im Report ausgegeben. Titel auch Vorschau beim Öffnen von Dateien.

Kommentar

Der Kommentar wird im Report ausgegeben.

Einheit

Je nach Art des Projekts stehen verschiedene Eingabefelder zur Verfügung:

Messreihe:	Einheit, Einheit für Nachweis- und Bestimmungsgrenze
Kalibrierung:	x-Einheit, y-Einheit
Messreihenvergleich:	Einheit, Einheit für Nachweis- und Bestimmungsgrenze
Standardaddition:	x-Einheit, y-Einheit
Varianzanalyse:	Einheit
Ringversuch:	Einheit
Raqs:	Parameter, Methode, Einheit

Ansicht Kopfdaten

Ansicht verkleinern

Die Ansicht/Schriftgröße für die Kopfdaten verkleinern.



Ansicht zurücksetzen

Die Ansicht/Schriftgröße für die Kopfdaten auf den Standardwert zurücksetzen.
Der Standardwert kann bei den Optionen festgelegt werden.



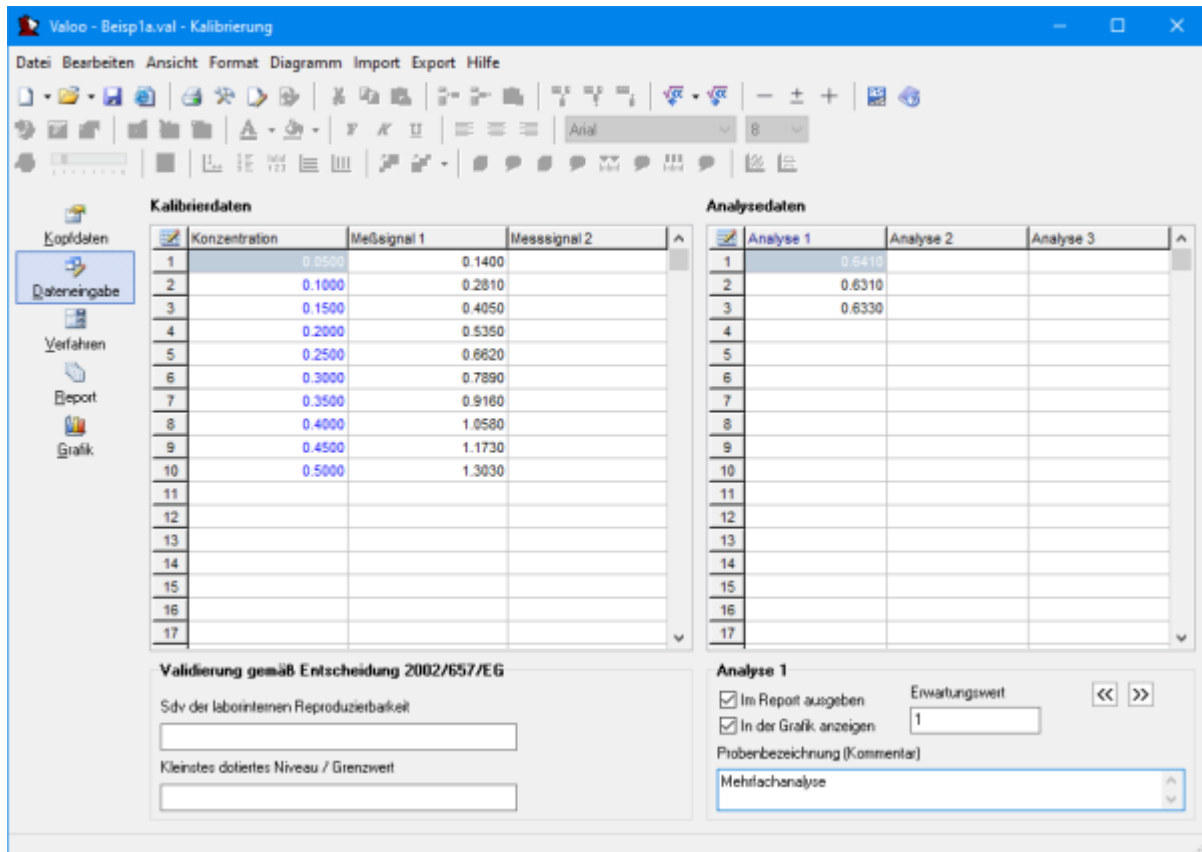
Ansicht vergrößern

Die Ansicht/Schriftgröße für die Kopfdaten vergrößern.



Ansicht Dateneingabe

Übersicht der verschiedenen Ansichten - Dateneingabe



Kopieren und Einfügen

Zusätzlich zur manuellen Eingabe stehen im Menü 'Bearbeiten' die Funktionen 'Ausschneiden', 'Kopieren' und 'Einfügen' zu Verfügung, oder benutzen Sie einen der entsprechenden Button. Mit 'Spalten + Titel kopieren' werden die markierten Spalten mit den entsprechenden Titeln der Spalten in die Zwischenablage kopiert, und können dann für andere Anwendungen benutzt werden.



Zeilen Einfügen und Löschen

Ebenfalls im Menü 'Bearbeiten' finden Sie die Funktionen zum Einfügen und löschen von Zeilen. Neue Zeilen wird immer vor der aktuellen Position eingefügt, die nachfolgenden Zeilen verschieben sich also nach unten. Beim Löschen verschieben sich nachfolgenden Zeilen entsprechen nach oben.

Die Funktion 'Kopierte Zeilen einfügen' fügt in der Zwischenablage vorhandene Daten ebenfalls vor der aktuellen Position ein. Hier die entsprechenden Button:



Spalten Einfügen und Löschen

Um Spalten einzufügen, anzuhängen oder zu löschen wählen die entsprechende Funktion im Menü.

Eine neue Spalte kann mit 'Spalte Einfügen' vor der aktuellen Position eingefügt werden. Um am Ende eine neue Spalte zu erstellen wählen Sie 'Spalte anfügen'.

Wählen Sie diese Funktionen im Menü 'Bearbeiten' oder benutzen Sie die entsprechenden Button. Die Funktionen für Spalten einfügen und Löschen stehen nicht in allen Projekttypen zur Verfügung.



Karten Einfügen und Löschen (Nur Raqs)

Um Karten einzufügen, anzuhängen oder zu löschen wählen die entsprechende Funktion im Menü

Eine neue Karte kann mit 'Karte Einfügen' vor der aktuellen Position eingefügt werden. Um am Ende eine neue Karte zu erstellen wählen Sie 'Karte anfügen'.

Wählen Sie diese Funktionen im Menü 'Bearbeiten' oder benutzen Sie die entsprechenden Button. Die Funktionen für Karten einfügen und Löschen steht nur im Projekttyp Raqs zur Verfügung.



Reihen Anhängen und Löschen (Nur Varianzanalyse)

Eine neue Reihe kann am Ende hinzugefügt werden. Gelöscht wird immer die letzte Reihe.

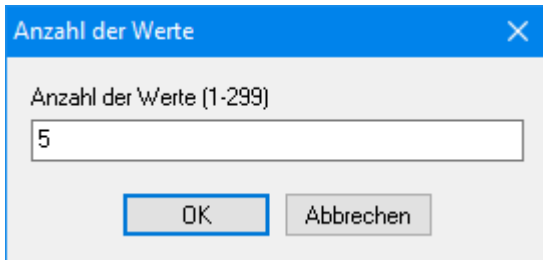
Wählen Sie diese Funktionen im Menü 'Bearbeiten' oder benutzen Sie die entsprechenden Button. Die Funktionen für Reihen stehen nur im Projekttyp Varianzanalyse zur Verfügung.



Ansicht Dateneingabe

Anzahl der Werte (Nur Raqs)

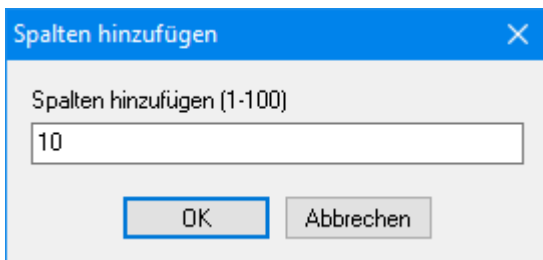
Im Projekt Raqs kann über 'Bearbeiten/Anzahl der Werte' die Zeilenzahl direkt angegeben werden. Wird die Anzahl der Zeilen verringert müssen eventuell vorhandene Daten zuerst gelöscht werden.



The screenshot shows a dialog box titled 'Anzahl der Werte' with a close button (X) in the top right corner. The main text inside the dialog is 'Anzahl der Werte (1-299)'. Below this text is a text input field containing the number '5'. At the bottom of the dialog, there are two buttons: 'OK' and 'Abbrechen'.

Spalten hinzufügen (Nur Raqs)

Im Projekt Raqs kann über 'Bearbeiten/Spalten hinzufügen' mehrere Spalten hinzugefügt werden. Die Anzahl kann von 1-100 ausgewählt werden.

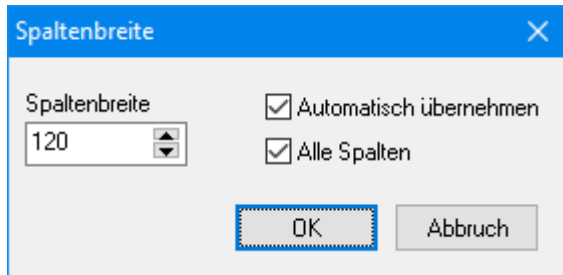


The screenshot shows a dialog box titled 'Spalten hinzufügen' with a close button (X) in the top right corner. The main text inside the dialog is 'Spalten hinzufügen (1-100)'. Below this text is a text input field containing the number '10'. At the bottom of the dialog, there are two buttons: 'OK' and 'Abbrechen'.

Ansicht Dateneingabe

Spaltenbreite einstellen

Neben der manuellen Änderung können Sie auch einen Wert für die Spaltenbreite eingeben. Wählen Sie diese Funktionen im Menü 'Format' oder benutzen Sie den entsprechenden Button.



Spaltenbreite

Geben Sie hier die gewünschte Breite für die ausgewählten Spalten ein.

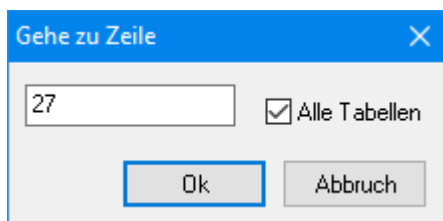
Automatisch übernehmen

Die Spaltenbreite wird automatisch angewendet, und Sie können sofort das Ergebnis überprüfen.

Alle Spalten

Die ausgewählte Spaltenbreite gilt für alle vorhandenen Spalten.

Gehe zu Zeile



Wählen Sie diese Funktionen im Menü 'Bearbeiten' um eine bestimmte Zeile auszuwählen.

Zeilennummer: Eingabe der Zeilennummer die in der Tabelle ausgewählt werden soll.

Alle Tabellen: Die Zeilennummer wird bei allen Tabellen (Alle Karten bei Raqs) ausgewählt.

Ansicht Dateneingabe

Ansicht verkleinern

Die Ansicht/Schriftgröße für die Dateneingabe verkleinern.



Ansicht zurücksetzen

Die Ansicht/Schriftgröße für die Dateneingabe (außer Zellen) auf den Standardwert zurücksetzen.
Der Standardwert kann bei den Optionen festgelegt werden.
Das Standardformat der Zellen kann separat festgelegt werden.



Ansicht vergrößern

Die Ansicht/Schriftgröße für die Dateneingabe vergrößern.



Zusätzliche Eingaben beim Projekttyp Kalibrierung

Kalibrierdaten

Geben Sie hier die Daten für die Kalibrierung ein, z.B. Konzentrationen (für die unabhängige Variable x) und Messsignale (für die abhängige Variable y). Es gibt Analysenverfahren, die einer Kalibrierung bedürfen, um Zusammenhänge zwischen den Messgrößen und den vorgegebenen Gehalten aufzufinden.

Analysendaten

Geben Sie hier die Messwerte der Analysenprobe ein. Aus dem Messwert (Informationswert) der Analyse einer unbekannten Probe wird über die Kalibrierfunktion die wahrscheinlichste Konzentration berechnet.

Erwartungswert

Geben Sie hier den Sollwert ein, den die Analysenberechnung liefern soll. Für jede Analyse kann ein eigener Erwartungswert festgelegt werden.

Probenbezeichnung

Hier können Sie eine beliebige Bezeichnung für die ausgewählte Analysenprobe eingeben.

Im Report ausgeben

Wählen Sie hier aus, ob die Ergebnisse der Analysenberechnung im Report ausgegeben werden. Dies kann für jede Analysenprobe getrennt festgelegt werden.

In der Grafik anzeigen

Wählen Sie hier aus, ob die Ergebnisse der Analysenberechnung in der Grafik angezeigt werden. Dies kann für jede Analysenprobe getrennt festgelegt werden.

Validierung gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2021/808

Wird unter Auswerteverfahren gewählt das die Berechnung gemäß der Durchführungsverordnung (EU) 2021/808 durchgeführt werden soll stehen folgende Eingabefelder zur Verfügung:

- SDV der laborinternen Reproduzierbarkeit
- Kleinstes dotierte Niveau

Zusätzliche Eingaben beim Projekttyp Messreihenvergleich

1. Messreihe

Geben Sie hier die Daten der 1. Messreihen ein.

2. Messreihe

Geben Sie hier die Daten der 2. Messreihen ein.

Voraussetzung ist, dass unter Auswerteverfahren die Option 'Tests / t-Test / F-Test zum Vergleich zweier Mittelwerte / Varianzen' ausgewählt wurde.

Bei diesem Test findet ein Vergleich zwischen der ersten und zweiten Messreihe statt.

Sollwert

Geben Sie hier den Sollwert ein, der mit der 1. Messreihe verglichen wird.

Voraussetzung ist, dass unter Auswerteverfahren die Option 'Tests / t-Test zum Vergleich mit einem Sollwert' ausgewählt wurde.

Grenzwert

Geben Sie hier den Grenzwert ein, der mit der 1. Messreihe verglichen wird.

Voraussetzung ist, dass unter Auswerteverfahren die Option 'Tests / t-Test zum Vergleich mit einem Grenzwert' ausgewählt wurde.

Zusätzliche Eingaben beim Projekttyp Standardaddition

Standardkalibrierung

Geben Sie hier die Daten für die Standardkalibrierung ein.

Aufstockkalibrierung

Geben Sie hier die Daten für die Aufstockkalibrierung ein.

Konzentrationen der Aufstockkalibrierung



Durch Auswahl dieses Buttons werden Vorschläge für die Konzentrationen der Aufstockkalibrierung berechnet.

Die Genauigkeit richtet sich nach der für die Konzentration der Aufstockkalibrierung eingestellten Nachkommastellen.

Dies wird eingestellt im Menüpunkt: 'Bearbeiten/Eigenschaften/Dezimalstellen'.

Achtung:

Vor der Berechnung der Konzentrationen der Aufstockkalibrierung muss vorher ein Wert im Feld 'Messwert' eingegeben werden.

Messwert

Mit Hilfe dieses Wertes werden die Vorschläge für die Aufstockkalibrierung berechnet.

Blindwert

Durch Einsetzen dieses Wertes in die Aufstockkalibrierung erhält man die Konzentration der realen Probe.

Wird hier nichts eingegeben, wird der Achsenabschnitt der Standardkalibrierung zur Berechnung herangezogen.

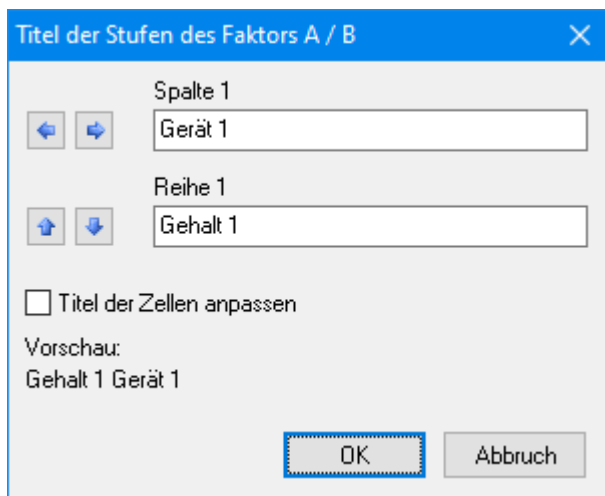
Dateneingabe / Zusätzliche Eingaben bei der Varianzanalyse

Zusätzliche Eingaben beim Projekttyp Varianzanalyse

Daten der Varianzanalyse

Geben Sie hier die Messwerte ein mit der denen Varianzanalyse durchgeführt wird.

Titel der Stufen des Faktors A / B



Spaltentitel / Reihentitel

Geben Sie hier einen Titel für die ausgewählte Spalte bzw. Reihe ein.



Anzeigen des Titels der vorherigen/nächsten Spalte.



Anzeigen des Titels der vorherigen/nächsten Reihe.

Titel der Zellen anpassen

Wählen Sie hier, ob die Titel der einzelnen Zellen an die Spalten und Reihen Titel angepasst werden sollen.

Der Titel der Zelle ergibt sich aus Spaltentitel plus Reihentitel.

Vorschau

Zeigt eine Vorschau auf den Titel der Zelle für die ausgewählte Spalte/Reihe an.

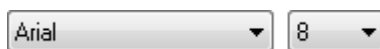
Dateneingabe - Formatierungen der Werte

Um den eingegebenen Werten eine Formatierung zuzuweisen, markieren Sie den gewünschten Bereich und wählen eine der folgenden Optionen:

Schriftart

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Format/Schriftart', um ein Dialogfenster zur Auswahl der Schriftart anzuzeigen.

Schriftart und Schriftgröße können auch direkt über folgende Auswahllisten zugewiesen werden:



Schriftstil

Die Schriftstile: Fett, Kursiv und Unterstrichen können ausgewählt werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Format/Schriftstil', oder durch folgenden Button:



Ausrichtung

Die Ausrichtung: Linksbündig, Zentriert und Rechtsbündig können ausgewählt werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Format/Ausrichtung', oder folgenden Button:



Schriftfarbe und Füllfarbe

Es steht eine Liste mit verschiedenen Farben zur Verfügung und weitere können definiert werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Format/Schriftfarbe bzw. Füllfarbe', oder folgenden Button:



Dateneingabe / Einstellungen für die Dateneingabe

Dateneingabe - Einstellungen für die Dateneingabe vornehmen

The screenshot shows a dialog box titled 'Eigenschaften' with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- Kartenname:** A text field containing 'Karte #1'.
- Titel:** A text field containing 'A 1'. Below it, there is a date picker showing '13.10.2021' and a button 'Gewähltes Datum als Titel einfügen'. To the right is a button 'Mehrere Titel aus Zwischenablage einfügen'. Below these is a checkbox 'An alle Titel die laufende Nr. der Spalte anhängen' and a button 'Einstellung für alle Spalten übernehmen' with a grid icon.
- Minimaler Wert / Maximaler Wert:** Two text fields. The left one is labeled 'Minimaler Wert' and contains '-999999999999.0000'. The right one is labeled 'Maximaler Wert' and contains '999999999999.0000'. Below each field is a button 'Einstellung für alle Spalten übernehmen' with a grid icon.
- Dezimalstellen:** A text field labeled 'Dezimalstellen' containing the number '4'. To its right is a checkbox 'Exponentiell' and a button 'Einstellung für alle Spalten übernehmen' with a grid icon.

At the bottom of the dialog, there is a tab bar with tabs labeled 'Spalte 1' through 'Spalte 9'. The 'Spalte 1' tab is selected. To the right of the tabs is a small icon with a grid and arrows. At the bottom right of the dialog are two buttons: 'OK' and 'Abbruch'.

Im Dialogfenster 'Eigenschaften' können Einstellungen für die Dateneingabe gemacht werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Bearbeiten/Eigenschaften', oder durch folgenden Button:



Kartenname

Kartenname für die aktuell ausgewählte Karte. (Nur Projekttyp Raqs)

Dateneingabe / Einstellungen für die Dateneingabe

Titel

Überschrift für die ausgewählte Spalte.

Mehrere Titel aus Zwischenablage einfügen

Sind in der Zwischenablage mehrere Titel vorhanden (z.B. aus Excel kopiert), können diese eingefügt werden. Eingefügt wird ab der aktuell ausgewählten Spalte.

Datum

Wählen Sie hier ein Datum aus, das in das Feld Titel eingefügt wird.

An alle Titel die laufende Nr. der Spalte anhängen

An jede Spalte wird zu dem eingegebenen Titel die laufende Nummer (1,2,3...) der Spalte angehängt.

Minimaler Wert

Minimaler Wert für die ausgewählte Spalte.

Bei Unterschreiten dieses Wertes wird die Eingabe von Valoo zurückgewiesen.

Maximaler Wert

Maximaler Wert für die ausgewählte Spalte.

Bei Überschreiten dieses Wertes wird die Eingabe von Valoo zurückgewiesen.

Dezimalstellen

Nachkommastellen für die ausgewählte Spalte.

Bei Eingabe von weniger Nachkommastellen wird der Wert gerundet.

Exponentiell

Die Darstellung der Werte erfolgt in exponentieller Schreibweise.

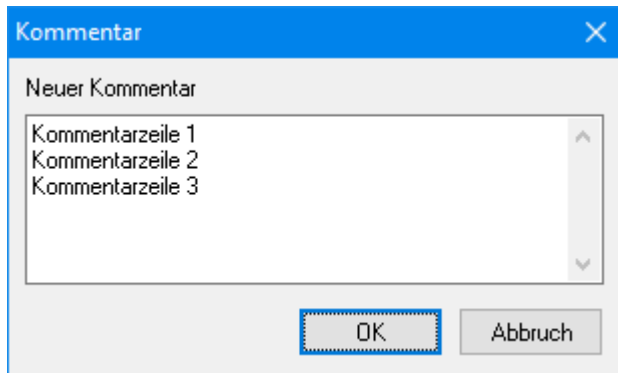
Einstellung für alle Spalten übernehmen

Die eingegebene Eigenschaft (z.B. Titel / Minimaler Wert, /Maximaler Wert, Dezimalstellen usw.) wird für alle Spalten übernommen.

Auswahl der Spalte

Auswahl der Spalte, der die eingegebenen Eigenschaften zugewiesen werden.

Dateneingabe - Kommentare erstellen und bearbeiten



Im Dialogfenster 'Kommentar' können Sie falls gewünscht einen Kommentar zu den einzelnen Messwerten eingeben.

Kommentare werden in der Statuszeile angezeigt.

Zusätzlich können die Kommentare wahlweise in den Zellen angezeigt werden.

Beim Drucken besteht die Möglichkeit auszuwählen ob zu den Daten die Kommentare ebenfalls mit ausgedruckt werden sollen oder nicht.

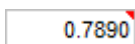
Aufruf des Dialogfensters durch Auswahl des Menüpunktes 'Kommentar/Bearbeiten', oder durch folgenden Button:



Neuer Kommentar

Geben Sie hier einen Kommentar für die ausgewählten Zellen ein.

Ist für eine Zelle ein Kommentar vorhanden wird dieses durch ein kleines rotes Dreieck oben rechts in der Zelle angezeigt:



Messwert zu Kommentar überführen

Falls ein Messwert nicht in die Berechnung einfließen soll, wird der Messwert gelöscht und dafür als Kommentar gespeichert. Bei Optionen kann festgelegt werden ob der im Kommentar dargestellte Messwert in Klammern dargestellt wird und ob die Schriftfarbe der Zelle in Rot geändert wird.

Kommentar für den markierten Bereich erstellen / bearbeiten

Um den Kommentar für bestimmte Zellen zu erstellen oder zu bearbeiten, markieren Sie diese Zellen und wählen den Menüpunkt 'Kommentar/Bearbeiten' oder benutzen folgenden Button:



Kommentar für den markierten Bereich löschen

Um den Kommentar für bestimmte Zellen zu löschen, markieren Sie diese Zellen und wählen den Menüpunkt 'Kommentar/Löschen' oder benutzen folgenden Button:



Kommentar für den markierten Bereich in der Zelle anzeigen / nicht anzeigen

Um den Kommentar für bestimmte Zellen in der Zelle anzuzeigen / nicht anzuzeigen, markieren Sie diese Zellen und wählen den Menüpunkt 'Kommentar/Anzeigen' oder benutzen folgenden Button:



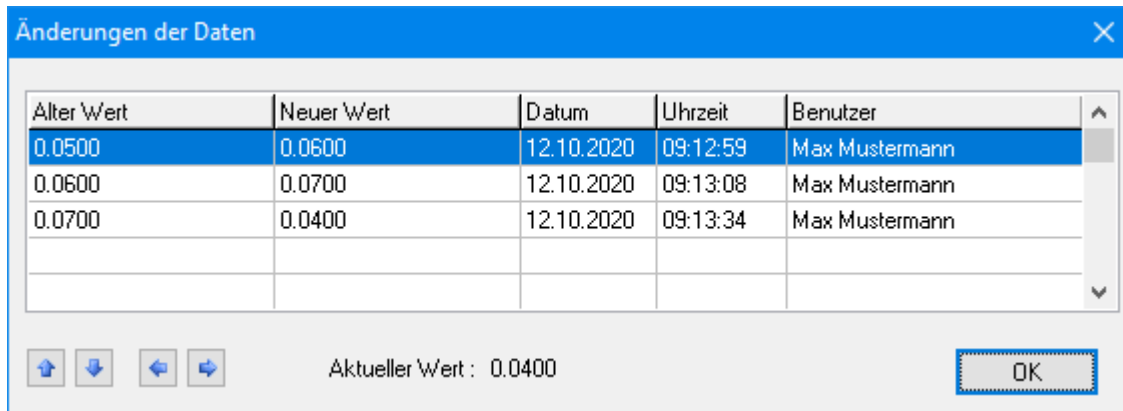
Um mehrzeilige Kommentare in der Zelle anzuzeigen empfiehlt es sich die Höhe der Zeile zu vergrößern.

Dazu ziehen Sie, bei gedrückter linker Maustaste, die Zeile (unterhalb der Zeilennummer) auf die gewünschte Größe.

	Konzentration	Meßsignal 1
1	Kommentarzeile 1 Kommentarzeile 2 Kommentarzeile 3 0.0500	0.1400
2	0.1000	0.2810
3	0.1500	0.4050
4	0.2000	0.5360

Dateneingabe / Änderungen der Daten

Dateneingabe - Nachverfolgung von Änderungen der Daten



Alter Wert	Neuer Wert	Datum	Uhrzeit	Benutzer
0.0500	0.0600	12.10.2020	09:12:59	Max Mustermann
0.0600	0.0700	12.10.2020	09:13:08	Max Mustermann
0.0700	0.0400	12.10.2020	09:13:34	Max Mustermann

Aktueller Wert : 0.0400

OK

Im Fenster 'Änderungen der Daten' können Änderungen der eingegebenen Werte verfolgt werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Format/Änderungen', oder durch folgenden Button:



Alter Wert, Neuer Wert, Datum, Uhrzeit und Benutzer

Zeigen Informationen zu dem aktuell ausgewählten Wert an.

Gibt es mehrere Änderungen für diesem Wert, enthält die Tabelle mehrere Einträge.

Aktueller Wert

Zeigt den aktuell ausgewählten Wert in der Dateneingabe an.

Um zum Wert der vorherigen/nächsten Spalte/Zeile zu wechseln benutzen Sie einen der Pfeiltasten:

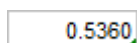


Hinweis zum Feld Benutzer

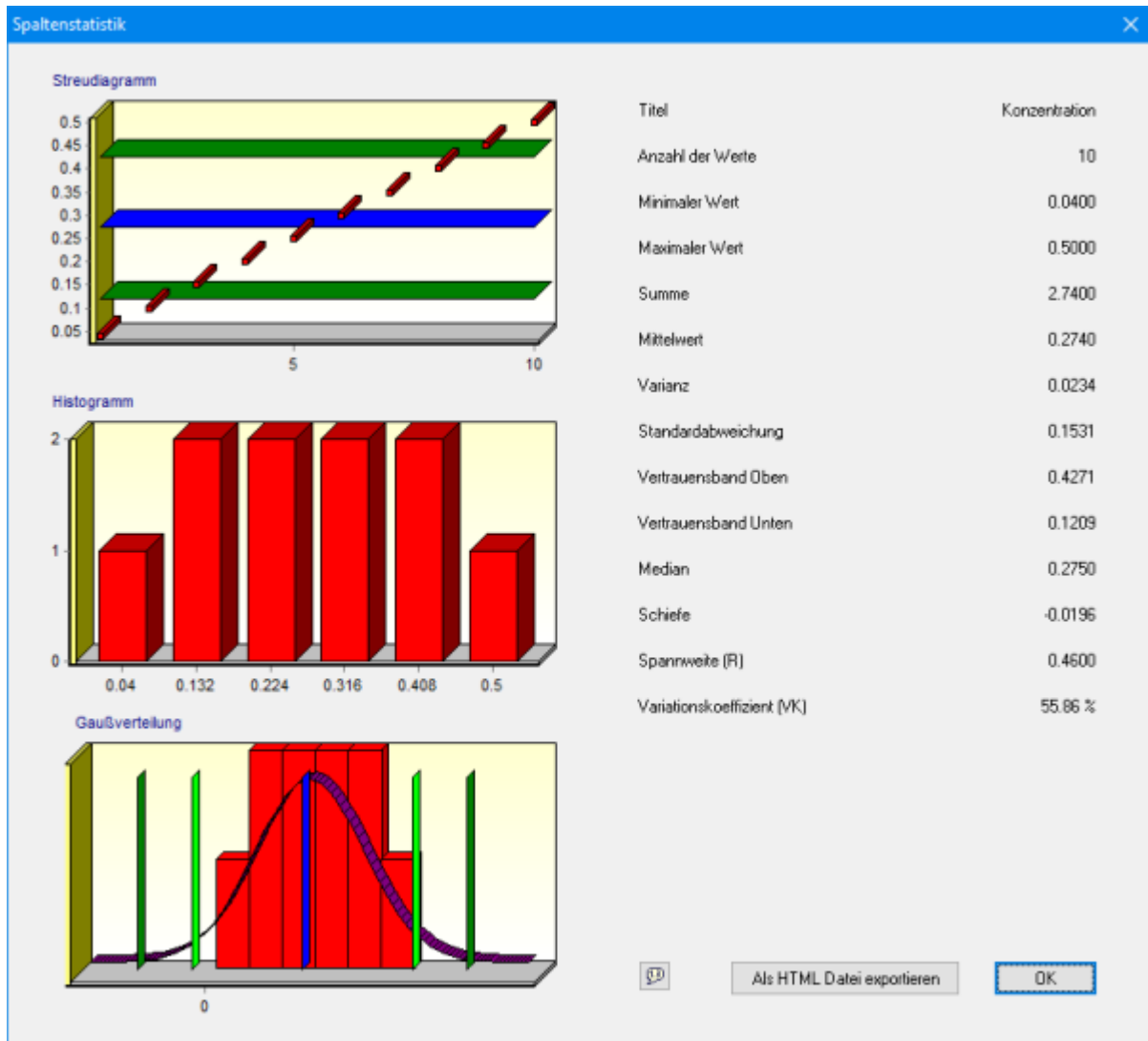
Der Benutzername wird im Dialogfenster 'Optionen' eingetragen.

Ist dort nichts eingetragen wird als Benutzer 'Unbekannt' angegeben.

Liegt für eine Zelle ein Änderung vor wird dieses durch ein kleines grünes Dreieck unten rechts in der Zelle angezeigt:



Dateneingabe - Anzeige der Spaltenstatistik



Im Fenster 'Spaltenstatistik' können statistische Informationen zu jeder aktuell ausgewählten Spalte ausgegeben werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Bearbeiten/Spaltenstatistik', durch Doppelklick in der Spalte oder durch folgenden Button:



Angezeigt werden:

- Titel der Spalte
- Anzahl der Messwerte
- Minimaler Wert
- Maximaler Wert
- Summe
- Mittelwert
- Varianz
- Standardabweichung
- Vertrauensband Oben
- Vertrauensband Unten
- Median
- Schiefe
- Spannweite
- Variationskoeffizient

Grafische Darstellung:

- Streudiagramm
- Histogramm
- Gaußverteilung

Zum Anzeigen der Beschriftung der Messwerte in der Grafik benutzen Sie folgenden Button:



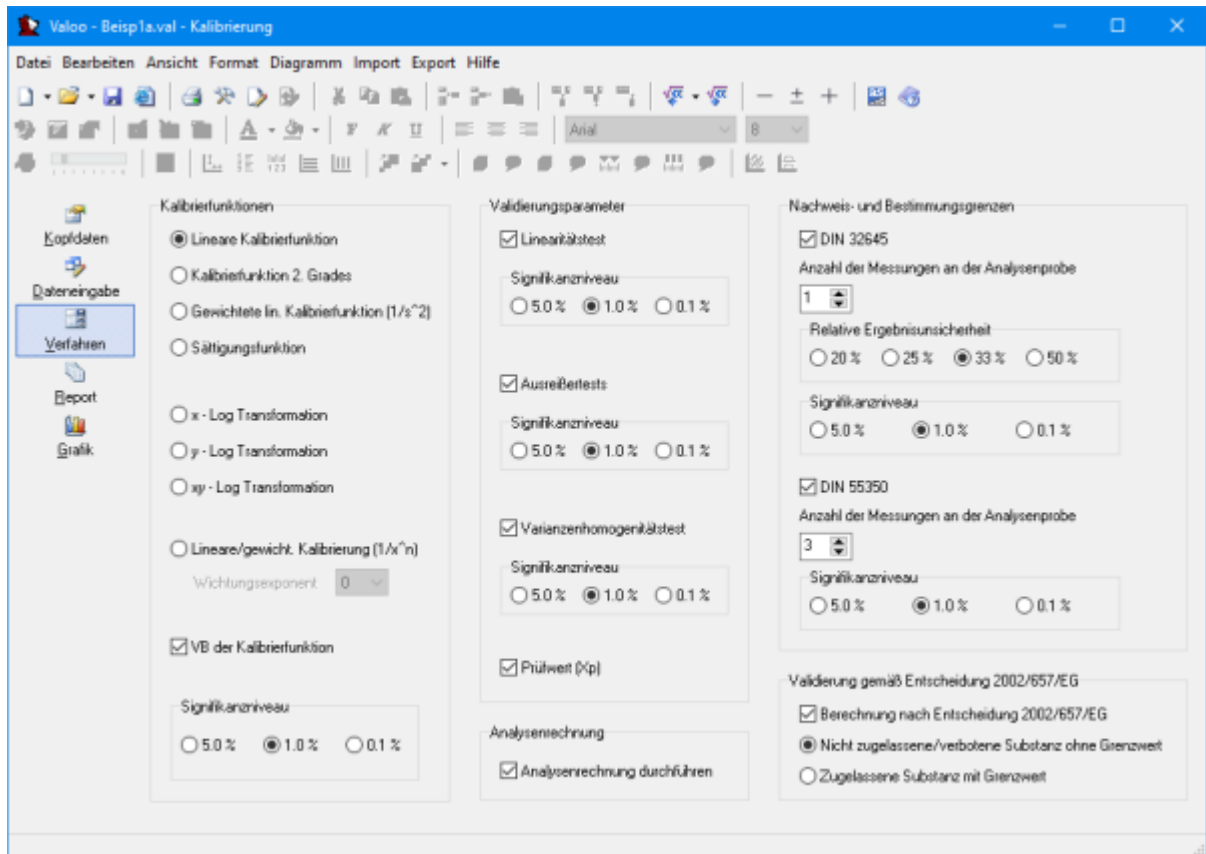
Als HTML-Datei exportieren

Die Spaltenstatistik kann als HTML-Datei exportiert werden.

Es werden die Messwerte, die Grafiken und die Statistische Kenngrößen gespeichert.

Ansicht Verfahren

Übersicht der verschiedenen Ansichten - Verfahren



Hier legen Sie fest, was mit Ihren Daten passieren soll.

Jeder Block hat ein eigenes Signifikanzniveau.

Das hat folgende Bewandtnis:

Die Blöcke sind bei verschiedenen Signifikanzniveaus unterschiedlich aussagekräftig.

Z.B. können die Trendtests mit dem Signifikanzniveau von 5% besser arbeiten und die Ausreißertests mit 1%.

Die Auswerteverfahren können ausgedruckt werden.

Die Auswerteverfahren können gespeichert und geladen werden.

Ansicht Verfahren

Ansicht verkleinern

Die Ansicht/Schriftgröße für die Auswerteverfahren verkleinern.



Ansicht zurücksetzen

Die Ansicht/Schriftgröße für die Auswerteverfahren auf den Standardwert zurücksetzen.
Der Standardwert kann bei den Optionen festgelegt werden.

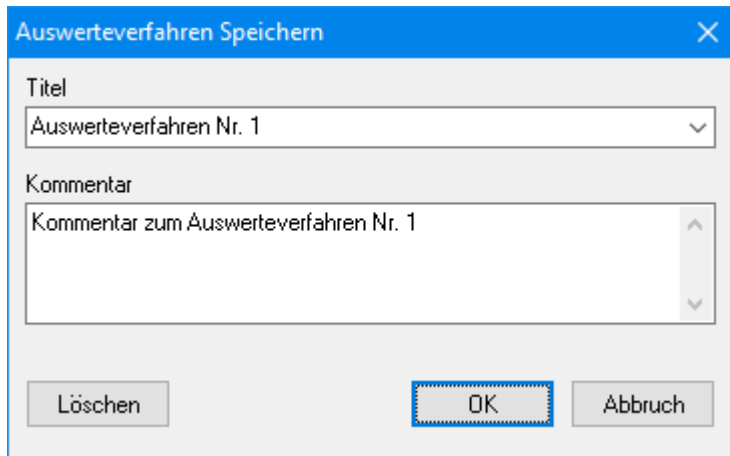


Ansicht vergrößern

Die Ansicht/Schriftgröße für die Auswerteverfahren vergrößern.



Ausgewählte Auswerteverfahren speichern



Im Dialogfenster 'Auswerteverfahren Speichern' können alle Einstellungen und Eingaben die auf der Seite Verfahren gemacht wurden gespeichert werden.

Dies kann nützlich sein um später schnell zwischen verschiedenen Einstellungen zu wechseln oder um die gespeicherten Auswerteverfahren für ein anderes Projekt zu verwenden.

Anzeigen dieses Dialogfensters durch Auswahl des Menüpunktes 'Export/Auswerteverfahren', oder durch folgenden Button:



Titel

Geben Sie hier einen beliebigen Titel ein, unter den die aktuell ausgewählten Einstellungen gespeichert werden.

Kommentar

Falls gewünscht, geben Sie hier einen Kommentar zu dem Titel ein.

Löschen

Hier können Sie den aktuell ausgewählten Eintrag löschen.

Hinweis

Unter dem Titel 'Standard' gespeicherten Auswerteverfahren werden für neue Projekte verwendet.

Verfahren / Auswerteverfahren laden



Ausgewählte Auswerteverfahren laden

Im Dialogfenster 'Auswerteverfahren Laden' können Auswerteverfahren geladen werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Import/Auswerteverfahren', oder durch folgenden Button:



Titel

Wählen Sie hier die Auswerteverfahren aus, die Sie für das aktuelle Projekt verwenden wollen.

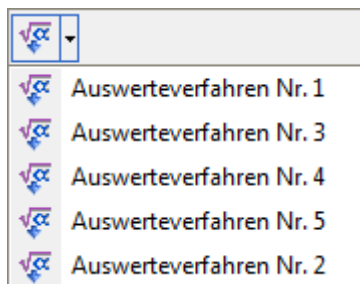
Kommentar

Hier wird, falls vorhanden, der Kommentar zu dem ausgewähltem Titel angezeigt.

Übernehmen / Automatisch übernehmen

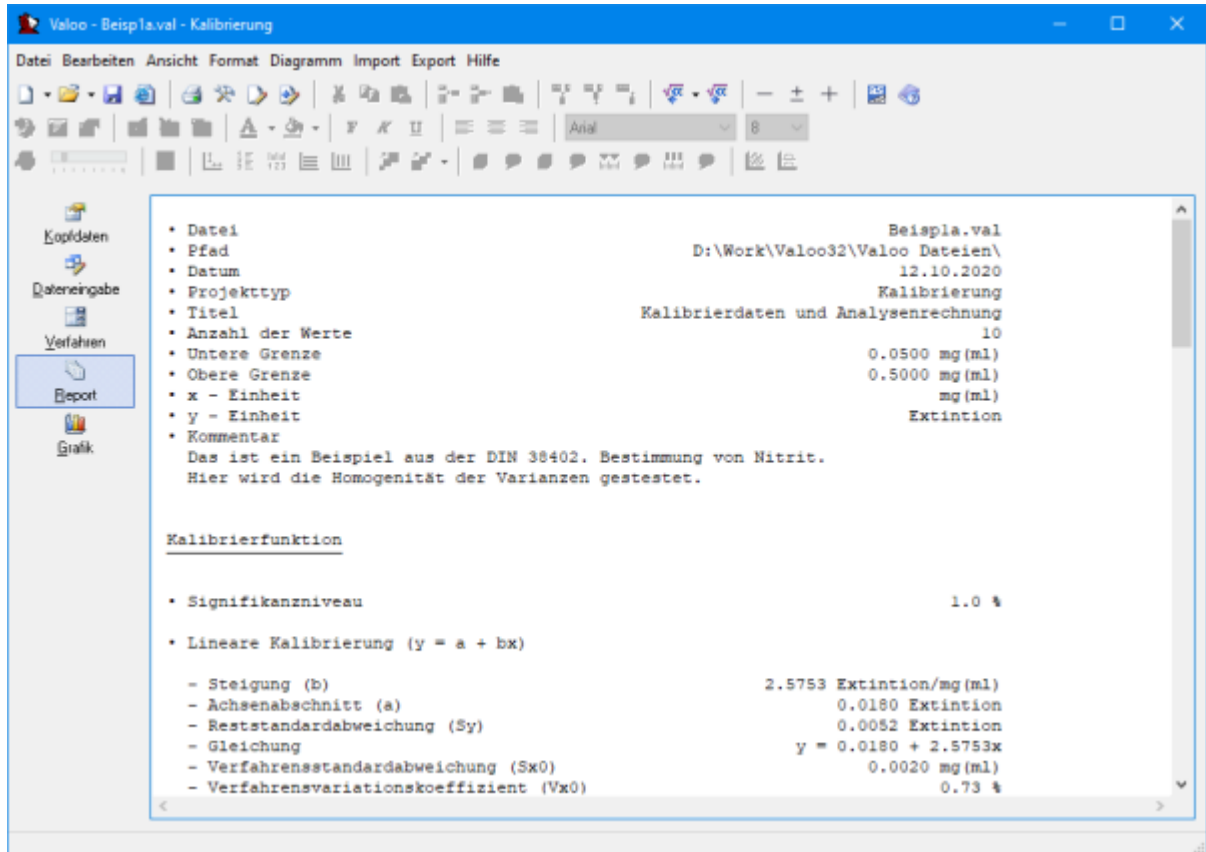
Die Auswerteverfahren werden nach der Auswahl eines Titels (automatisch) angewendet.

Die letzten 5 ausgewählten Verfahren sind über folgenden Button direkt erreichbar:



Ansicht Report

Übersicht der verschiedenen Ansichten - Report



Die Ergebnisse der Berechnungen werden im Report ausgegeben.

Folgende Daten werden zusätzlich im Report ausgegeben:

- Dateiname
- Pfad der Datei
- Datum
- Projekttyp
- Titel
- Kommentar
- Einheit
- Anzahl der Werte

Der Report kann naturgemäß ausgedruckt und als HTML-, Word- oder Text-Datei exportiert werden.

Außerdem kann der Report in die Zwischenablage kopiert und somit anderen Programmen zur Verfügung gestellt werden.

Ansicht Report

Ansicht verkleinern

Die Ansicht/Schriftgröße für den Report verkleinern.



Ansicht zurücksetzen

Die Ansicht/Schriftgröße für den Report auf den Standardwert zurücksetzen.
Der Standardwert kann bei den Optionen festgelegt werden.



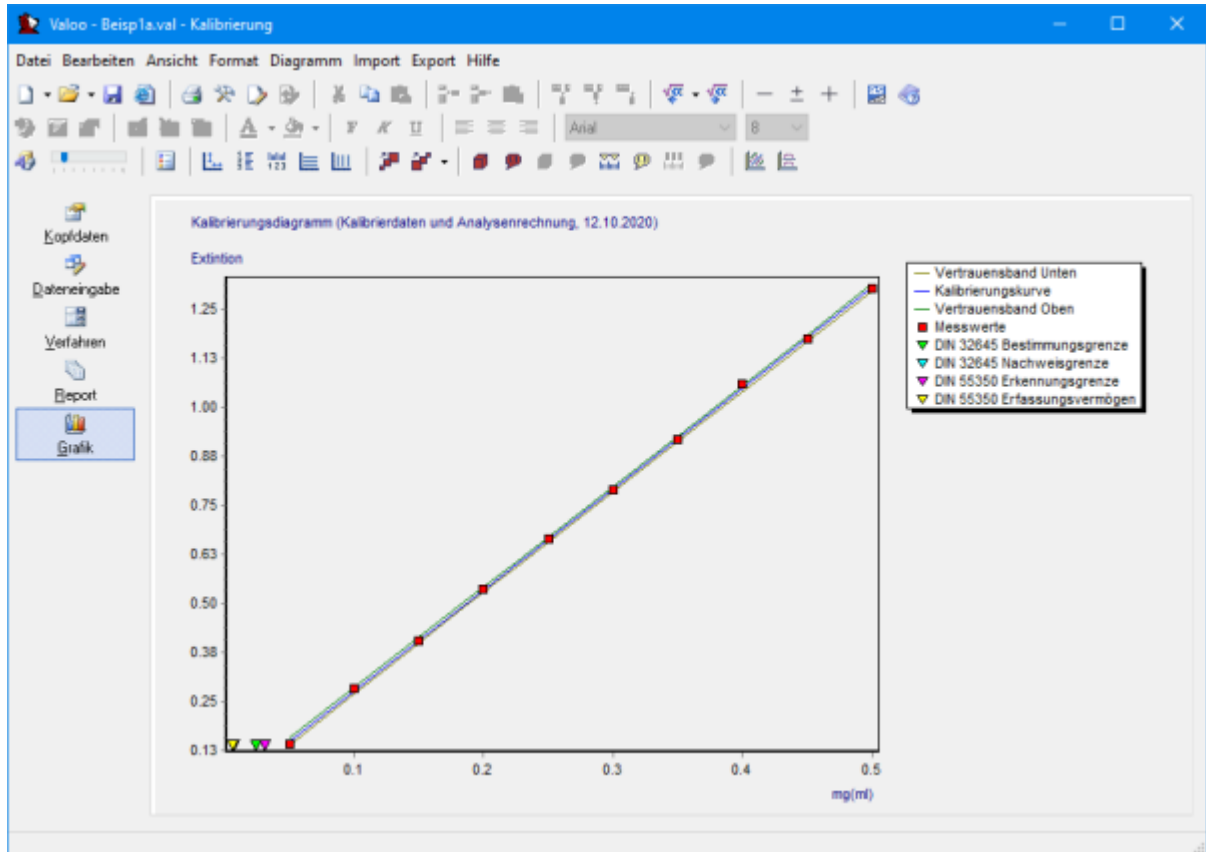
Ansicht vergrößern

Die Ansicht/Schriftgröße für den Report vergrößern.



Ansicht Grafik

Übersicht der verschiedenen Ansichten - Grafik



Darstellung der Diagramme

Zum Vergrößern des Diagramms halten Sie die linke Maustaste gedrückt und markieren den gewünschten Bereich von links oben nach rechts unten.

Um das Diagramm zu verschieben halten Sie die rechte Maustaste gedrückt und ziehen es an die gewünschte Position.

Um die Standardansicht wiederherzustellen halten Sie die linke Maustaste gedrückt und markieren einen beliebigen Bereich von rechts nach links.

Das Vergrößern und verschieben ist nur möglich falls diese Option aktiviert ist (Optionen/Zoomen und Scrollen zulassen).

3D Ansicht

Über den Menüpunkt 'Diagramm/3D Ansicht' kann die 3 Dimensionale Ansicht des Diagramms an und ausgeschaltet bzw. verändert werden.



Ansicht Grafik



Legende

Über den Menüpunkt 'Diagramm/Legende' kann die Legende ein oder ausgeschaltet werden.



Y - Achse / X - Achse

Über den Menüpunkt 'Diagramm/y - Achse bzw. X - Achse' kann die Darstellung der beiden Achsen ein oder ausgeschaltet werden.



Horizontale / Vertikale Linien

Über den Menüpunkt 'Diagramm/Horizontale Linien bzw. Vertikale Linien' kann die Anzeige der Linien ein oder ausgeschaltet werden.



Achseneinteilung

Über den Menüpunkt 'Diagramm/Achseneinteilung' kann das Minimum und Maximum der Achseneinteilung festgelegt werden.



Geben Sie hier den kleinsten bzw. größten Wert für die X- und Y Achse ein.

Mit 'Standard' wird die Achseneinteilung wieder auf die Standardeinstellung zurückgesetzt.

Ansicht Grafik



Darstellung der Messwerte

Über den Menüpunkt 'Diagramm/Darstellung' kann die grafische Darstellung der Messwerte vergrößert oder verkleinert werden.



Außerdem kann die Darstellungsform ausgewählt werden.



Anzeige und Beschriftung der Messwerte

Über den Menüpunkt 'Diagramm/Anzeigen bzw. Beschriftung' kann die Anzeige der Messwerte ein oder ausgeschaltet werden. Gleiches gilt für die Beschriftung der Messwerte.



Anzeige und Beschriftung anderer Werte und Grenzen

Über den Menüpunkt 'Diagramm/Anzeigen bzw. Beschriftung' kann die Anzeige anderer Werte und Grenzen ein oder ausgeschaltet werden. Gleiches gilt für deren Beschriftung.

Je nach Projekttyp unterscheiden sich diese Werte und Grenzen.



Grafik der vorherige bzw. nächsten Zelle (Nur Varianzanalyse und Ringversuch)

Mit dieser Funktion können Sie zur Grafik der vorherigen bzw. nächsten Zelle wechseln.

Außerdem können Sie eine Grafik mit den Messwerten aller Zellen anzeigen.



Diese Funktion steht nur bei dem Projekttyp Varianzanalyse und Ringversuch zur Verfügung.

Grafik - Zusatzinformationen für den Projekttyp Raqs

Anzeige und Beschriftung der Grenzen

Über den Menüpunkt 'Diagramm/Anzeigen bzw. Beschriftung' kann die Anzeige der Grenzen ein oder ausgeschaltet werden. Gleiches gilt für deren Beschriftung.

Die Kontrollgrenzen, Warngrenzen, Ausschlußgrenzen und Spezifikationsgrenzen können einzeln an oder ausgeschaltet werden.



Auffällige Werte

In der Regelkarte werden die auffälligen Werte durch besondere Farben und Symbole dargestellt. Im Dialogfenster 'Auffällige Werte' können die Farben und Symbole ausgewählt werden. Aufruf durch den Menüpunkt 'Diagramm/Auffällige Werte' oder folgenden Button:



Auffällige Werte		
Fünf steigend	Kreuz	
Fünf fallend	Kreis	
Sieben steigend	Dreieck nach oben	
Sieben fallend	Kreuz	
Fünf oberhalb	Diagonales Kreuz	
Fünf unterhalb	Stern	
Sieben oberhalb	Raute	
Sieben unterhalb	Kleiner Punkt	
Außerhalb Karte	Rechteck	
1/3 außerhalb	Kreis	
2 v.3 außerhalb	Dreieck nach oben	
10 v.11 außerhalb	Dreieck nach unten	
Ausschlußgrenzen	Stern	
Spezifikationsgrenzen	Raute	

☒ Ausführliche Beschriftung
☒ Beschriftung bei Mausbewegung

OK

Abbruch



Auswahl des Symbols und der Farbe für auffällige Werte

Sie können für jede 'Art' der Auffälligen Werte ein eigenes Symbol aus der Liste auswählen.



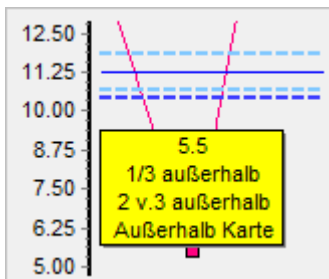
Über den entsprechenden Button gelangen Sie zur Farbauswahl.

Ausführliche Beschriftung

Bestimmt ob in der Beschriftung zu den Auffälligen Werten zusätzlicher Text ausgegeben wird.

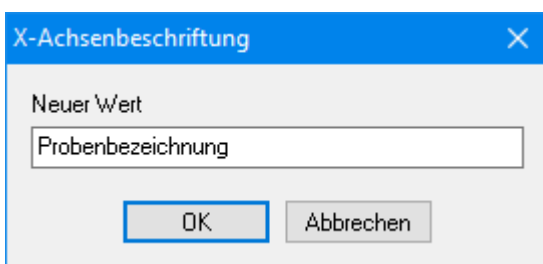
Beschriftung bei Mausbewegung

Bestimmt ob Beschriftungen automatisch angezeigt wird wenn der Mauszeiger darüber bewegt wird.



X - Achsenbeschriftung

Über den Menüpunkt 'Diagramm/X - Achsenbeschriftung' kann für die Beschriftung der X - Achse eine eigene Bezeichnung gewählt werden.



Verschiedene Diagrammtypen

Je nach Projekttyp stehen verschiedene Diagramme zur Verfügung.

Über den Menüpunkt 'Diagramm' oder entsprechend Button können diese ausgewählt werden.

Ausgewählte Diagramme können ausgedruckt werden.

Über die Zwischenablage (Kopieren) können die Diagramme in anderen Anwendungen eingefügt und dort weiter verwendet werden.

Diagramme können als Bitmap-Datei und Windows Meta-Datei exportiert werden.

Diagramme bei Messreihen

- Streudiagramm
- Histogramm
- Kumulierte Häufigkeitsverteilung
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Wahrscheinlichkeitsnetz



Diagramme bei der Kalibrierung

- Kalibrierungsdiagramm
- Residualanalyse



Diagramme beim Messreihenvergleich

- Streudiagramm
- Histogramm
- Kumulierte Häufigkeitsverteilung
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Wahrscheinlichkeitsnetz
- Orthogonal Regression



Diagramme bei der Standardaddition

- Kalibrierungsdiagramm
- Residualanalyse
- Wiederfindungsfunktion



Diagramme bei der Varianzanalyse

- Streudiagramm
- Histogramm
- Kumulierte Häufigkeitsverteilung
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Wahrscheinlichkeitsnetz



Diagramme beim Ringversuch

- Streudiagramm
- Histogramm
- Kumulierte Häufigkeitsverteilung
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Wahrscheinlichkeitsnetz



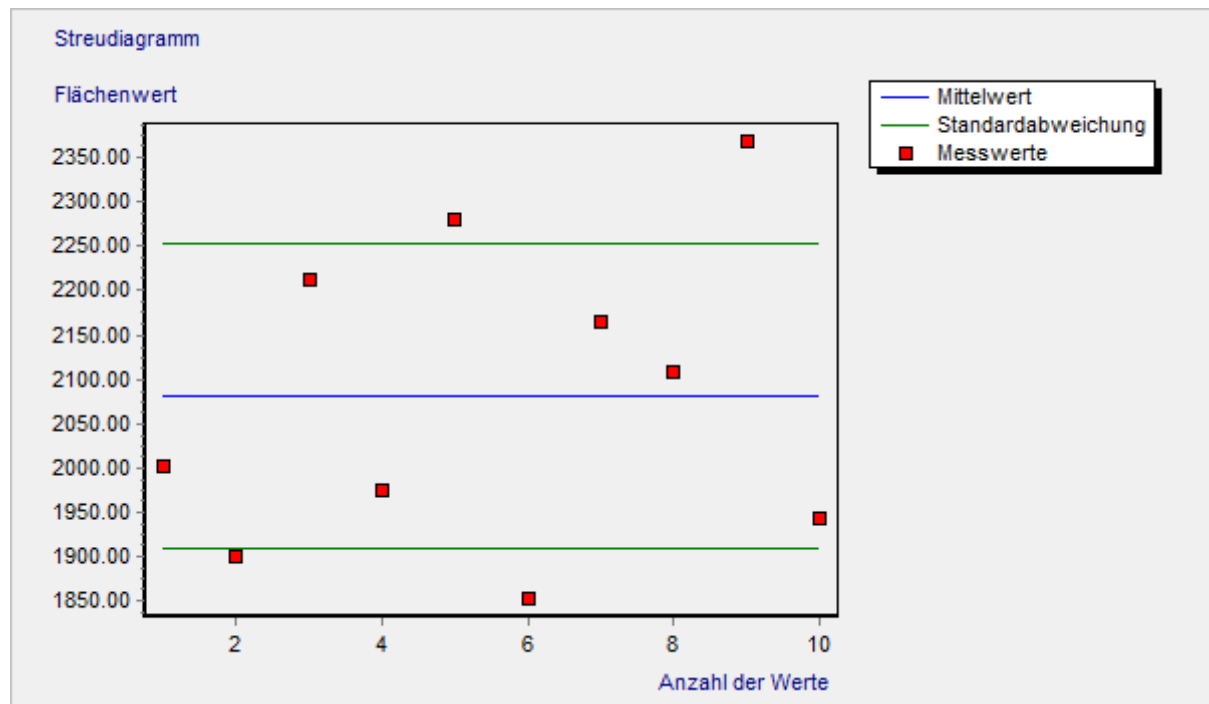
Diagramme bei Raqs

- Regelkarte
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Kartenübersicht

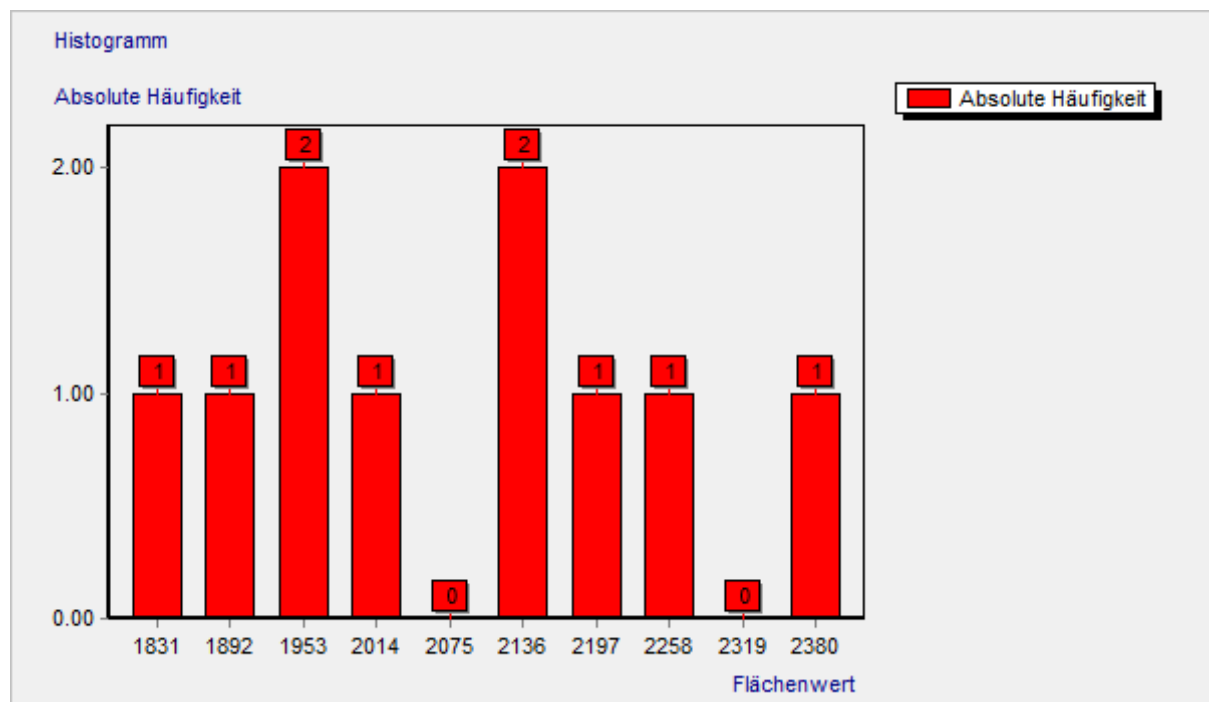


Diagrammtypen bei der Messreihe

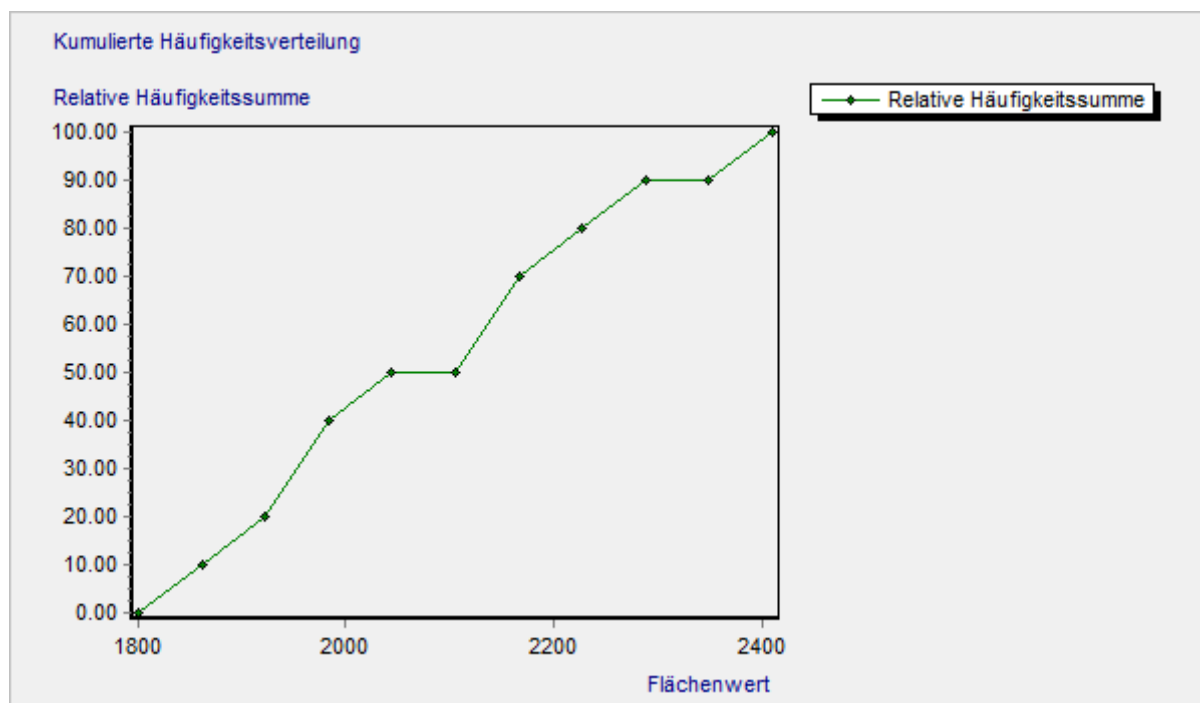
Streudiagramm



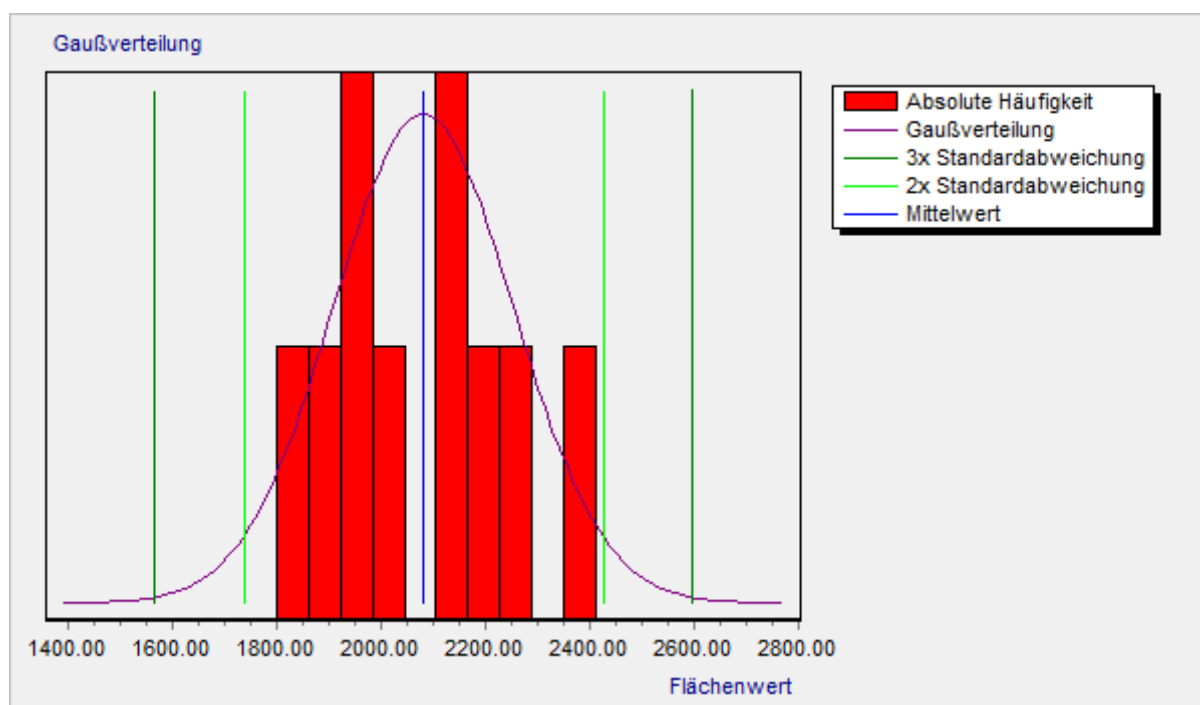
Histogramm



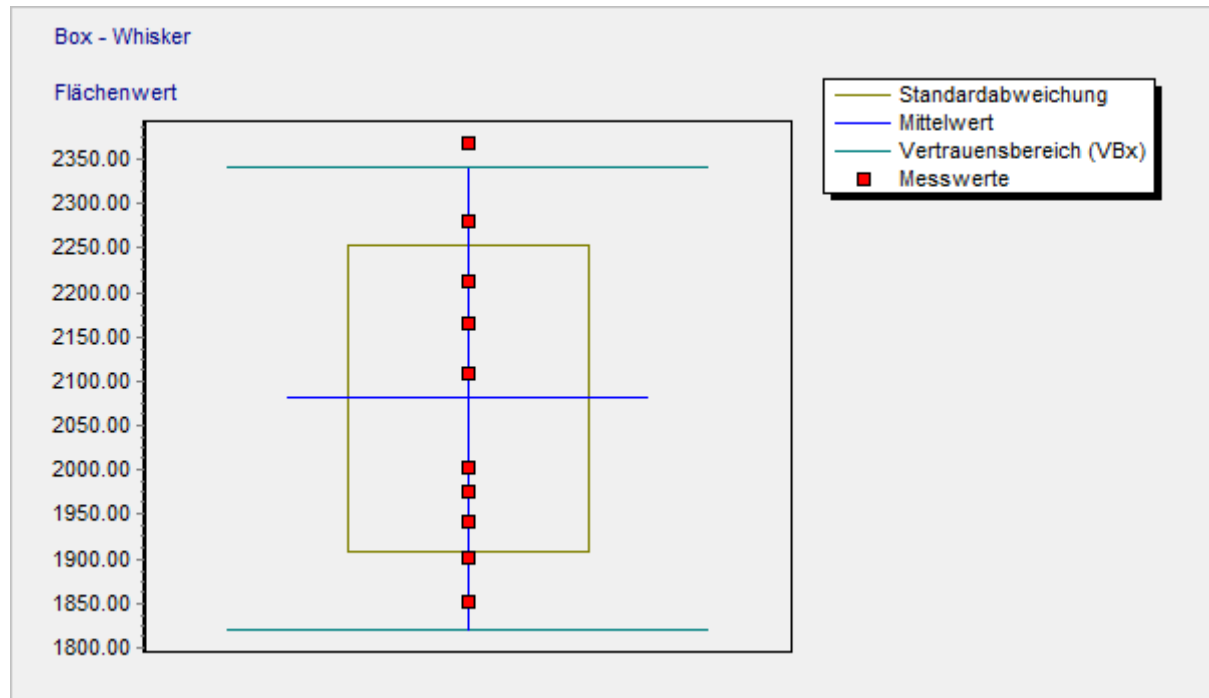
Kumulierte Häufigkeitsverteilung



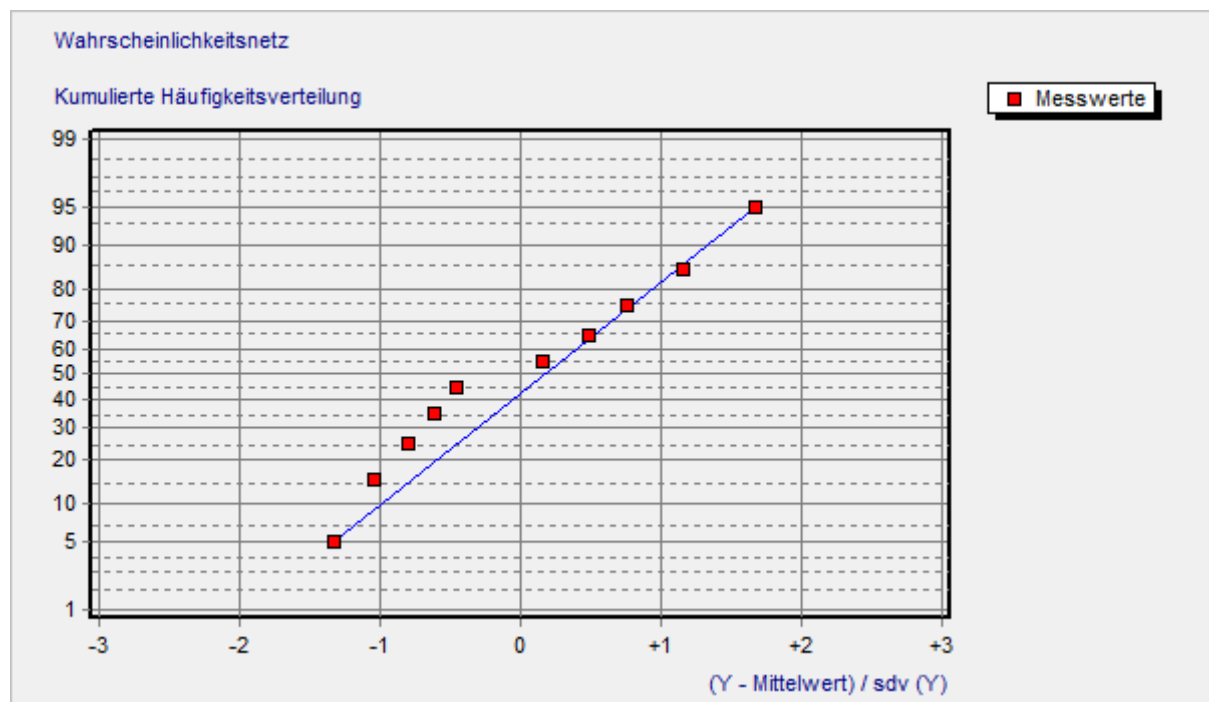
Gauß-Verteilung



Box-Whisker

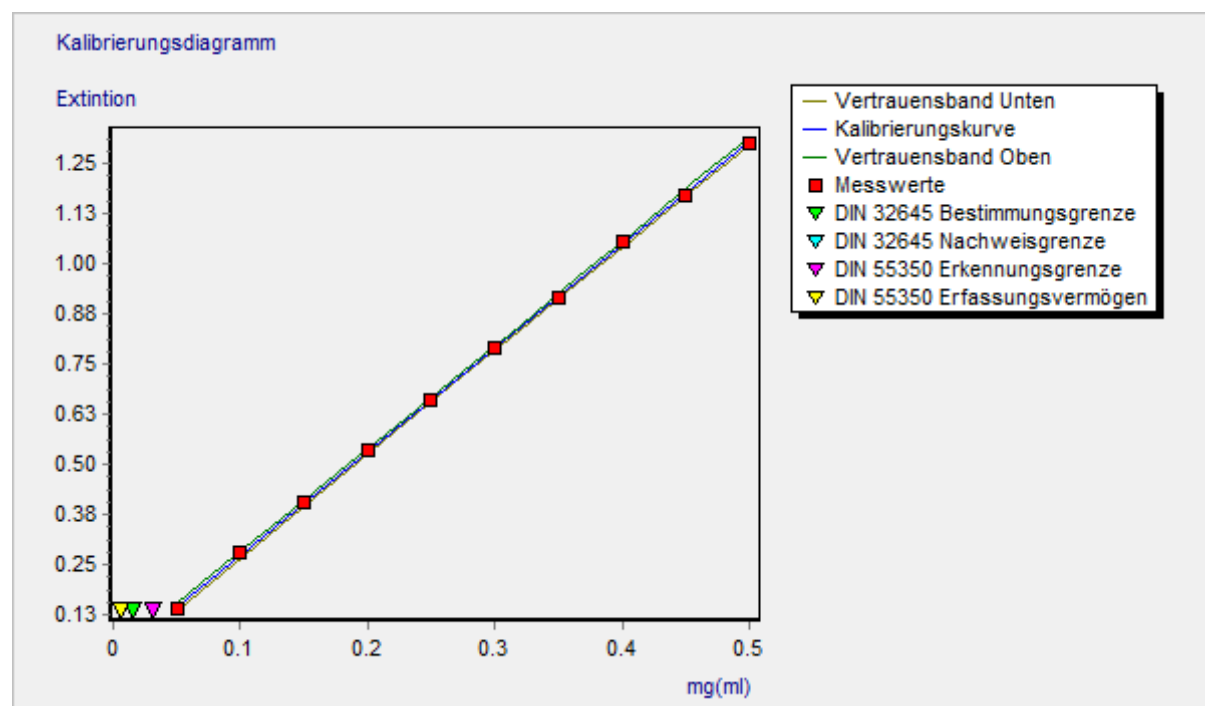


Wahrscheinlichkeitsnetz

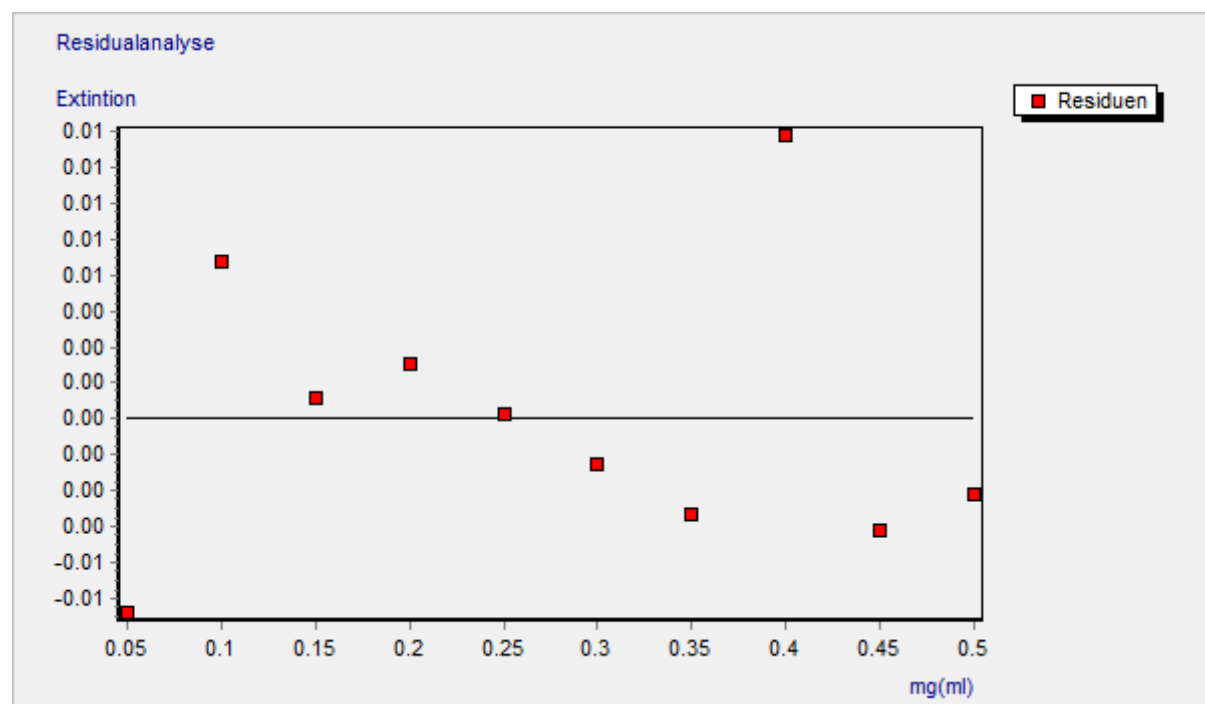


Diagrammtypen bei der Kalibrierung

Kalibrierungsdiagramm

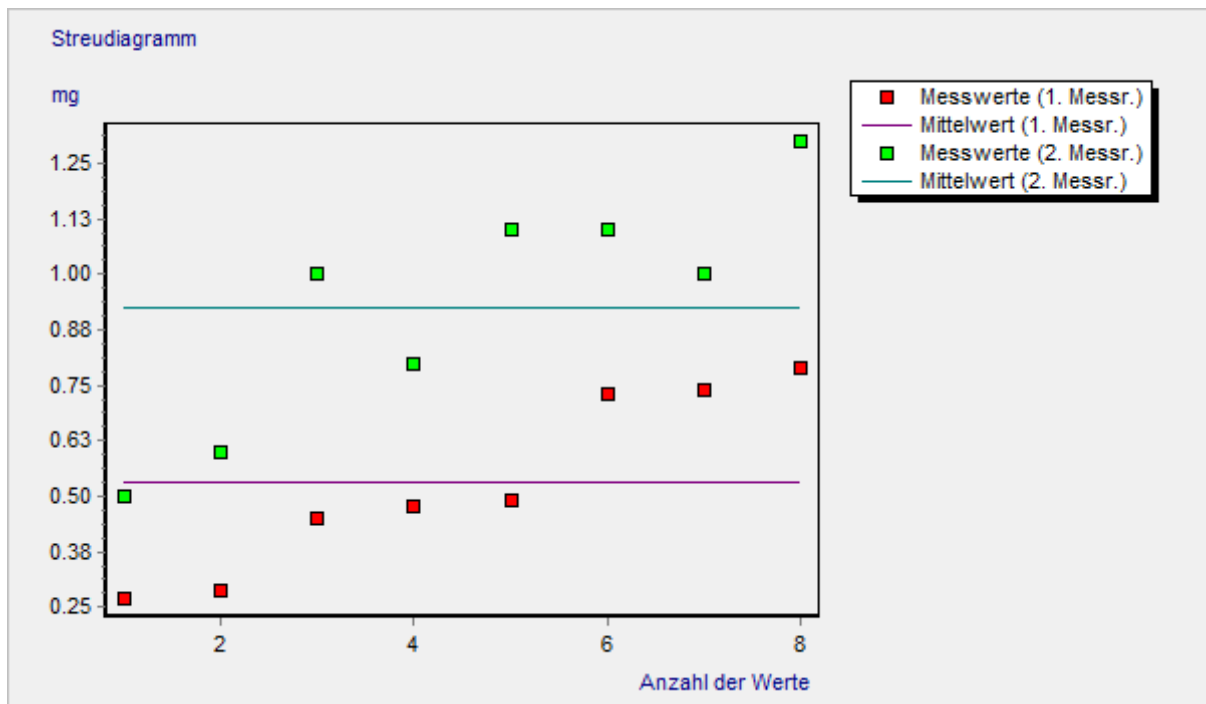


Residualanalyse

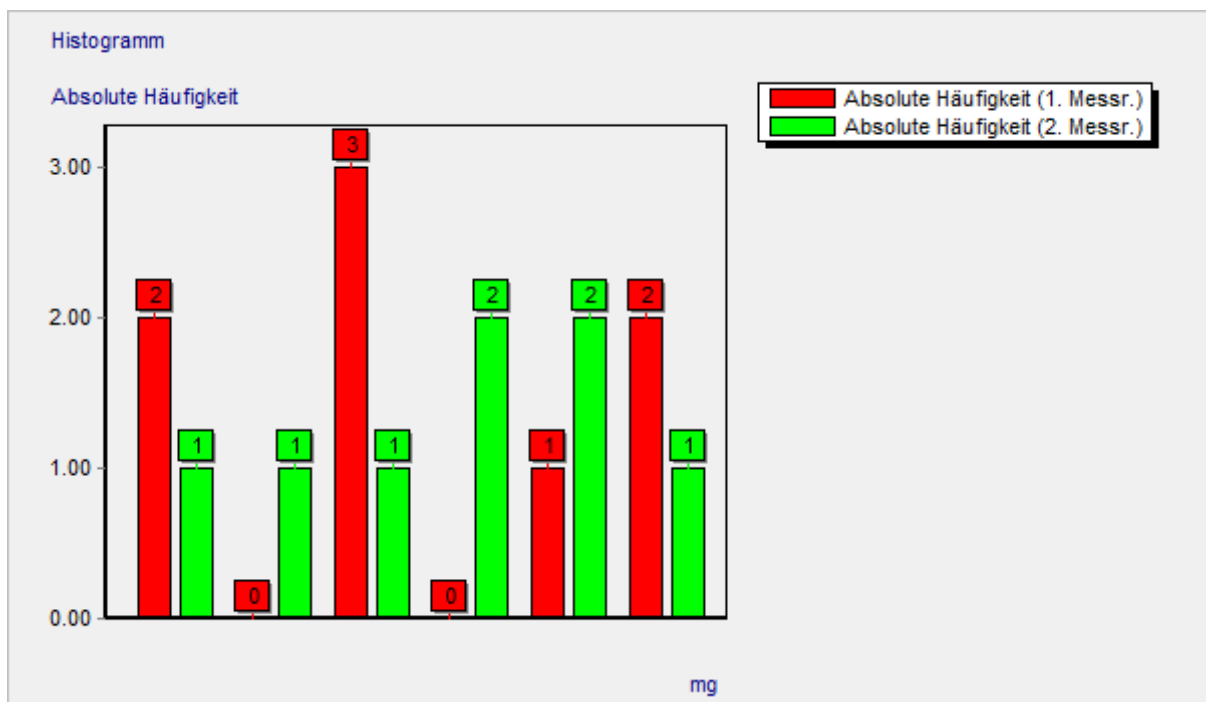


Diagrammtypen beim Messreihenvergleich

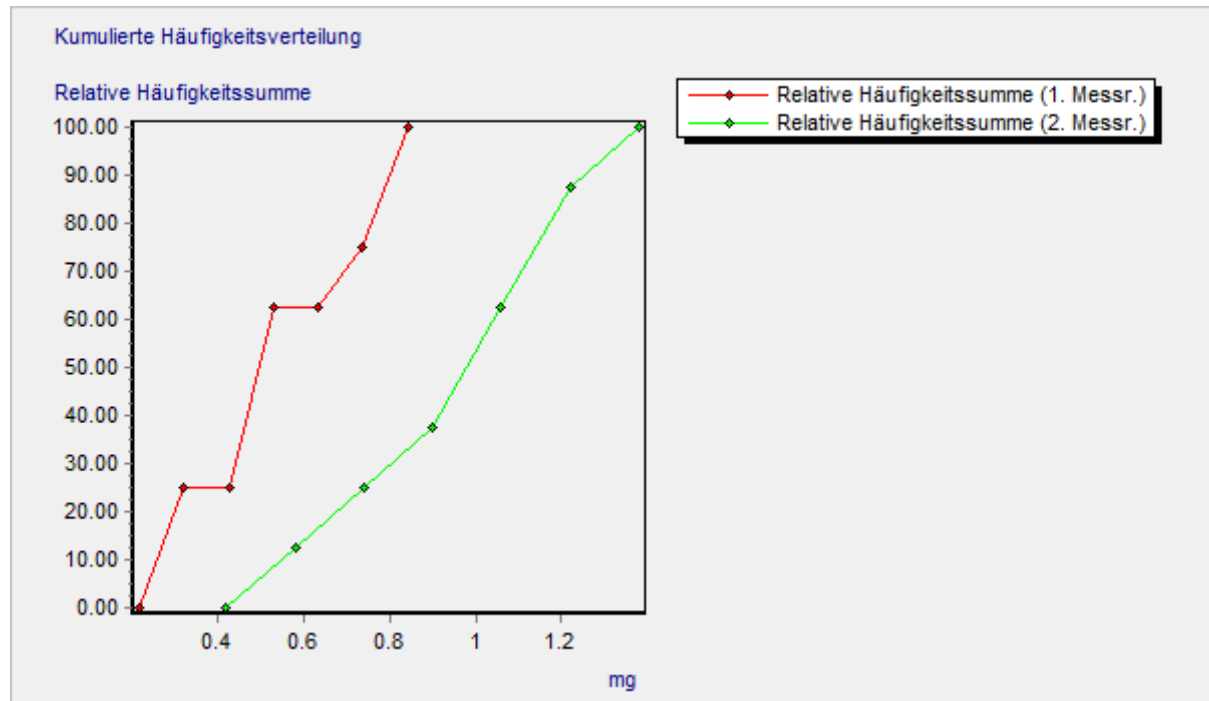
Streudiagramm



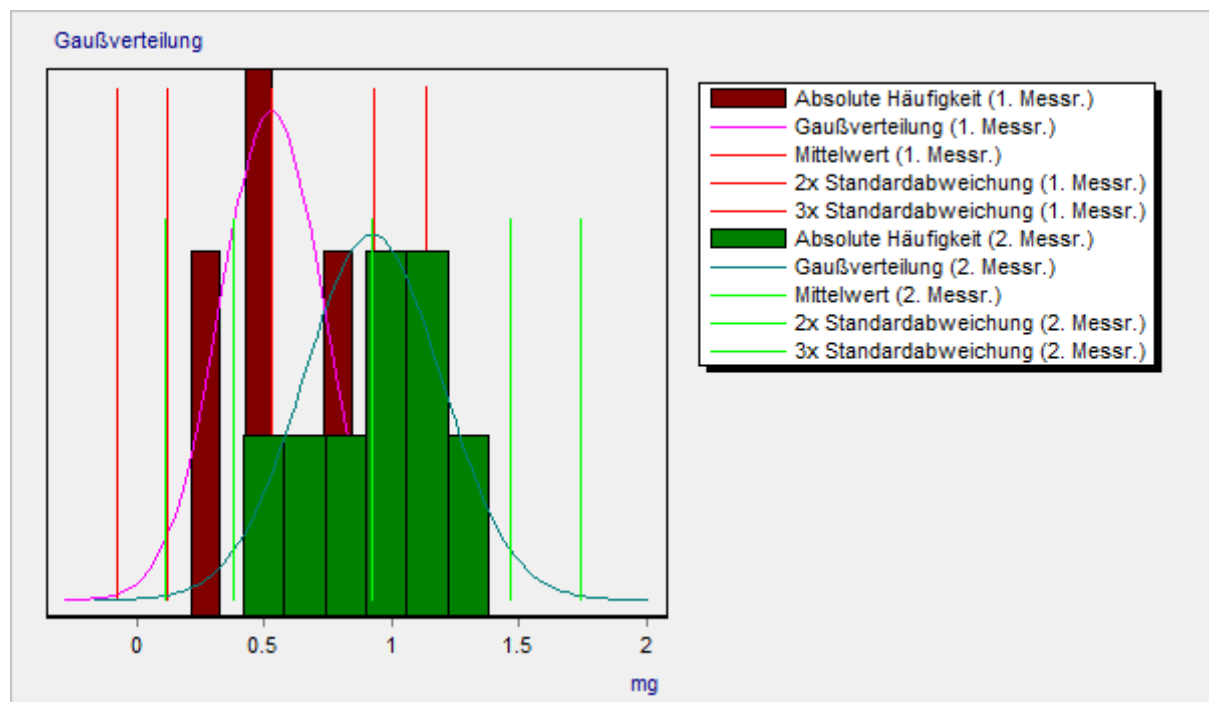
Histogramm



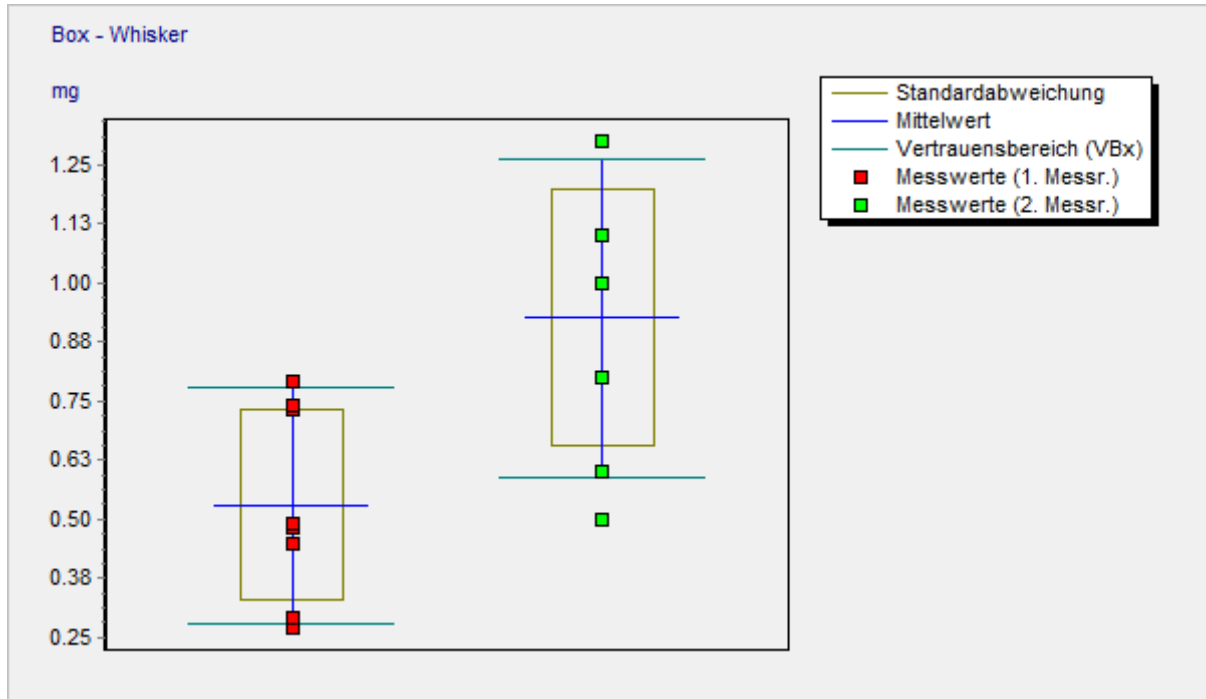
Kumulierte Häufigkeitsverteilung



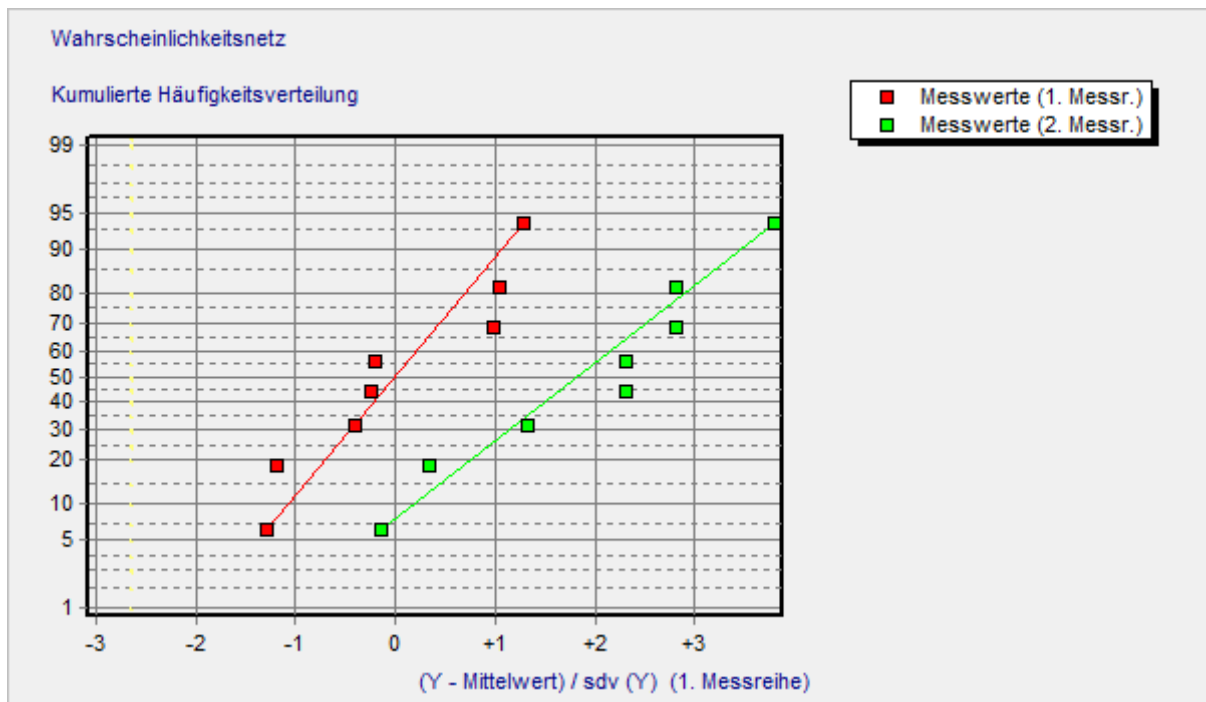
Gauß-Verteilung



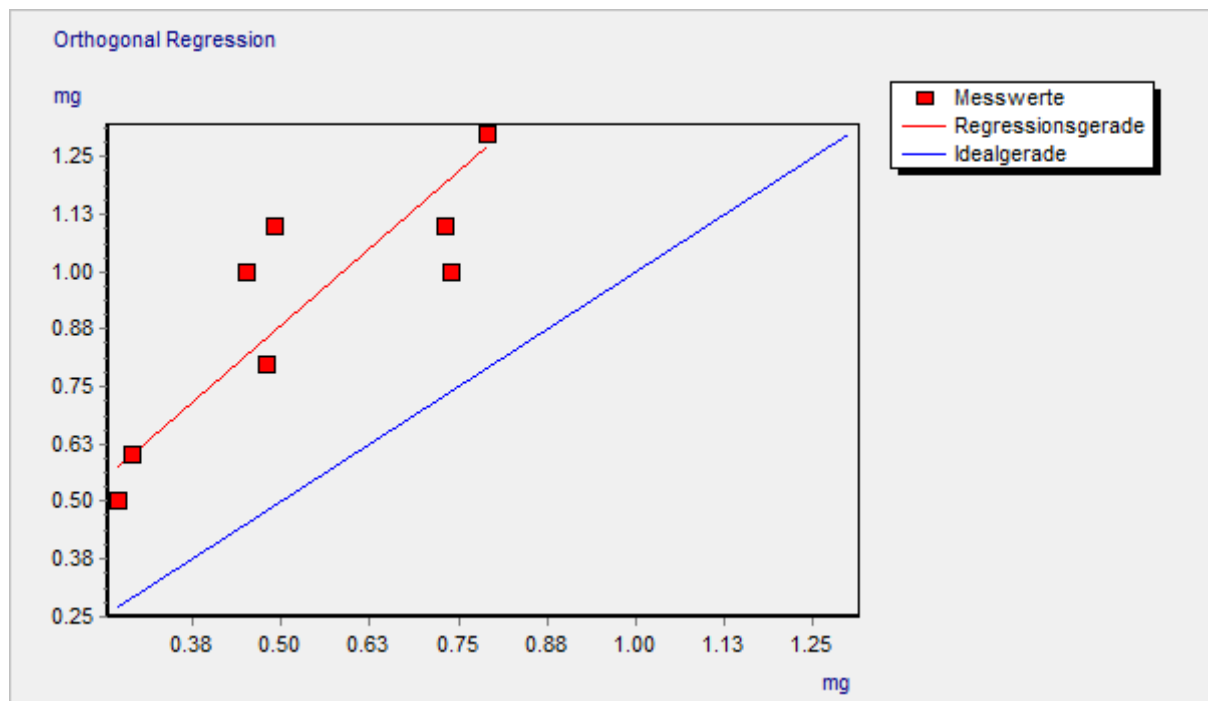
Box-Whisker



Wahrscheinlichkeitsnetz

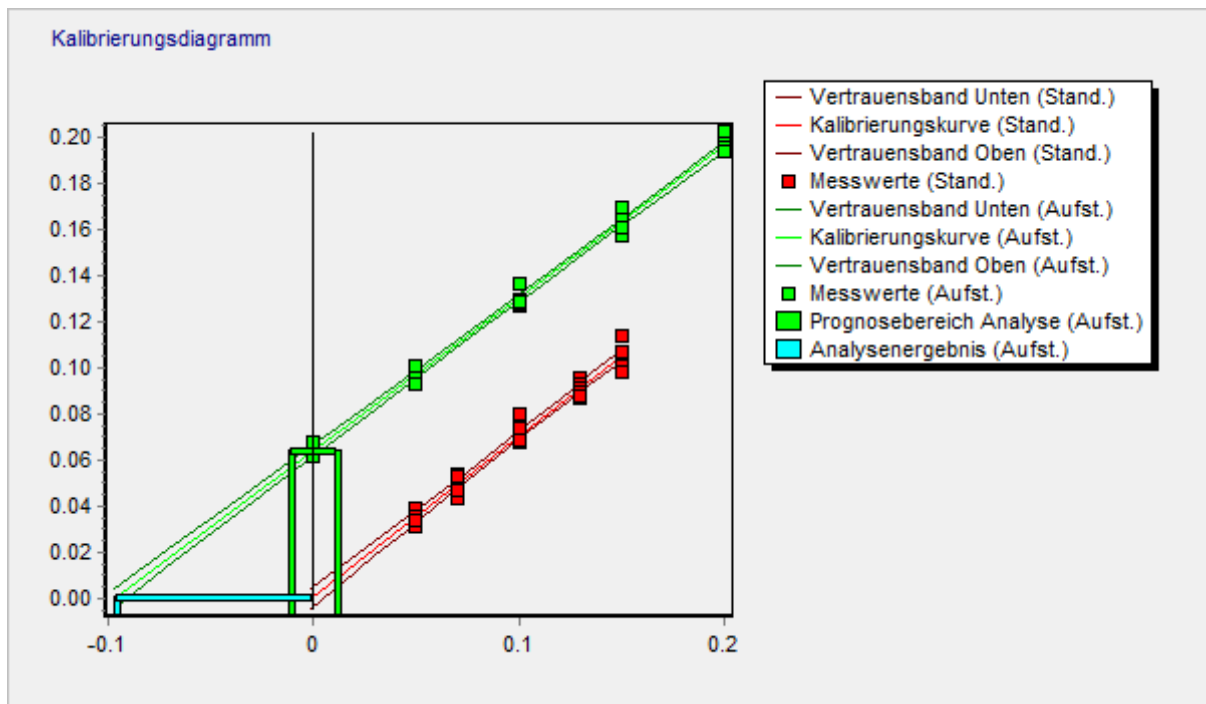


Orthogonal Regression

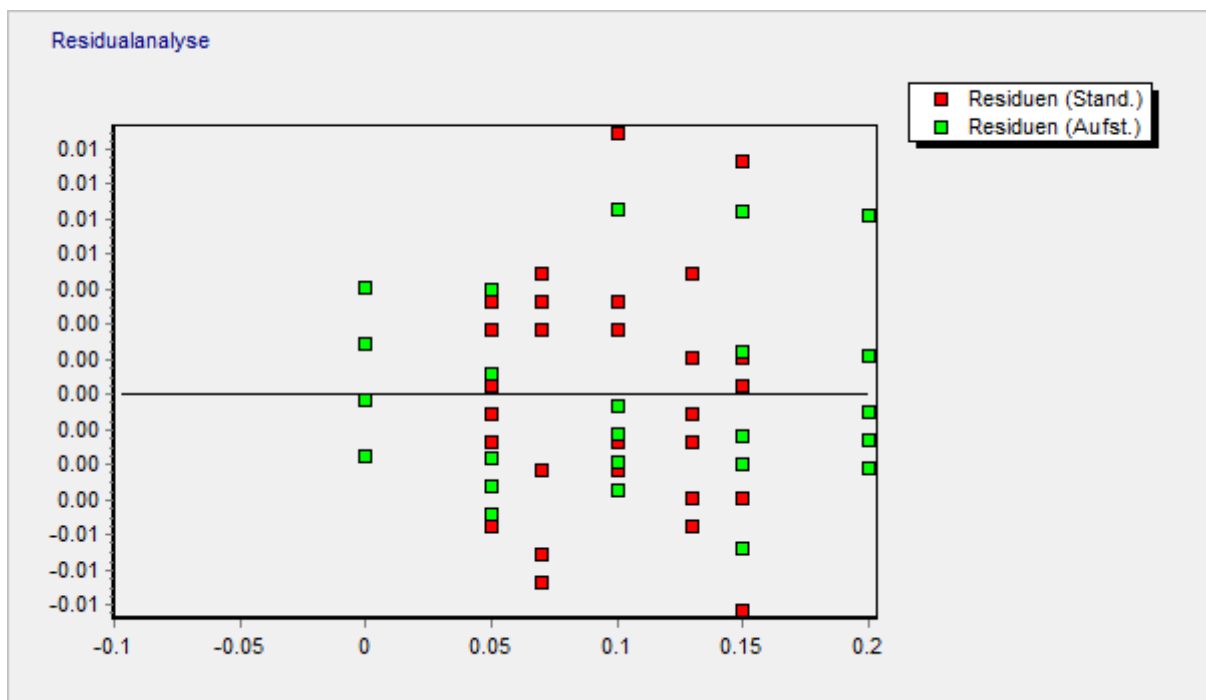


Diagrammtypen bei der Standardaddition

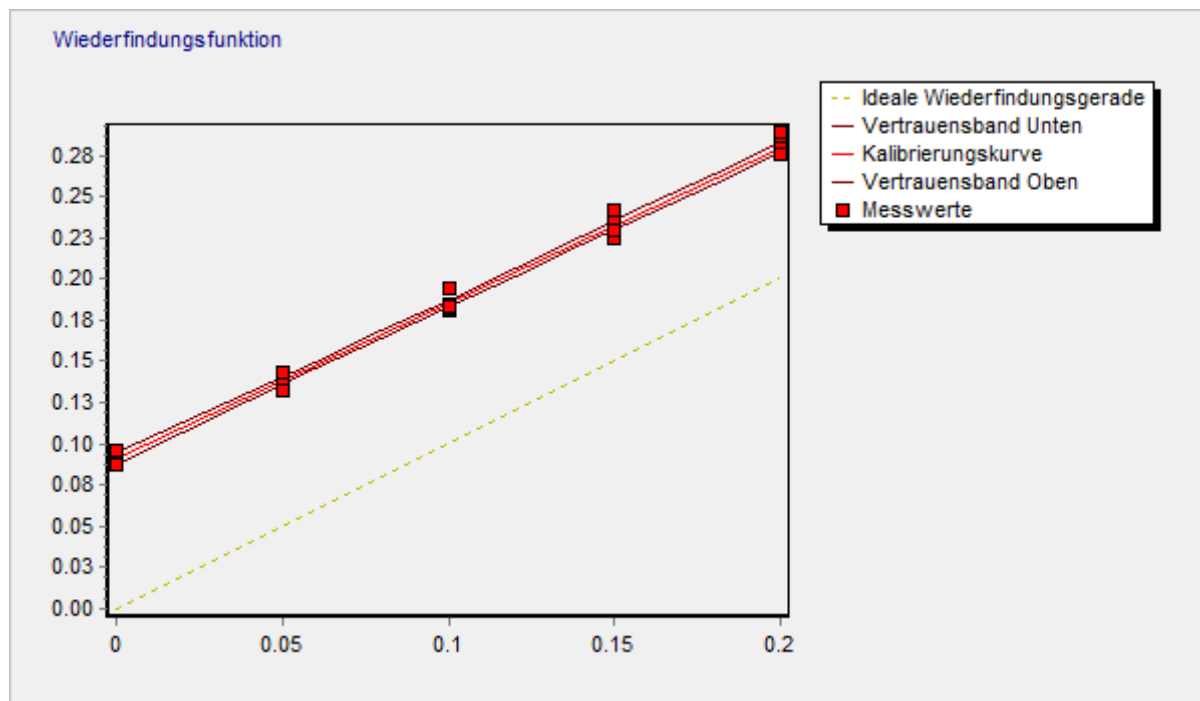
Kalibrierungsdiagramm



Residualanalyse

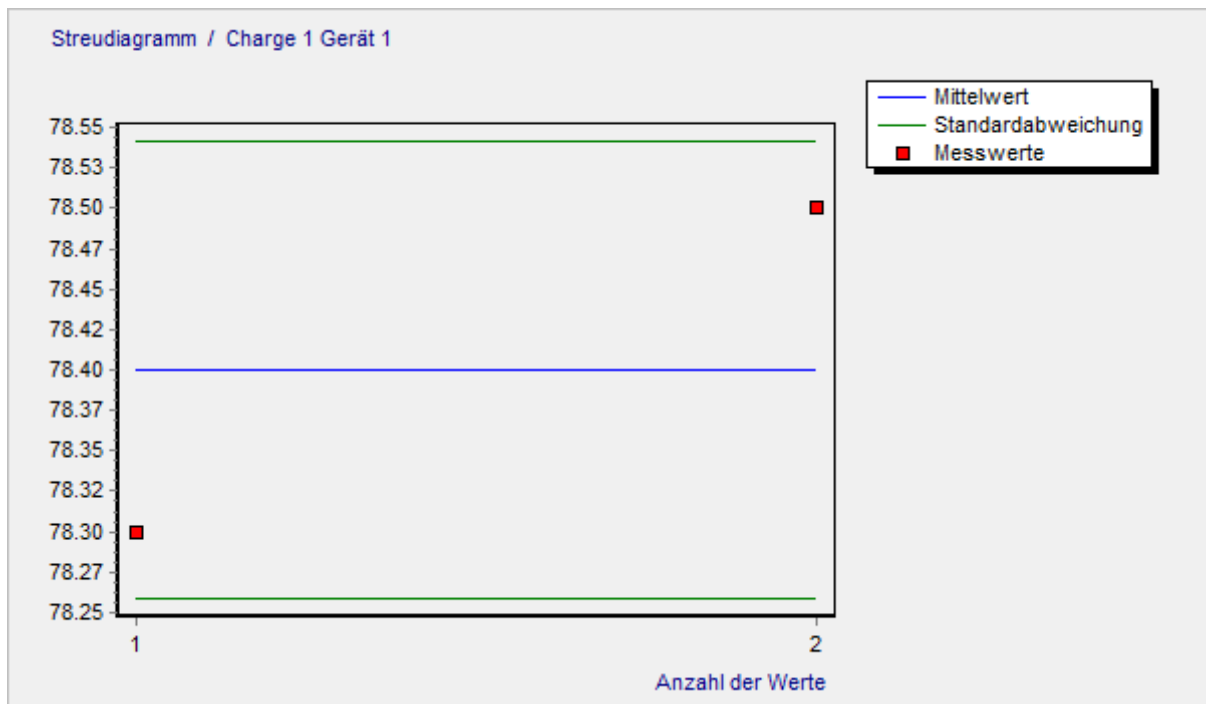


Wiederfindungsfunktion

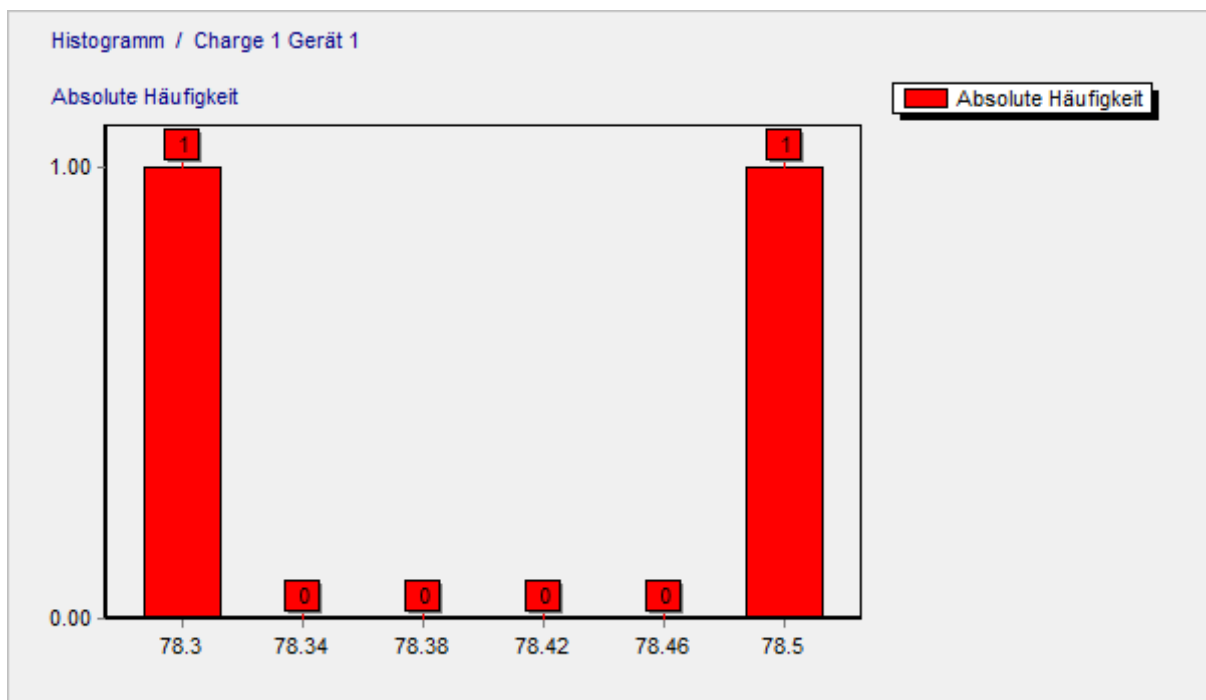


Diagrammtypen bei der Varianzanalyse

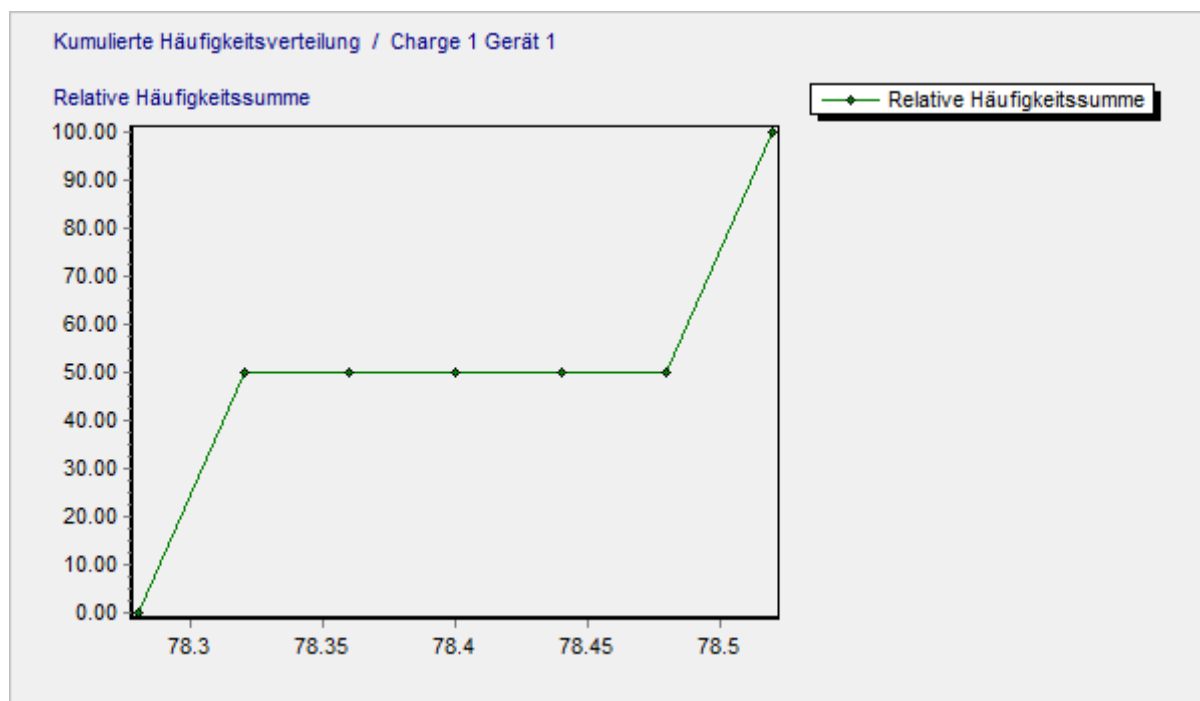
Streudiagramm



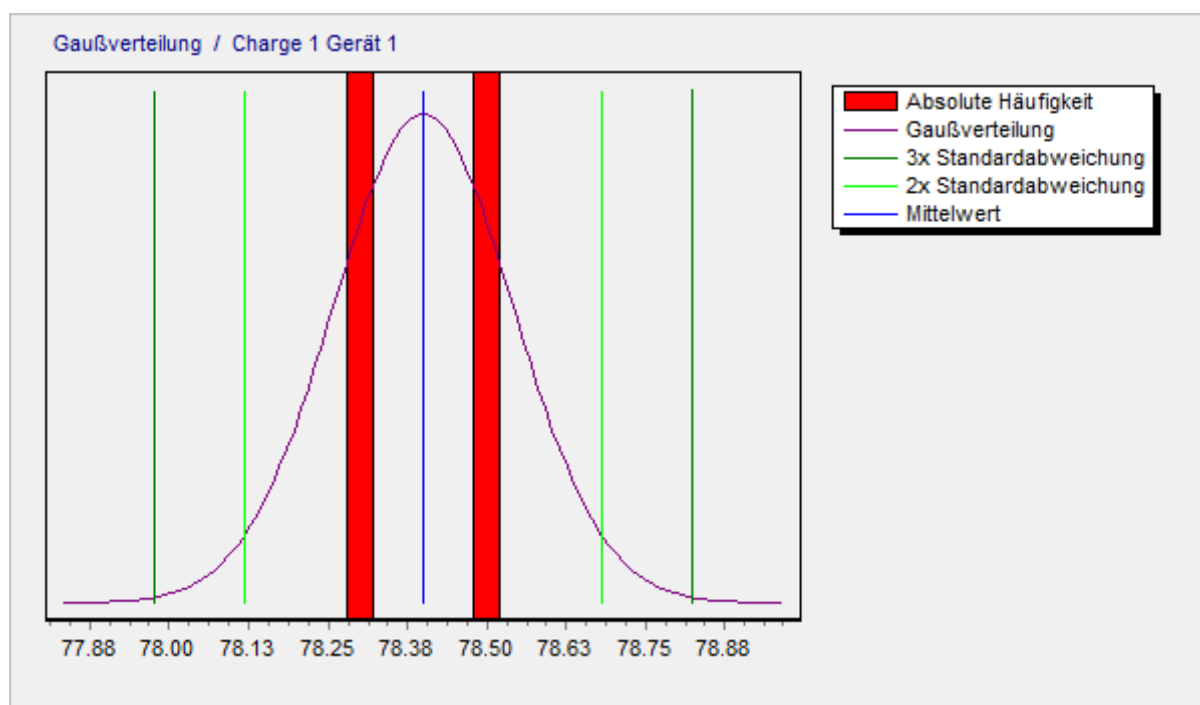
Histogramm



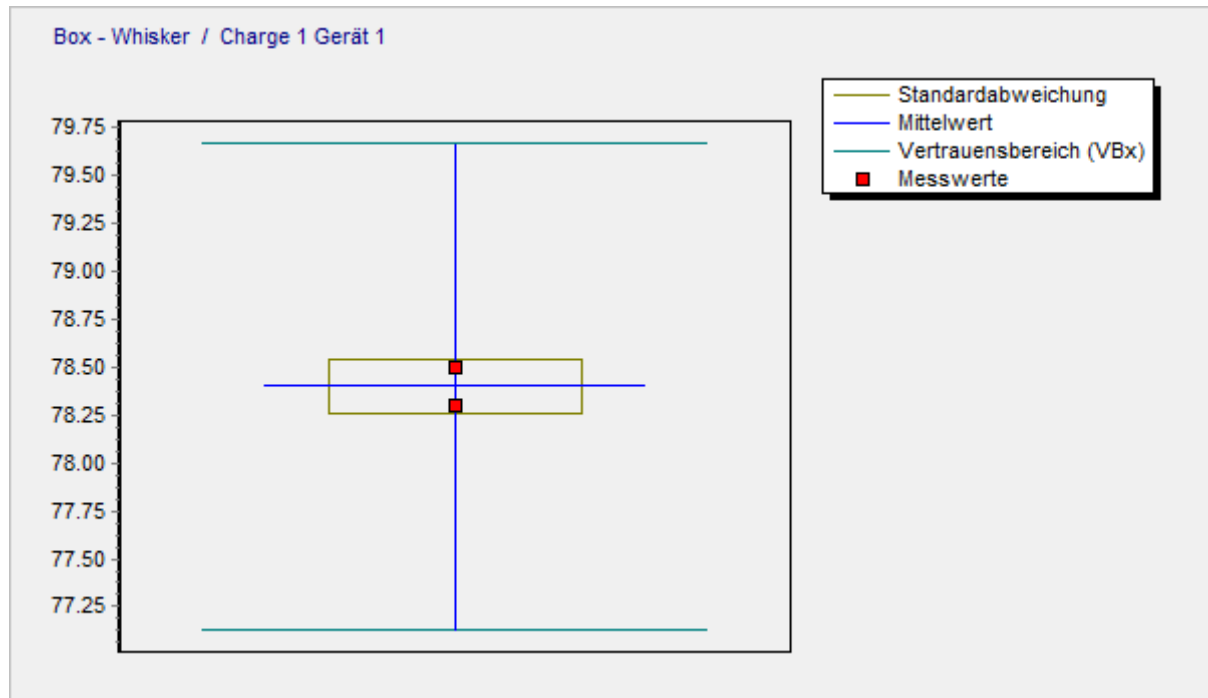
Kumulierte Häufigkeitsverteilung



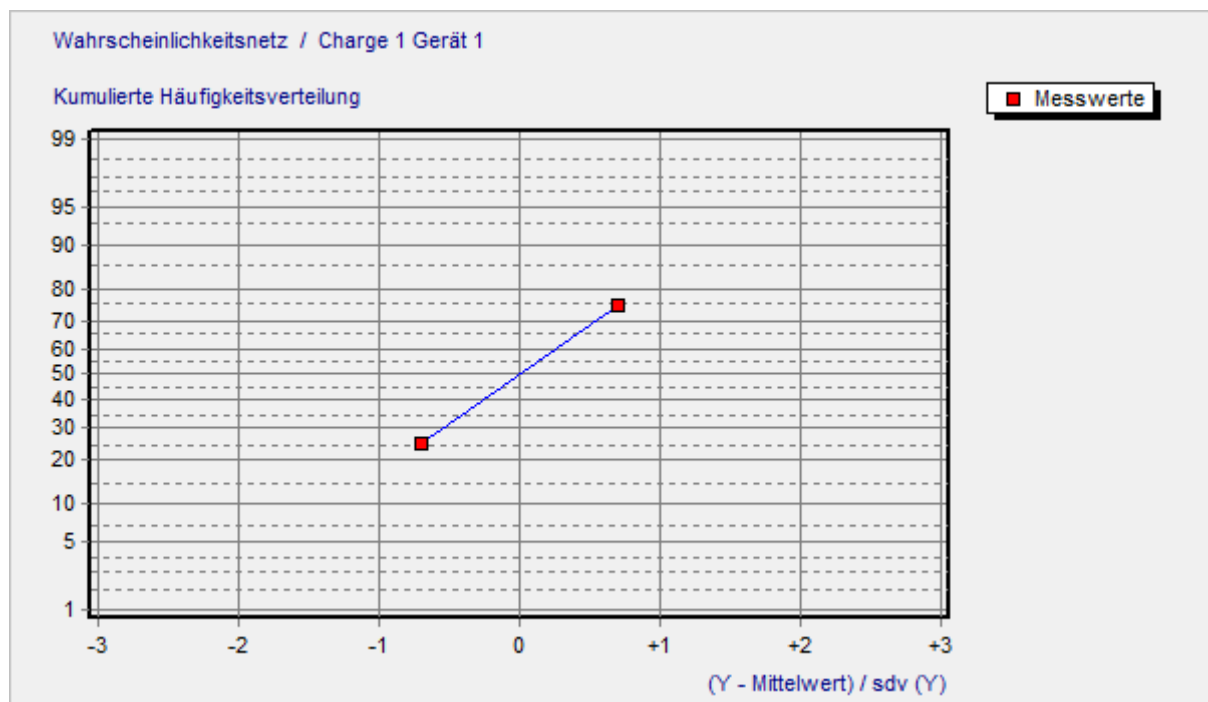
Gauß-Verteilung



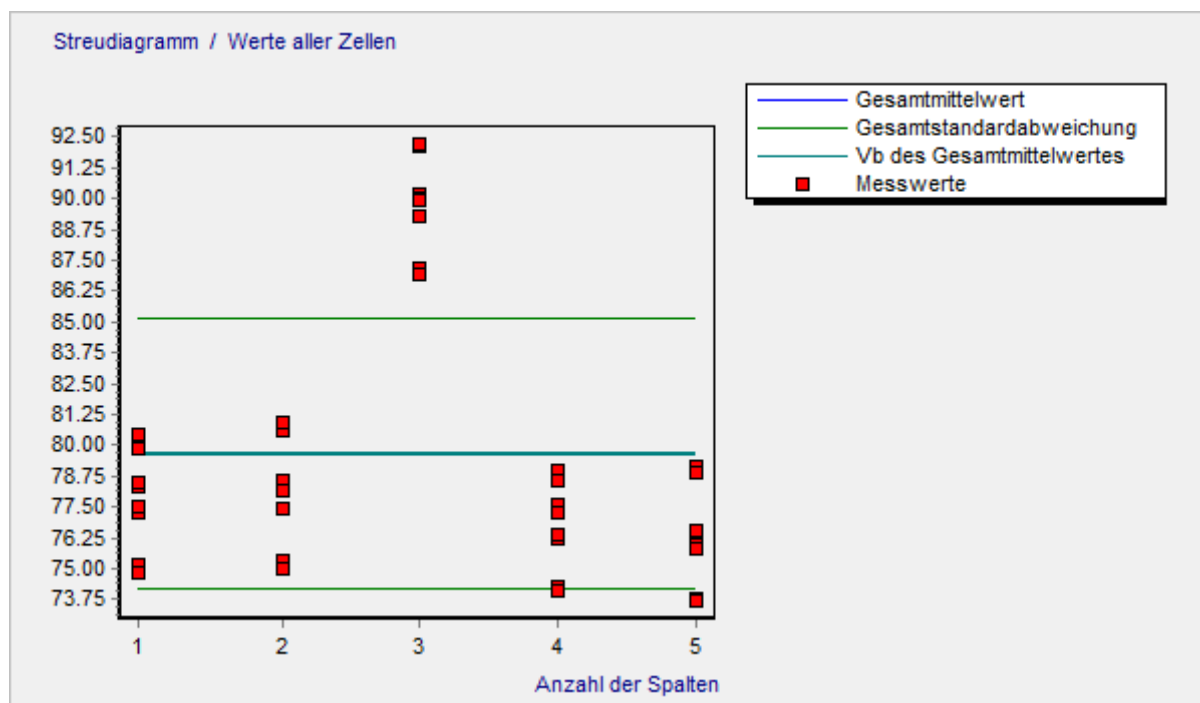
Box-Whisker



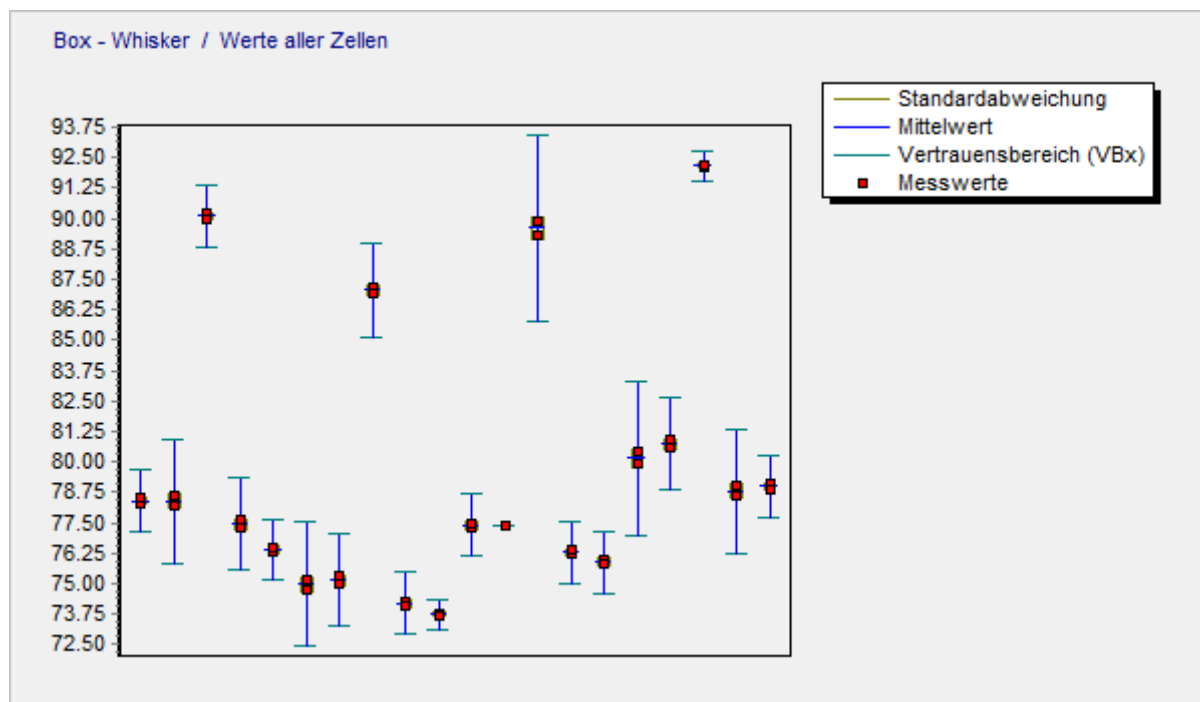
Wahrscheinlichkeitsnetz



Streudiagramm (Werte aller Zellen)

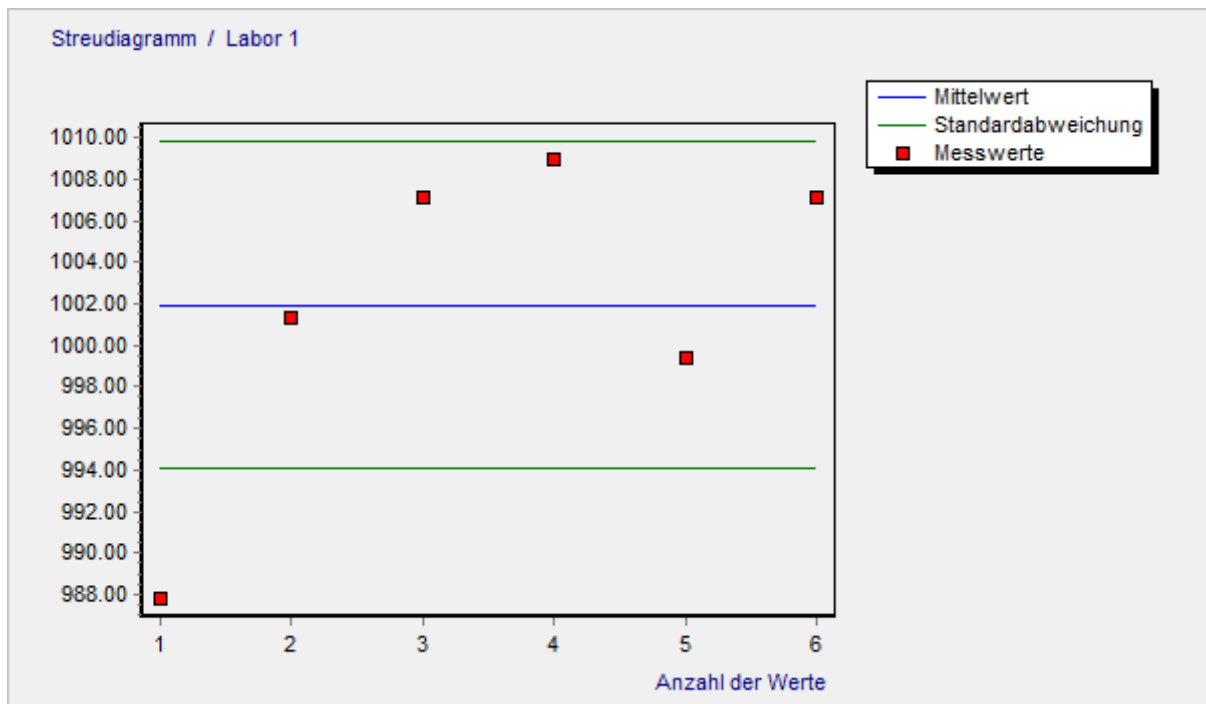


Box-Whisker (Werte aller Zellen)

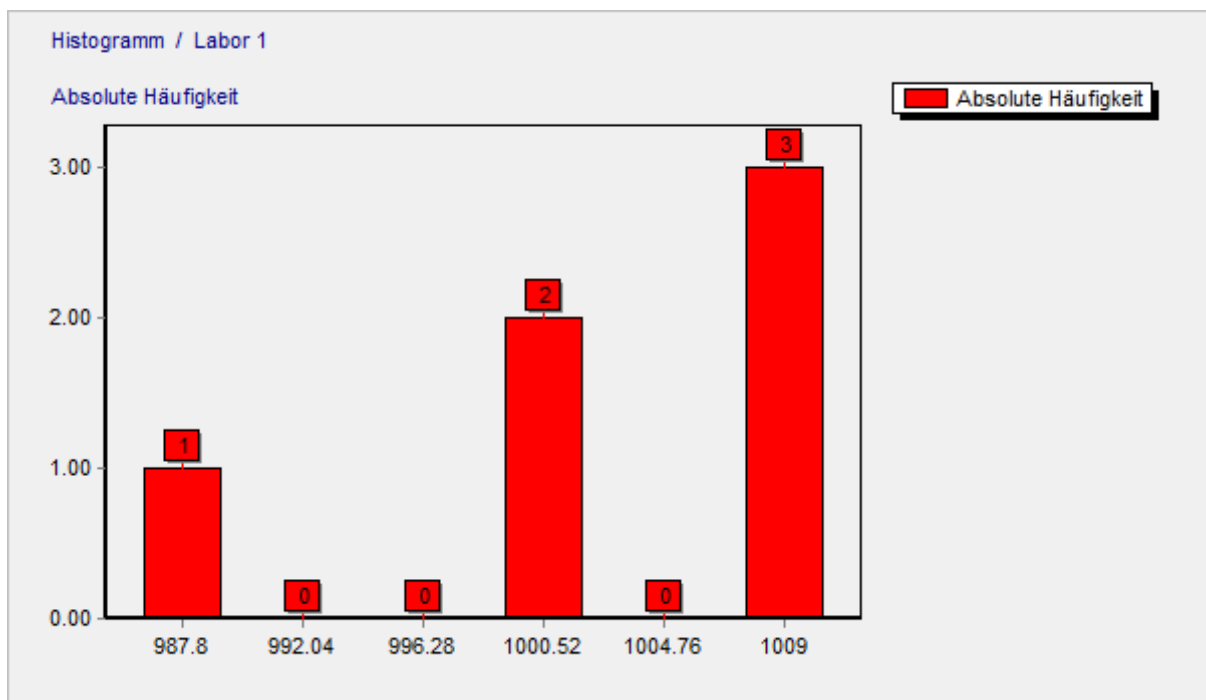


Diagrammtypen beim Ringversuch

Streudiagramm



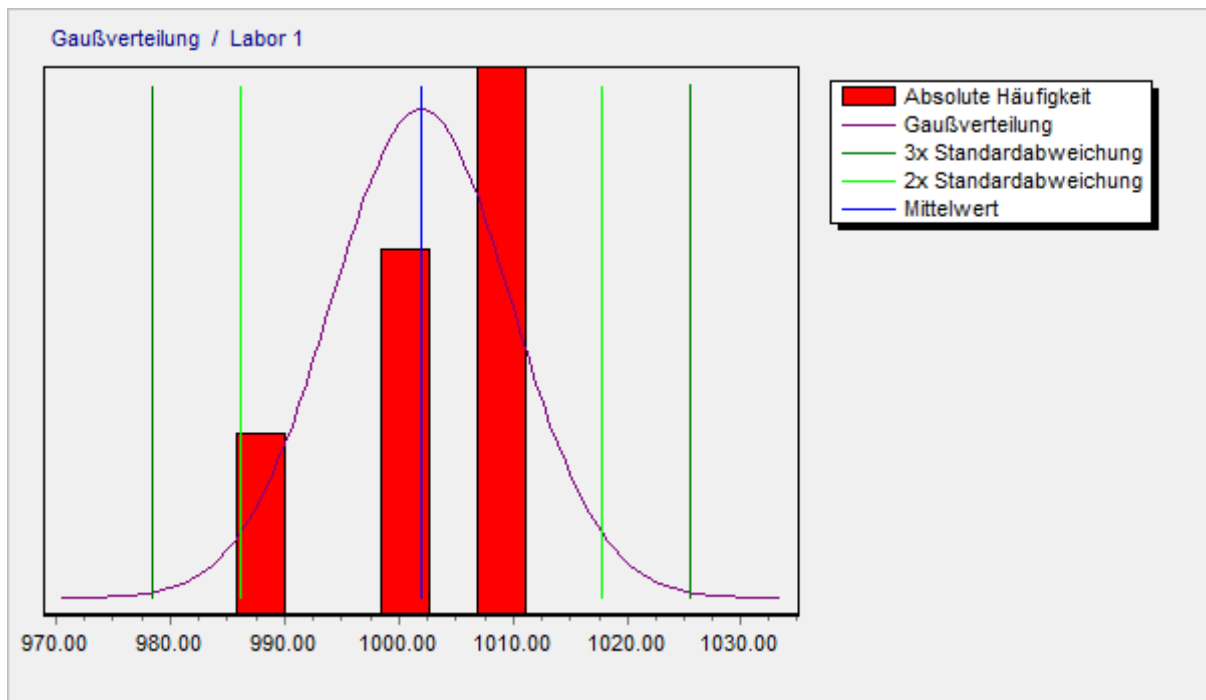
Histogramm



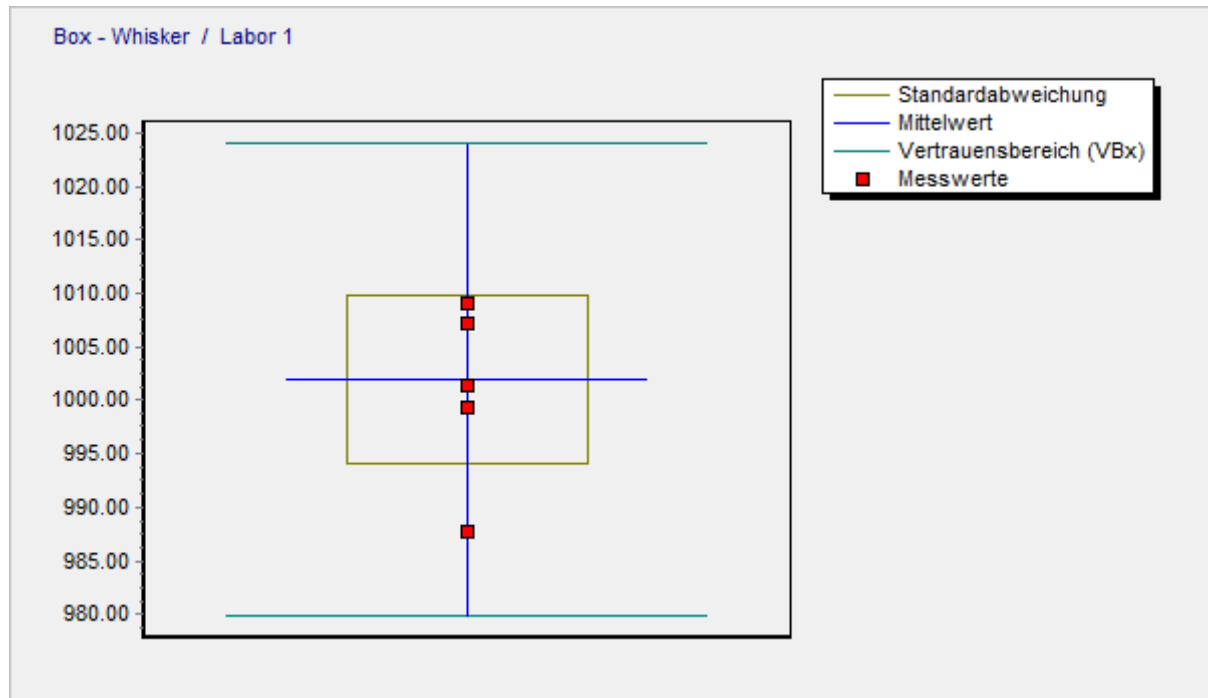
Kumulierte Häufigkeitsverteilung



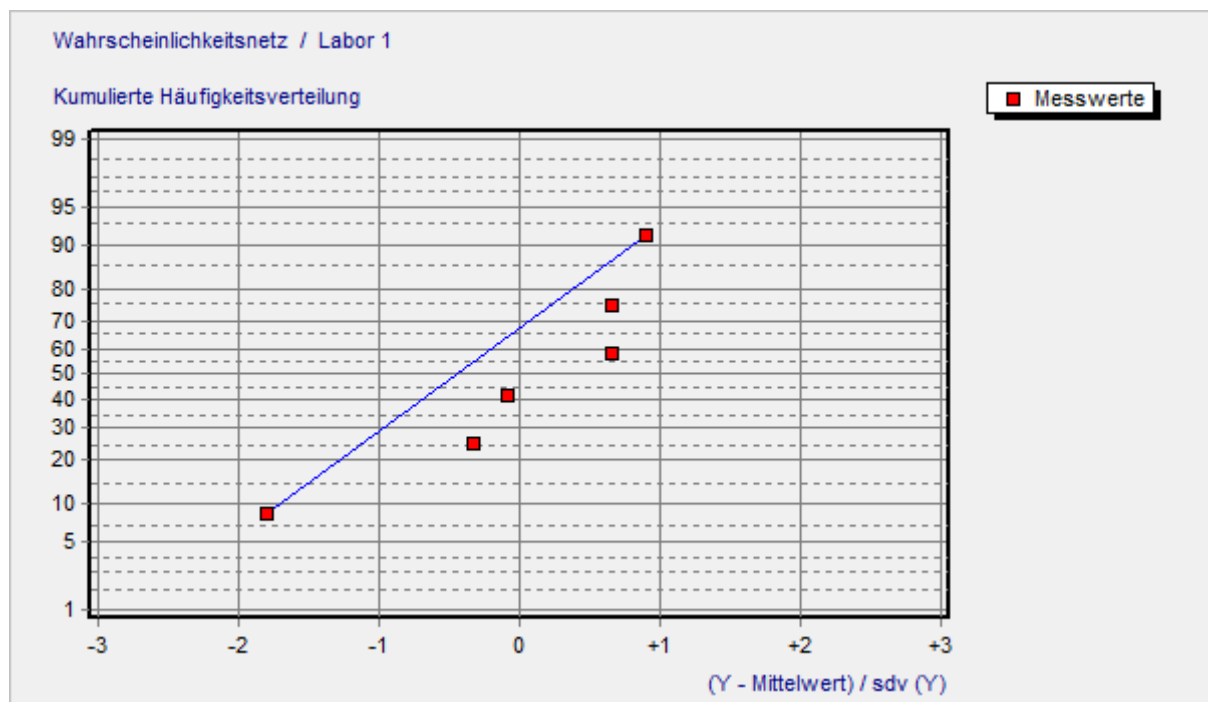
Gauß-Verteilung



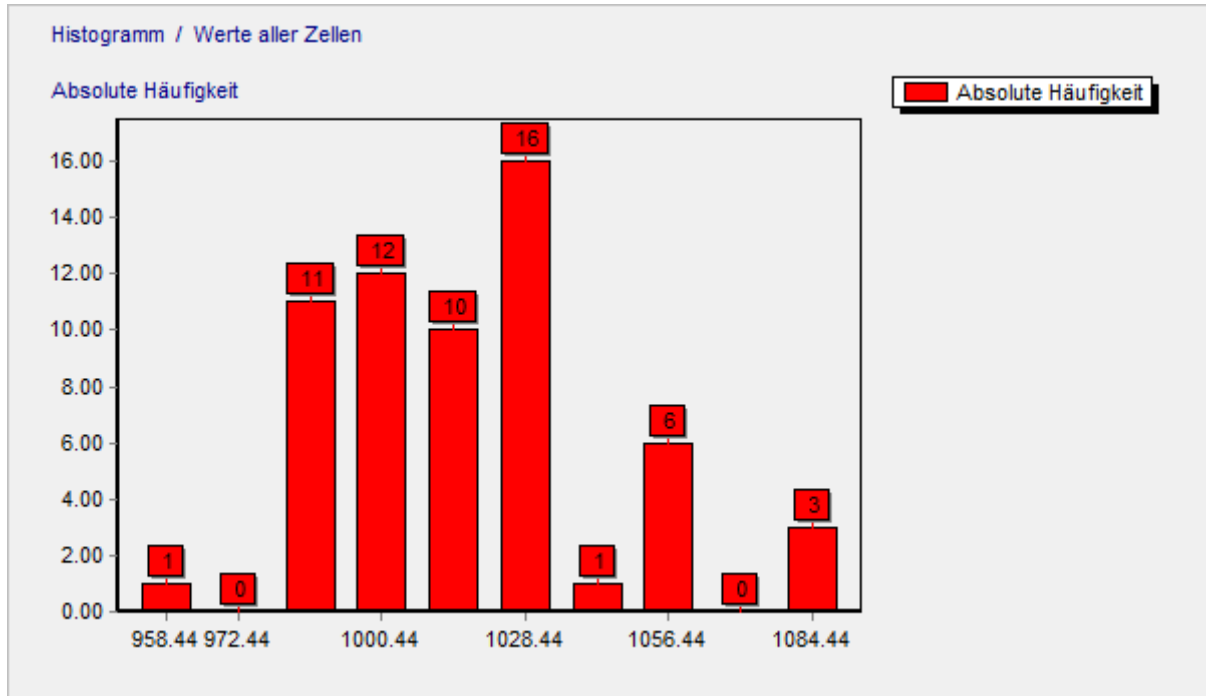
Box-Whisker



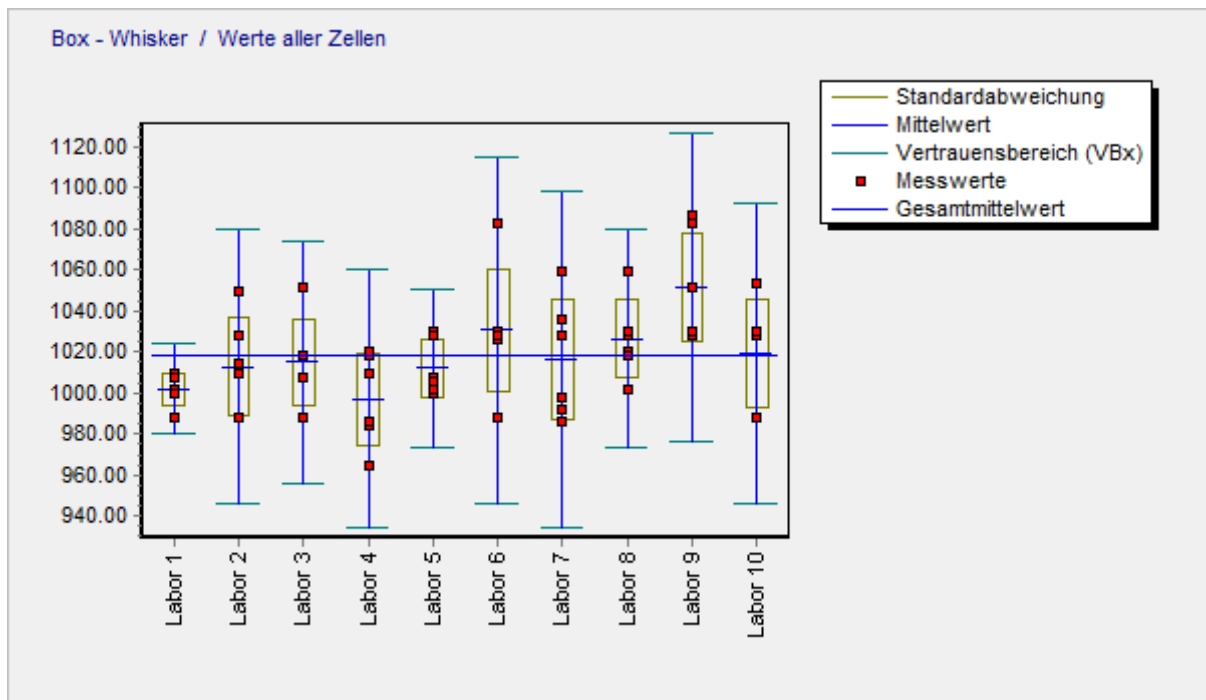
Wahrscheinlichkeitsnetz



Histogramm (Werte aller Zellen)

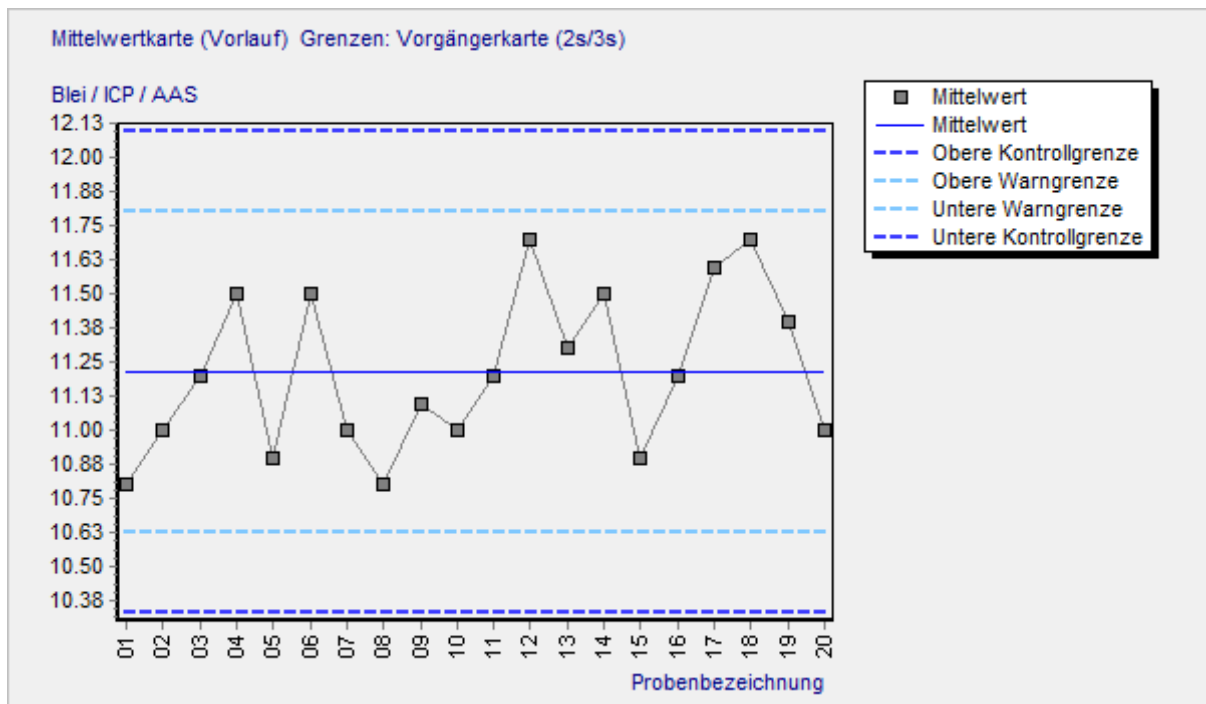


Box-Whisker (Werte aller Zellen)

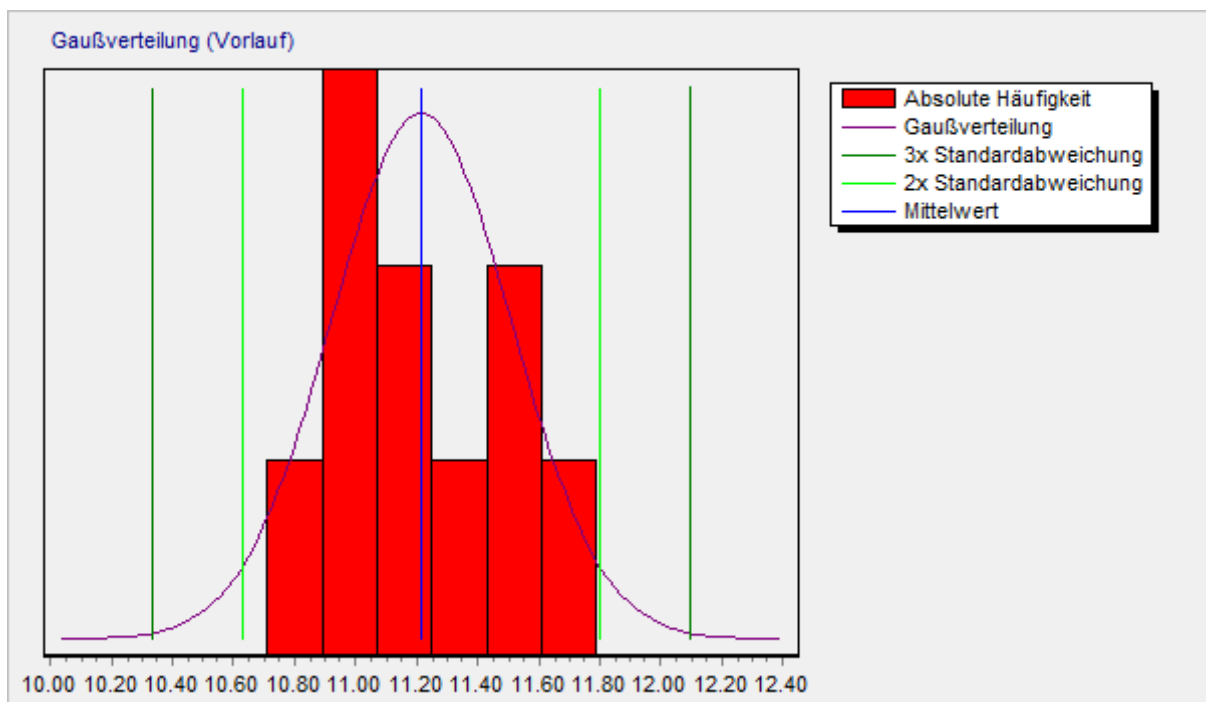


Diagrammtypen bei Raqs

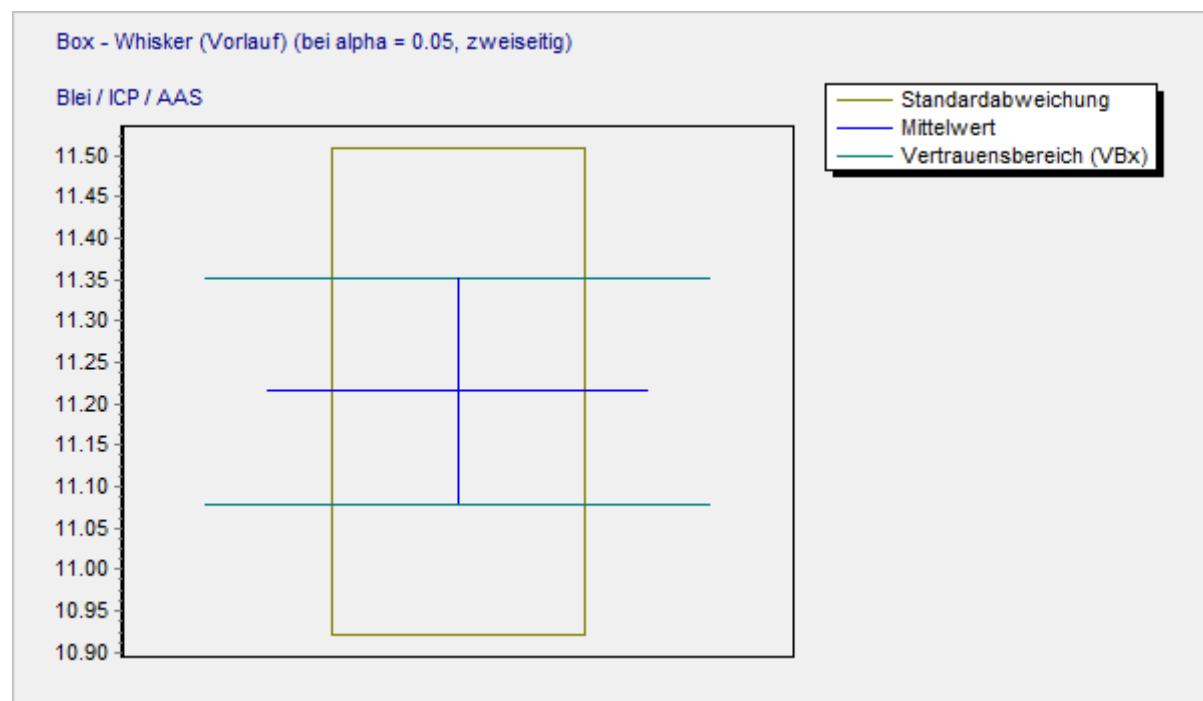
Regelkarte



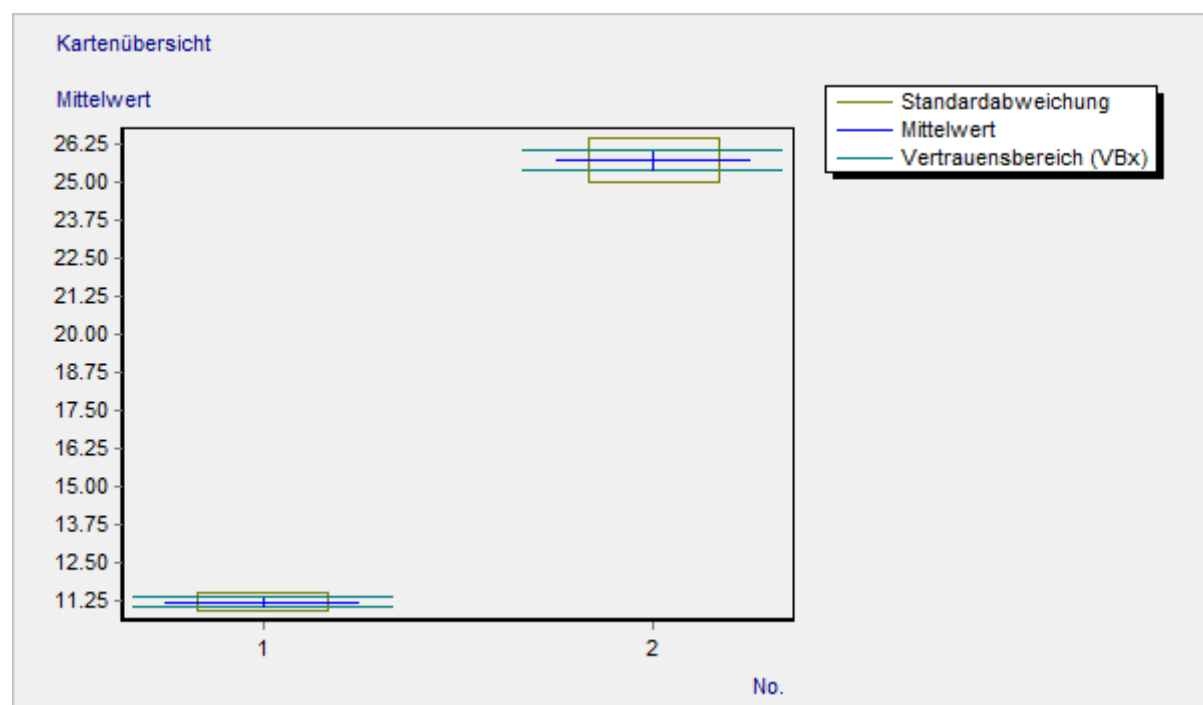
Gauß-Verteilung



Box-Whisker



Kartenübersicht



Optionen

Optionen - Einstellungen für Valoo

Im Dialogfenster 'Optionen' können Einstellungen für Valoo geändert werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Datei/Optionen', oder durch folgenden Button:



Nachfolgend werden die einzelnen Optionen und Einstellungen beschrieben.

Diese Einstellungen werden in der Datei 'Valoo.ini' gespeichert.

Ist im Programmverzeichnis von Valoo (Ordner in dem die Datei 'Valoo.exe' ist) die Datei 'Valoo.ini' vorhanden wird diese verwendet.

Ist dort keine vorhanden wird das 'Windows-Verzeichnis' benutzt.

Optionen / Allgemein

Optionen - Seite Allgemein

Optionen

Allgemein | Format | Daten | Validierungsbericht

Einstellungen

Sprache / Language

☒ Deutsch ☐ English

☒ Liste zuletzt geöffneter Dateien

☒ Startbildschirm anzeigen

☐ Vorlage öffnen im Startbildschirm anzeigen

☒ Vorschau beim Öffnen von Dateien

☒ Synchroner Kartenwechsel (nur RAQS)

Benutzername

Max Mustermann

☐ Bei Programmstart abfragen

Bestätigung bei

☒ Zeile löschen

☒ Spalte löschen

☒ Kommentar der Zellen löschen

ASCII Daten

☒ Spaltenüberschriften als erste Zeile

Trennzeichen

Dezimalzeichen

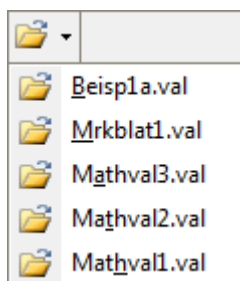
Messwert zu Kommentar überführen

☒ Messwert in Klammern setzen

☒ Schriftfarbe in Rot ändern

OK Abbruch

Liste zuletzt geöffneter Dateien: Zeigt die Namen der zuletzt geöffneten Dateien im Menü Datei an.



Startbildschirm anzeigen

Zeigt beim Start von Valoo einen Dialog an, in dem ausgewählt werden kann, ob ein neues Projekt erstellt wird, ein bereits bestehendes geöffnet oder das zuletzt bearbeitete Projekt geöffnet wird.

Optionen / Allgemein

Der Punkt **Vorlage öffnen im Startbildschirm anzeigen** kann Aus/Abgewählt werden.

Synchroner Kartenwechsel (nur Raqs)

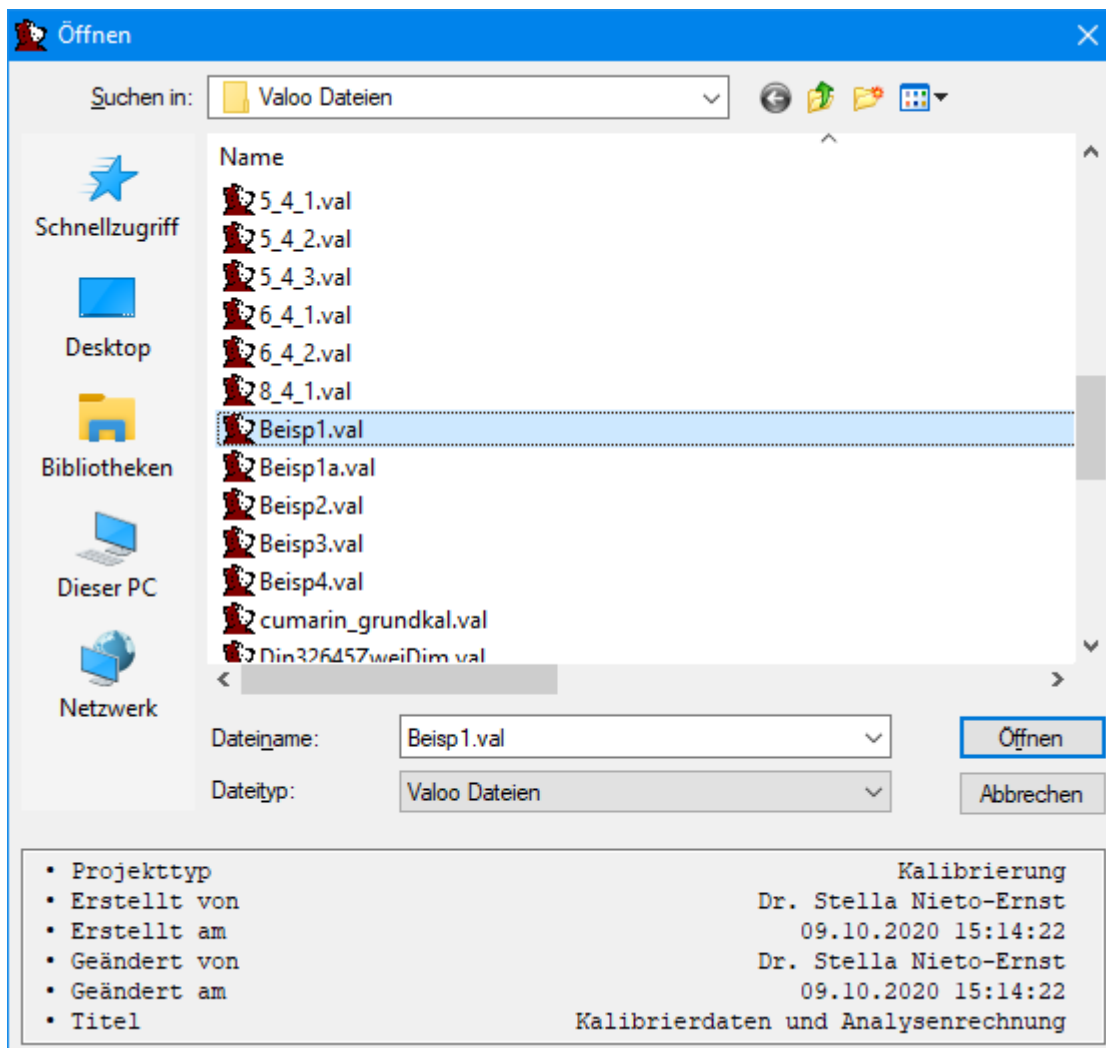
Bei Dateneingabe/Report/Grafik kann die Auswahl der Regelkarte getrennt erfolgen. Möchten Sie jedoch, dass bei einem Kartenwechsel bei allen Ansichten gewechselt wird wählen Sie diese Option.

Benutzername

Benutzername, der beim Speichern von Dateien, für die Vorschau beim Öffnen von Dateien und bei Änderungen der Werte benutzt wird. Wird nichts eingegeben wird 'Unbekannt' verwendet. Falls gewünscht wird dies Bei Programmstart abgefragt, diese Eingabe ist jedoch nicht bindend.

Vorschau beim Öffnen von Dateien

Falls gewünscht wird beim Öffnen von Dateien eine Vorschau über Projekttyp, Projekttitel, Erstellungsdatum, Änderungsdatum und Benutzername angezeigt.



Sprache / Language

Auswahl der Sprache (Deutsch oder Englisch), die in Valoo benutzt wird.

Bestätigung

Bestätigung bei Zeile löschen

Aktiviert eine Sicherheitsabfrage vor dem Löschen von Zeilen innerhalb der Dateneingabe.

Bestätigung bei Spalte löschen

Aktiviert eine Sicherheitsabfrage vor dem Löschen von Spalten innerhalb der Dateneingabe.

Bestätigung bei Kommentar der Zellen löschen

Aktiviert eine Sicherheitsabfrage vor dem Löschen von Kommentaren innerhalb der Dateneingabe.

ASCII Daten

Spaltenüberschriften als erste Zeile

Bestimmt ob beim Export der Messdaten ins ASCII Datenformat (csv-Datei) die Spaltenüberschriften als erste Zeile eingefügt werden.

Trennzeichen

Geben Sie hier das Trennzeichen für die einzelnen Daten ein, das beim Export der Messdaten ins ASCII Datenformat benutzt wird.

Dezimaltrennzeichen

Wählen Sie hier das Dezimaltrennzeichen aus, das beim Export der Messdaten ins ASCII Datenformat benutzt wird.

Messwert zu Kommentar überführen

Falls ein Messwert nicht in die Berechnung einfließen soll, wird der Messwert gelöscht und dafür als Kommentar gespeichert.

Messwert im Kommentar in Klammern setzen

Bestimmt ob der im Kommentar dargestellte Messwert in Klammern dargestellt wird.

Schriftfarbe der Zelle in Rot ändern

Bestimmt ob die Schriftfarbe der Zelle in Rot geändert wird.

Optionen - Seite Format

The screenshot shows the 'Optionen' dialog box with the 'Format' tab selected. The 'Standardformat' section includes settings for 'Zellen' (font, alignment, decimal places), 'Report' (decimal places, exponential, font), and 'Diagramm' (decimal places, exponential, white background, zoom/scroll). The 'Zellen' section has 'Schriftart' set to 'Arial', 'Schriftgrad' to '8', 'Ausrichtung' to 'Rechtsbündig', 'Zellenhöhe' to '17', and 'Dezimalstellen bei neu hinzugefügten Spalten' to '4'. The 'Report' section has 'Dezimalstellen' to '4', 'Exponentiell' unchecked, and 'Schriftgrad' to '10'. The 'Diagramm' section has 'Messwerte' with 'Dezimalstellen' to '4', 'Exponentiell' unchecked, 'Weißer Hintergrund' unchecked, and 'Achsen' with 'Dezimalstellen' to '2', 'Exponentiell' unchecked, and 'Zoomen / Scrollen zulassen' checked. At the bottom, 'Schriftgrad/Kopfdaten' is '9', 'Schriftgrad/Verfahren' is '9', and 'Schriftgrad/Daten (außer Zellen)' is '9'. The 'OK' button is highlighted with a red dashed border.

Standardformat der Zellen

Schriftart-, Größe und Ausrichtung für Zellen, denen kein besonderes Format zugeordnet wurde.

Zeilenhöhe

Setzt die Höhe aller Zellen auf die ausgewählte Größe.

Dezimalstellen bei neu hinzugefügten Spalten

Vorgabe für die Anzahl der Nachkommastellen bei neu hinzugefügten Spalten.

Dezimalstellen richtet sich nach der letzten Spalte

Falls die Option ausgewählt ist, richtet sich die Anzahl der Dezimalstellen nach der letzten Spalte.

Report Dezimalstellen / Exponentiell

Anzahl der Nachkommastellen mit der die Werte im Report angezeigt werden. Bei Auswahl von 'Exponentiell' erfolgt die Darstellung der Werte in exponentieller Schreibweise.

Dezimalstellen und Exponentiell immer aus der jeweiligen Valoo Datendatei übernehmen

Falls diese Option ausgewählt ist, wird die Anzahl der Nachkommastellen und ob die Werte im Report in exponentieller Schreibweise dargestellt werden, beim Öffnen einer Valoo Datendatei aus der jeweiligen Valoo Datendatei übernommen.

Ist diese Option ausgewählt wird ermöglicht, das alle Benutzer der Valoo Datendatei die gleiche Darstellung im Report haben.

Wollen Sie jedoch im Report immer die gleiche (bei Optionen eingestellte) Darstellung, unabhängig von der verwendeten Valoo Datendatei, wählen Sie diese Option nicht aus.

Report Schriftgrad

Hier kann die Standard-Schriftgröße für den Report festgelegt werden.

Diagramm Dezimalstellen / Exponentiell

Anzahl der Nachkommastellen mit der die Werte bzw. Achsenbeschriftung im Diagramm angezeigt werden. Bei Auswahl von 'Exponentiell' erfolgt die Darstellung in exponentieller Schreibweise.

Weißer Hintergrund

Zeigt bei den Diagrammen einen weißen Hintergrund an.

Zoomen / Scrollen zulassen

Erlaubt Vergrößern und Verschieben innerhalb der Diagramme.

Schriftgrad / Kopfdaten

Hier kann die Standard-Schriftgröße für die Eingaben bei den Kopfdaten festgelegt werden.

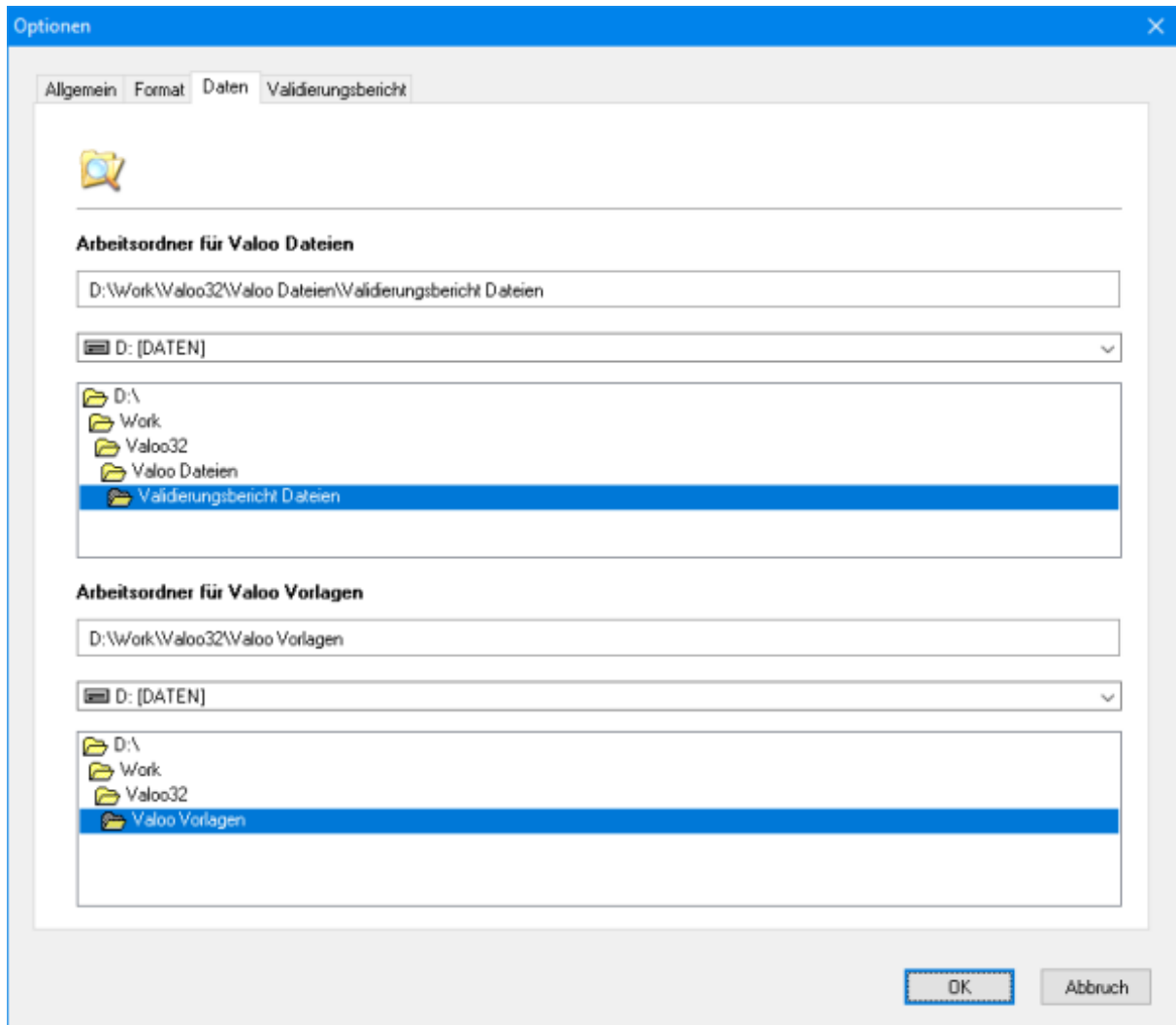
Schriftgrad / Verfahren

Hier kann die Standard-Schriftgröße für die Auswerteverfahren festgelegt werden.

Schriftgrad / Daten (außer Zellen)

Hier kann die Standard-Schriftgröße für die Eingaben bei den Daten festgelegt werden. Das Standardformat der Zellen kann separat festgelegt werden.

Optionen - Seite Daten



Arbeitsordner für Valoo Dateien

Hier können Sie ein Laufwerk und einen Ordner auswählen in dem die Valoo Datendateien standardmäßig gespeichert werden.

Dieser Arbeitsordner wird auch als Standardordner beim Öffnen von Valoo Datendateien verwendet.

Arbeitsordner für Valoo Vorlagen

Hier können Sie ein Laufwerk und einen Ordner auswählen in dem die Valoo Vorlagen standardmäßig gespeichert werden.

Dieser Arbeitsordner wird auch als Standardordner beim Öffnen von Valoo Vorlagen verwendet.

Optionen - Seite Validierungsbericht

Optionen

Allgemein Format Daten Validierungsbericht

Titel der zusätzlichen Felder im Validierungsbericht

Zusätzliches Feld 1 Aufsicht der Validierung	Zusätzliches Feld 6 Zusätzliches Feld 6
Zusätzliches Feld 2 Verantwortliche Abteilung	Zusätzliches Feld 7 Zusätzliches Feld 7
Zusätzliches Feld 3 Zuständiges Labor	Zusätzliches Feld 8 Zusätzliches Feld 8
Zusätzliches Feld 4 Mitarbeiter 1	Zusätzliches Feld 9 Zusätzliches Feld 9
Zusätzliches Feld 5 Mitarbeiter 2	Zusätzliches Feld 10 Zusätzliches Feld 10

OK Abbruch

Titel der zusätzlichen Felder im Validierungsbericht

Hier können die Überschriften der zusätzlichen Felder vom Validierungsbericht angegeben werden.

Drucken

Drucken - Einstellungen für die Druckausgabe

Im Dialogfenster 'Drucken' können Einstellungen für den Druckvorgang in Valoo geändert werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Datei/Drucken', oder durch folgenden Button:



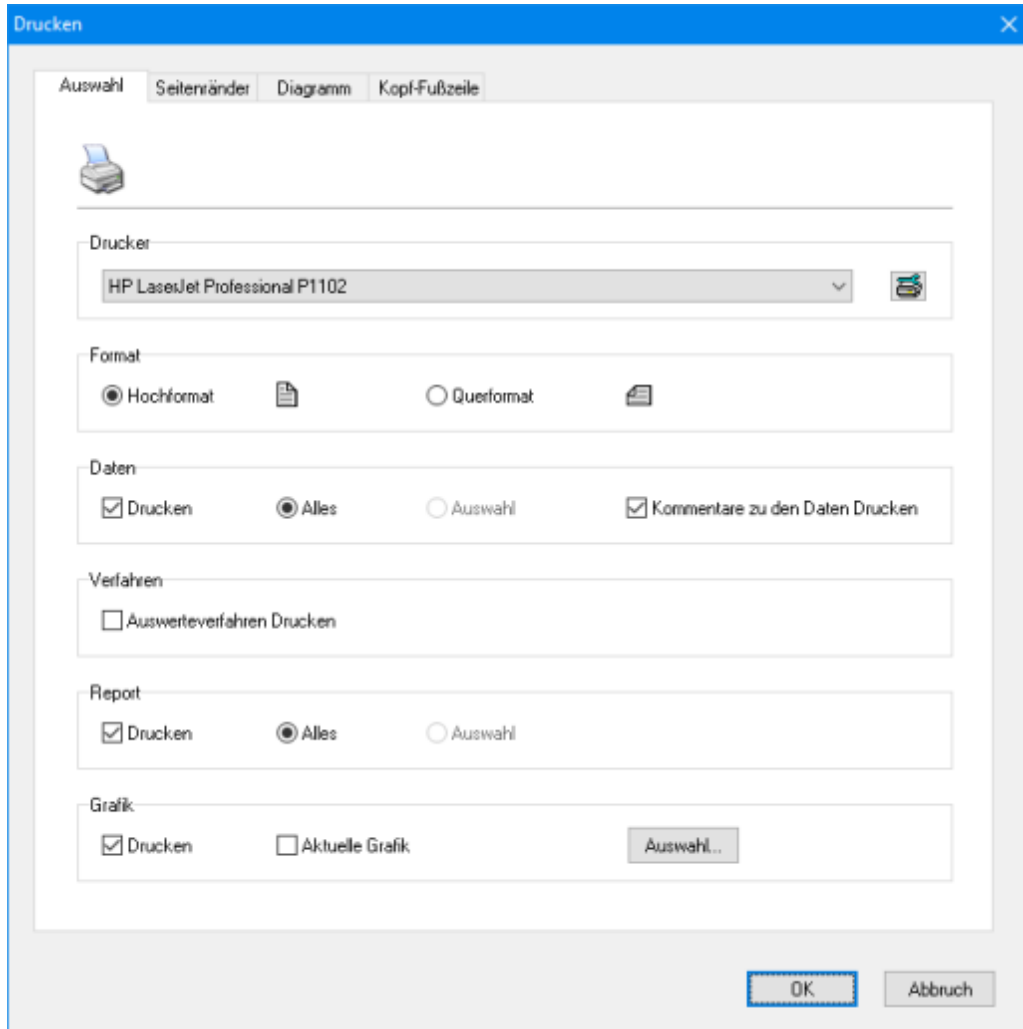
Es können folgende Daten ausgedruckt werden

- Die Messdaten
- Kommentare zu den Daten
- Die Auswerteverfahren
- Der Report
- Die Diagramme

Nachfolgend werden die einzelnen Optionen und Einstellungen beschrieben.

Drucken / Auswahl

Drucken - Auswahl der Druckdaten



Drucker

Auswahl des Druckers auf dem der Ausdruck erfolgt.

Dieser wird solange als Standarddrucker eingesetzt, bis Sie Valoo beenden oder einen anderen Drucker auswählen.

Hier können auch Druckoptionen für den ausgewählten Drucker geändert werden.

Format

Der Ausdruck erfolgt entweder im Hochformat oder im Querformat.

Drucken / Auswahl

Daten / Drucken

Wählen Sie aus ob die Rohdaten (Messwerte) gedruckt werden.

Daten / Alles

Bestimmt das alle im aktuellen Projekt vorhandenen Rohdaten ausgedruckt werden.

Daten / Auswahl

Bestimmt das nur ausgewählte Rohdaten des aktuellen Projekts ausgedruckt werden.

Diese Daten müssen vorher in der Tabelle oder den Tabellen markiert werden.

Daten / Kommentare zu den Daten Drucken

Wählen Sie aus ob die Kommentare zu den Daten ebenfalls ausgedruckt werden sollen.

Verfahren

Wählen Sie aus ob eine Liste der verwendeten Auswerteverfahren ausgedruckt werden sollen.

Report / Drucken

Bestimmt ob der Report des aktuellen Projekts gedruckt wird.

Report / Alles

Bestimmt ob der gesamte Report gedruckt wird.

Report / Auswahl

Nur der ausgewählter Bereich des Reports im aktuellen Projekt wird gedruckt.

Dieser Bereich muss vorher im Report markiert werden.

Drucken / Auswahl



Grafik / Drucken

Wählen Sie aus ob die Diagramme ausgedruckt werden sollen

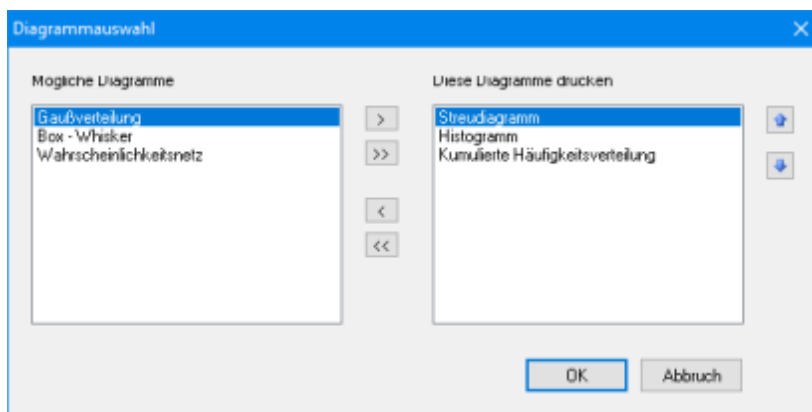
Grafik / Aktuelle Grafik

Nur das aktuell in Valoo auf Seite Grafik angezeigte Diagramm wird gedruckt.

Grafik / Auswahl

Ein Dialogfenster wird angezeigt, in dem Sie Auswahl und Reihenfolge der Diagramme, die gedruckt werden sollen festlegen können.

Diagrammauswahl



Mögliche Diagramme

Zeigt eine Liste aller Diagramme, die gedruckt werden können.

Diese Diagramme Drucken

Auswahl der Diagramme, die in dieser Reihenfolge gedruckt werden sollen.

Diagramme Hinzufügen

Ausgewählte bzw. alle Diagramme zur Liste der zum Drucken ausgewählten Diagramme hinzufügen.

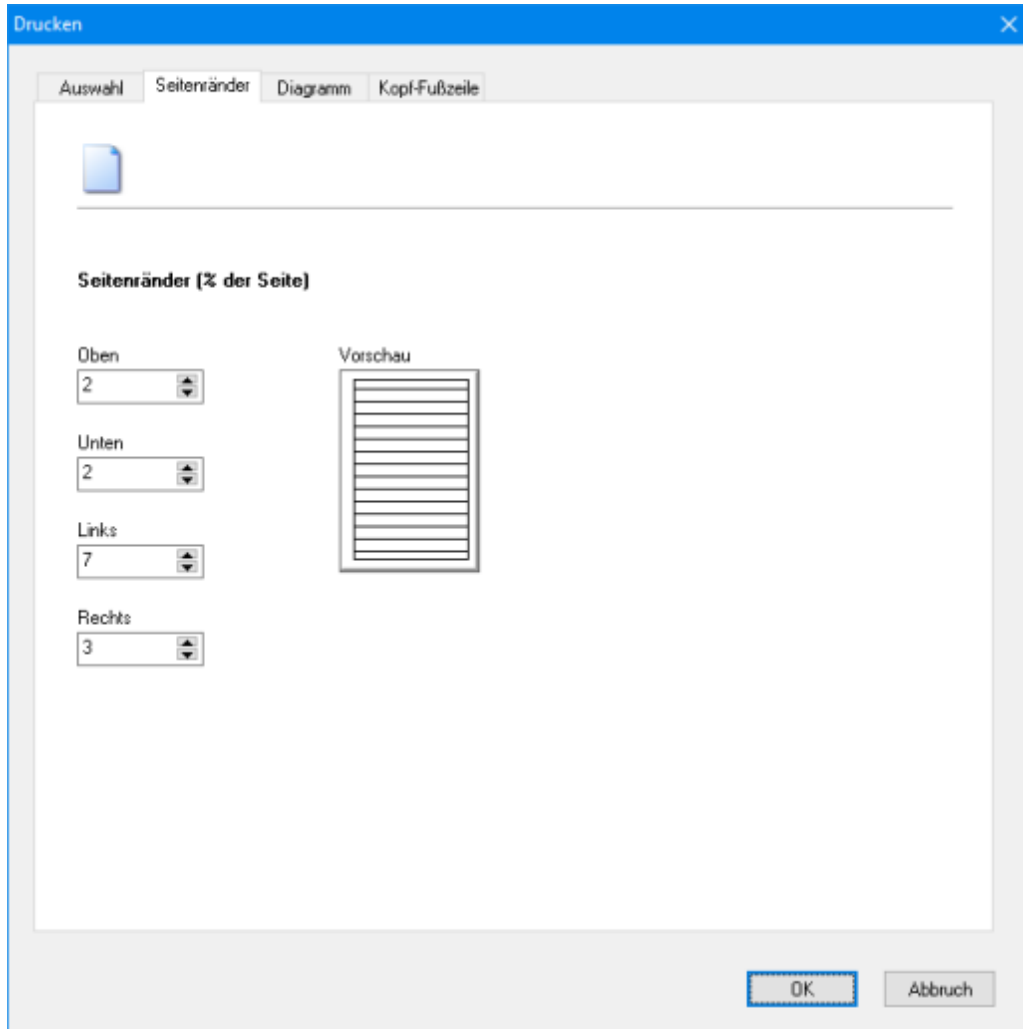
Diagramme Entfernen

Ausgewählte bzw. alle Diagramme aus der Liste der zum Drucken ausgewählten Diagramme löschen.

Reihenfolge der Diagramme

Das ausgewählte Diagramm um eine Position nach oben bzw. unten verschoben werden.

Drucken - Festlegung der Seitenränder



Oben / Unten

Abstand (% der Seite) zwischen dem oberen bzw. unterem Papierrand und dem oberen bzw. unterem Rand der ersten bzw. letzten Zeile.

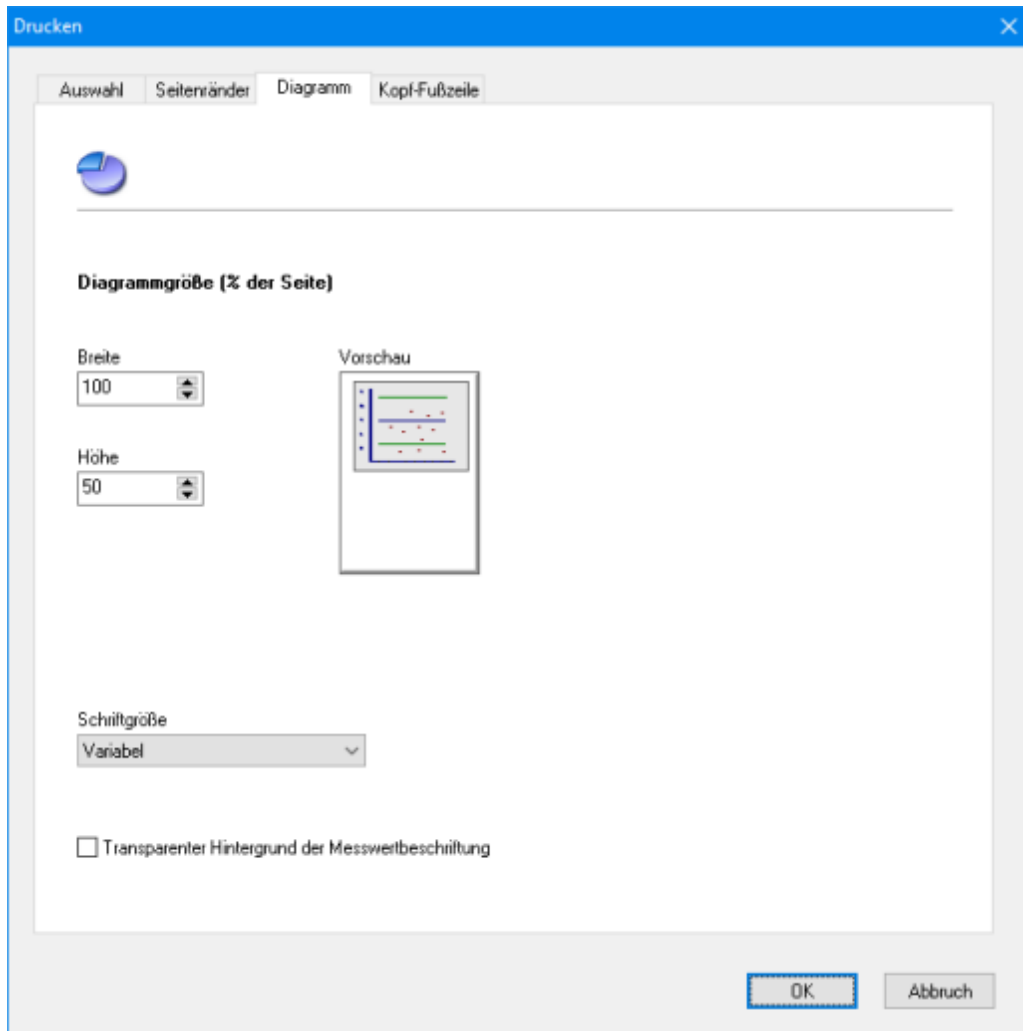
Links / Rechts

Abstand (% der Seite) zwischen dem linken bzw. rechtem Papierrand und dem linken bzw. rechtem Rand der Zeilen.

Vorschau

Zeigt das Erscheinungsbild der Seite mit den ausgewählten Seitenabständen an.

Drucken - Festlegung der Diagrammgröße



Breite / Höhe

Einstellung der Breite bzw. Höhe (% der Seitengröße) die beim Drucken der Diagramme benutzt wird.

Schriftgröße

Festlegung der Schriftgröße für die Beschriftungen innerhalb der Diagramme.

Vorschau

Zeigt das Erscheinungsbild der Diagramme mit den ausgewählten Optionen (Breite/Höhe) an.

Transparenter Hintergrund der Messwertbeschriftung

Beschriftung der Messwerte mit transparentem Hintergrund. Zur besseren Lesbarkeit beim Drucken.

Drucken / Kopf-Fußzeilen

Drucken - Kopf-Fußzeilen drucken

Drucken

Auswahl Seitenränder Diagramm Kopf-Fußzeile

Kopfzeile

☒ Drucken ☒ Alle Seiten ☐ Erste Seite

Kopfzeile 1

Fußzeile

☒ Drucken ☒ Alle Seiten ☐ Erste Seite

Fußzeile 1

☒ Seitennummern Drucken

OK Abbruch

Drucken

Bestimmt ob Kopfzeilen bzw. Fußzeilen gedruckt werden.

Alle Seiten

Bestimmt ob die Kopfzeilen bzw. Fußzeilen auf jeder Seite gedruckt werden.

Erste Seite

Bestimmt ob die Kopfzeilen bzw. Fußzeilen nur auf der ersten Seite gedruckt werden.

Seitennummern Drucken

Bestimmt ob die Seitennummern mit ausgedruckt werden.

Drucken - Auswahl der Karten (Nur Raqs)

Drucken

Auswahl Karten Seitenränder Diagramm Kopf-Fußzeile

Kartenauswahl

☒ Vorlauf
☒ Januar

☐ Aktuelle Karte **Alle auswählen** **Alle abwählen**

Leerkarte

☒ Leerkarte drucken

Anzahl der Werte: 10

Aktuelle Grenzen >>

Obere Kontrollgrenze: 12.0979
Obere Warngrenze: 11.8036
Untere Warngrenze: 10.6264
Untere Kontrollgrenze: 10.3321

Titel: Mikblat2.val Mittelwertkarte (Vorlauf) Grenzen: Vorgängerkarte (2s/3s)

OK **Abbruch**

Kartenauswahl

Wählen Sie hier aus welche Karten gedruckt werden.

Die Auswahl der zu druckenden Daten geschieht auf der Seite 'Auswahl', und hier wählen Sie aus, auf welche Regelkarten diese Auswahl angewendet wird.

Kartenauswahl / Aktuelle Karte

Wählen Sie hier ob nur die aktuell ausgewählte Karte des Projekts gedruckt wird.

Alle auswählen / Alle Abwählen

Alle möglichen Karten werden zum Drucken ausgewählt, bzw. alle Karten werden abgewählt.



Leerkarte

Eine Leerkarte ist eine Regelkarte, die keine Werte enthält, in die jedoch die Grenzwerte eingezeichnet sind. Sie dient dem Eingeben von Messwerten, z.B. dort, wo die Werte anfallen, jedoch kein PC zur Verfügung steht.

In diesem und ähnlichen Fällen kann eine leere Regelkarte ausgedruckt werden, in welche die Werte eingetragen werden.

Leerkarte / Leerkarte Drucken

Wählen Sie diese Option, wenn Sie eine Leerkarte ausdrucken möchten.

Leerkarte / Anzahl der Werte

Anzahl der Werte, die in die Leerkarte eingetragen werden.

Leerkarte / Kartengrenzen

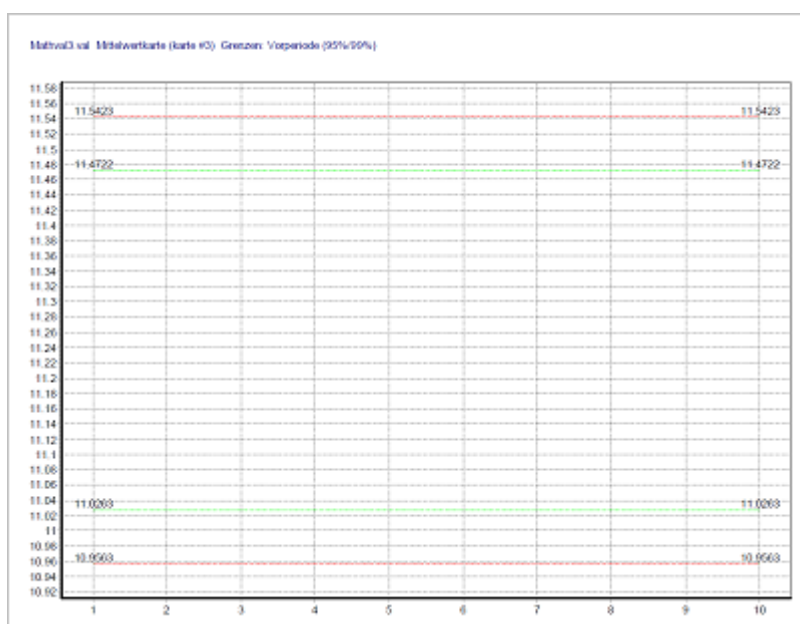
Geben Sie hier die Kontroll- und Warngrenzen für die Leerkarte ein.

Leerkarte / Aktuelle Grenzen

Die Kartengrenzen aus der aktuellen Karte werden für die Leerkarte übernommen.

Leerkarte / Titel

Geben Sie hier einen beliebigen Text ein, der als Titel für die Leerkarte gedruckt wird. Vorgegeben ist der Dateiname des Projekts, Kartentyp, Kartennummer und Art der Grenzen.



Validierungsbericht - Erstellung und Ausgabe eines Validierungsberichts

Am Ende des Reports kann in Valoo ein Validierungsbericht ausgegeben werden.

Dieser dient dazu allgemeine Informationen wie z. B. Validierungsmethode, Validierungszeitraum, Verantwortlicher Mitarbeiter usw. zu dem jeweiligen Statistikprojekt auszugeben.

Außerdem können für die wichtigsten Methoden/Berechnungen Validierungsziele eingegeben werden, welche dann den Validierungsergebnissen (von Valoo berechneten Werten) gegenübergestellt werden.

Je nach Projekttyp können unterschiedliche Validierungsziele eingegeben werden.

Die allgemeinen Informationen und Validierungsziele werden mit dem jeweiligen Projekt (Valoo-Datei) gespeichert. In jedem Projekt kann individuell angegeben werden ob ein Validierungsbericht am Ende des Reports ausgegeben werden soll oder nicht.

Die Auflistung von Validierungszielen und Validierungsergebnissen aus dem Validierungsbericht kann in die Zwischenablage kopiert werden um sie anschließend in anderen Anwendungen einzufügen.

Der Validierungsbericht steht für die Statistikprojekte Messreihen, Kalibrierung, Messreihenvergleich, Standardaddition, Varianzanalyse, Ringversuch und RAQS zur Verfügung.

Im Dialogfenster 'Validierung/Verifizierung' können die Daten für einen Validierungsbericht eingegeben werden.

Aufruf durch Auswahl des Menüpunktes 'Datei/Validierungsbericht', oder durch folgenden Button:



Die Validierungsziele und Ergebnisse können durch Auswahl des Menüpunktes 'Bearbeiten/Validierungsziel - Ergebnis kopieren' für weitere Verwendung in die Zwischenablage kopiert werden, oder durch folgenden Button:



Nachfolgend werden die einzelnen Punkte beschrieben.

Validierungsbericht / Eingabe der Daten

Validierungsbericht - Dialogfenster Validierung / Verifizierung

The screenshot shows a software window titled 'Validierungsbericht' with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into three main sections: 'Validierung / Verifizierung', 'Validierungsziele', and 'Validierungsbericht - Fußdaten'.

Validierung / Verifizierung

Validierungsbericht - Kopfdaten

Methode Standardaddition unter Einsatz der Standardkalibrierung	Prüfnummer 123456789	Validierungszeitsum 01.09.2020 - 04.10.2020
Verantwortlicher Mitarbeiter Max Mustermann	Zusätzliches Feld 1	Zusätzliches Feld 2
Zusätzliches Feld 3	Zusätzliches Feld 4	Zusätzliches Feld 5
Ziel der Validierung Überprüfung von Matrixeffekten		

Validierungsziele

F-Test - Vergleich der Varianzen der Steigungen Kein statistischer Unterschied der Varianzen	t-Test - Vergleich zweier Steigungen Kein statistischer Unterschied der Steigungen	Wiederfindungsrate 100 %
Kontrolle der Analysenpräzision mittels F-Test Kein signifikanter Unterschied der Varianzen	Prüfung auf systematische Abweichungen / VB(aß) Kein konstant systematischer Fehler	Prüfung auf systematische Abweichungen / VB(bß) Kein Proportional systematischer Fehler

Validierungsbericht - Fußdaten

Fazit der Validierung
Keine Matrixeffekte

Freigabe der Methode Max Mustermann	Zusätzliches Feld 6	Zusätzliches Feld 7
Zusätzliches Feld 8	Zusätzliches Feld 9	Zusätzliches Feld 10

Datum
09.10.2020 << Aktuelles Datum

☒ Den Validierungsbericht im Report ausgeben

Die Titel für 'Zusätzliches Feld 1-10' können bei den Optionen geändert werden.

Ok Abbruch

Validierungsbericht - Kopfdaten

Geben Sie hier allgemeine Informationen zum Validierungsbericht ein. Dieser Bereich wird im Report vor den Validierungszielen und Validierungsergebnissen ausgegeben.

Validierungsbericht - Validierungsziele

Geben Sie hier die Validierungsziele ein. Die eingegebenen Werte werden im Report den Validierungsergebnissen gegenübergestellt. Je nach Projekttyp können unterschiedliche Validierungsziele eingegeben werden.

Validierungsbericht - Fußdaten

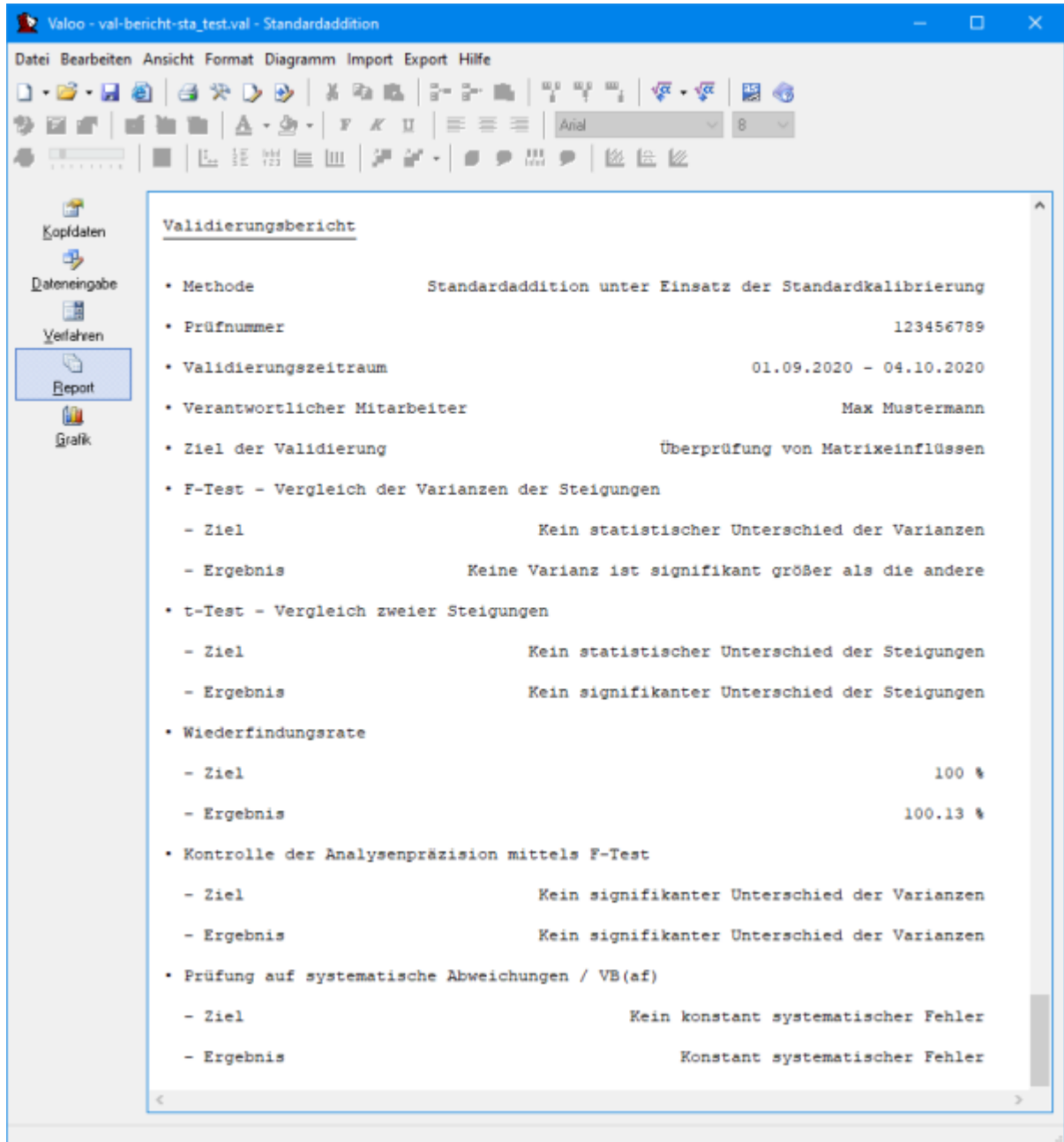
Geben Sie hier allgemeine Informationen zum Validierungsbericht ein. Dieser Bereich wird im Report nach den Validierungszielen und Validierungsergebnissen ausgegeben.

Hinweis

Die Titel für 'Zusätzliches Feld 1-10' können ihren Wünschen entsprechend angepasst werden. Diese Einstellung kann bei den allgemeinen Optionen von Valoo (Datei/Optionen) geändert werden.

Validierungsbericht / Ausgabe im Report

Validierungsbericht - Validierungsbericht im Report ausgeben



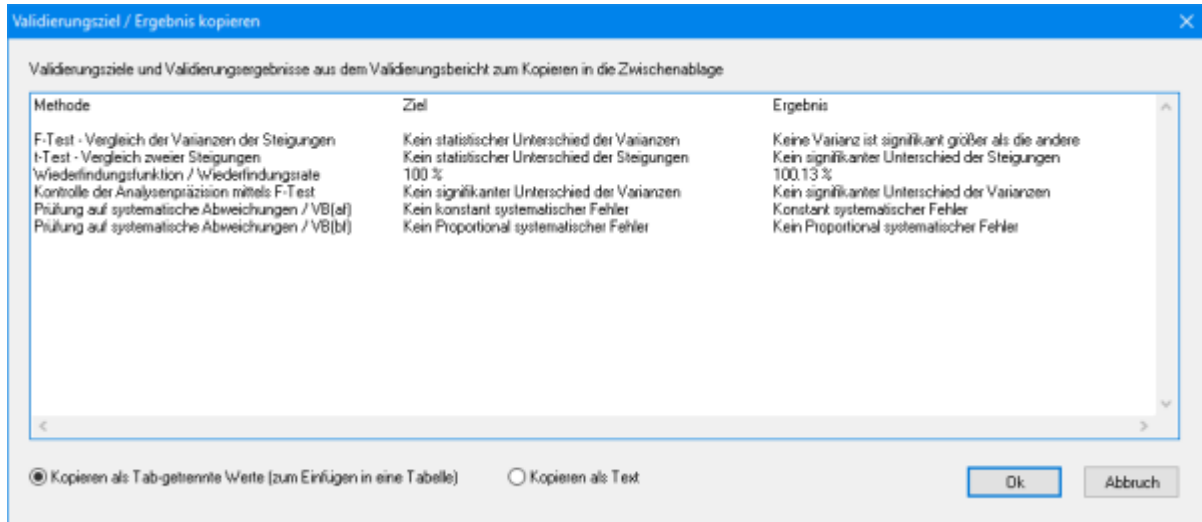
Am Ende des Reports wird (falls ausgewählt) der Validierungsbericht ausgegeben.
Es werden die allgemeinen Informationen ausgegeben und die eingegebenen Validierungsziele werden den Validierungsergebnissen gegenübergestellt.

Hinweis

Wird zu einer bestimmten Methode/Berechnung kein Validierungsziel eingegeben und diese Methode/Berechnung auch bei den Auswerteverfahren nicht ausgewählt, wird nichts ausgegeben.

Validierungsbericht / Ziele - Ergebnisse kopieren

Validierungsbericht - Validierungsziele - Ergebnisse in die Zwischenablage kopieren



Falls die Auflistung von Validierungszielen und Validierungsergebnissen aus dem Validierungsbericht in anderen Dokumenten zur Verfügung gestellt werden soll, können die Daten in die Zwischenablage kopiert werden um sie anschließend in anderen Anwendungen einzufügen.

Wählen Sie aus in welchem Format die Daten kopiert werden sollen und klicken Sie dann auf OK.

Kopieren als Tab-getrennte Werte (zum Einfügen in eine Tabelle)

Um Auflistung von Validierungszielen und Validierungsergebnissen als Tab-getrennte Werte zu kopieren, wählen Sie diese Option.

Dieses Format eignet sich besonders dazu um die Daten in ein Excel Dokument oder eine Word-Tabelle einzufügen.

Kopieren als Text

Um Auflistung von Validierungszielen und Validierungsergebnissen als einfachen Text zu kopieren, wählen Sie diese Option.

Hinweis

Um nur einen Teil des Textes zu kopieren markieren Sie den gewünschten Teil und klicken dann auf OK. Ist kein Text markiert, wird der gesamte Text kopiert.

Import

Daten Importieren

Import einer LabStat Datei

Daten aus einer LabStat Datei können in Valoo importiert werden. LabStat ist das Vorgänger-Programm von Valoo. Wählen Sie dazu im Dateiauswahldialog die gewünschte Datei aus.

Import einer Raqs Datei

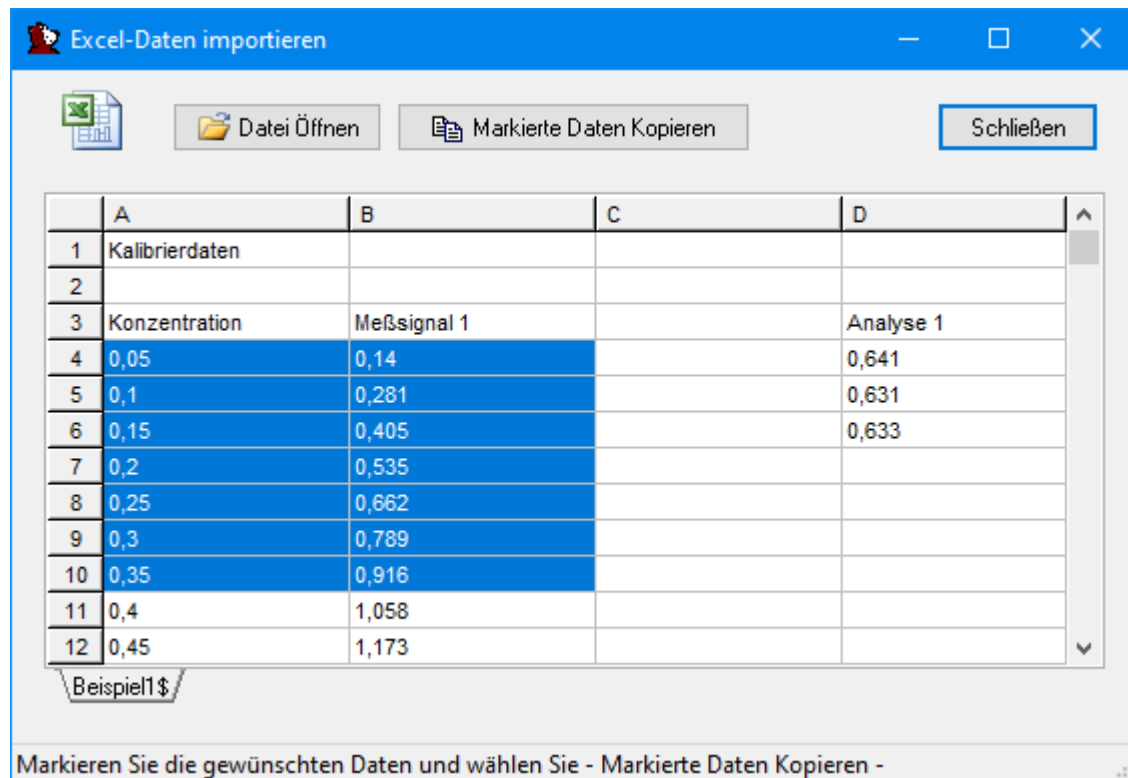
Daten aus einer Raqs Datei können in Valoo importiert werden. Raqs war ein einzelnes Programm, bevor es in Valoo integriert wurde. Wählen Sie dazu im Dateiauswahldialog die Datei aus.

Excel- / Access- / Text (csv) Daten importieren

Es gibt Möglichkeit des Imports von Daten aus Excel-, Access und Text (csv) -Dateien. Nach Aufruf des Menüpunktes 'Import/Excel-Daten importieren' erscheint ein Fenster in dem Sie die gewünschte Datei öffnen können.

Markieren Sie die benötigten Daten und wählen Sie 'Markierte Daten Kopieren'. In Valoo können die Daten dann über die Zwischenablage an gewünschter Stelle eingefügt werden.

Das Fenster mit den zu importierenden Daten kann dabei geöffnet bleiben bis alle gewünschten Daten kopiert sind. Dieses gilt für Excel-Access und Text (csv) Dateien.



Export

Daten exportieren

Die Daten (Messwerte) können in folgende Dateiformate exportiert werden

- Excel Tabelle
- Html Dokument
- dBase Datei
- ASCII Daten
- Textdatei

Der Report kann in folgende Dateiformate exportiert werden

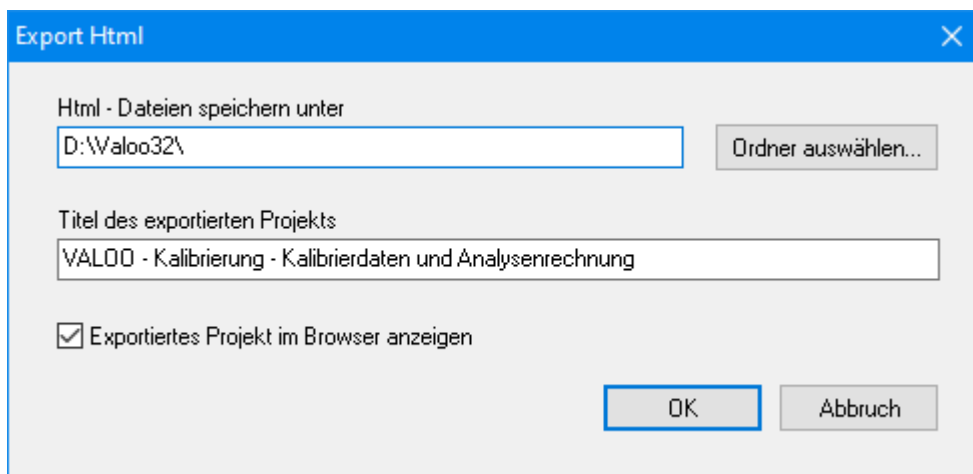
- Html Dokument
- Word Dokument
- Textdatei

Die Diagramme können in folgende Dateiformate exportiert werden

- Bitmap Datei
- Windows Meta Datei

Projekt als Html Datei exportieren

Ihr gesamtes Projekt kann als Html Dokument exportiert werden. Dazu werden alle Daten aus: Kopfdaten, Dateneingabe, Verfahren, Report und Grafik als Html Projekt gespeichert. Damit kann Ihr Projekt auch Benutzen zugänglich gemacht werden, die nicht über 'Valoo' verfügen.



Export Html

Html - Dateien speichern unter
D:\Valoo32\ Ordner auswählen...

Titel des exportierten Projekts
VALOO - Kalibrierung - Kalibrierdaten und Analysenrechnung

☒ Exportiertes Projekt im Browser anzeigen

OK Abbruch

Sie können den Ordner auswählen in dem die Html Dateien gespeichert werden. Der eingegebene Titel erscheint als Überschrift im Html Dokument. Falls gewünscht wird das exportierte Projekt anschließend im Webbrowser geöffnet.

Projekt als Html Datei exportieren - Beispiel

VALOO - Kalibrierung Überprüfung der Varianzhomogenität

Kopfdaten

Titel
Überprüfung der Varianzhomogenität

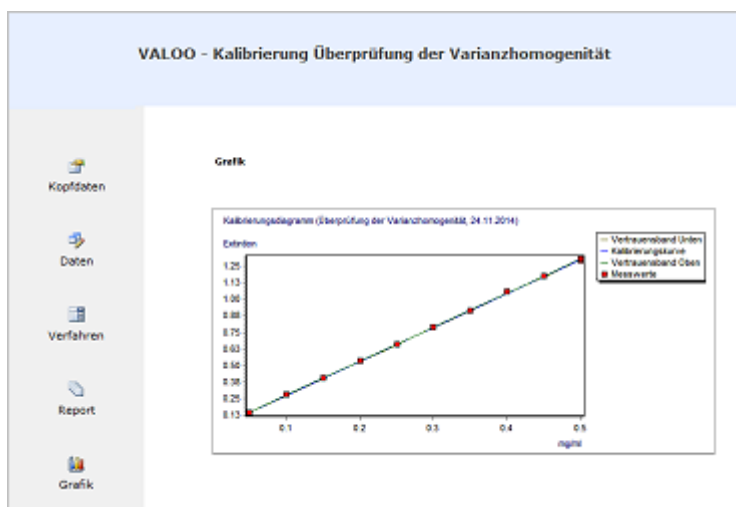
Kommentar
Kommentar zur Überprüfung der Varianzhomogenität

x - Einheit
mg/ml

VALOO - Kalibrierung Überprüfung der Varianzhomogenität

Verfahren

Kalibrierfunktionen	
Lineare Kalibrierfunktion	✓
Kalibrierfunktion 2. Grades	✗
Gewichtete lin. Kalibrierfunktion (1/x ²)	✗
Sättigungsfunktion	✗
x - Log Transformation	✗
y - Log Transformation	✗
xy - Log Transformation	✗
Lineare/Gewicht. Kalibrierung (1/x ⁿ)	✗
Richtungsexponent	0
VB der Kalibrierfunktion	✓
Signifikanzniveau	5.0 %

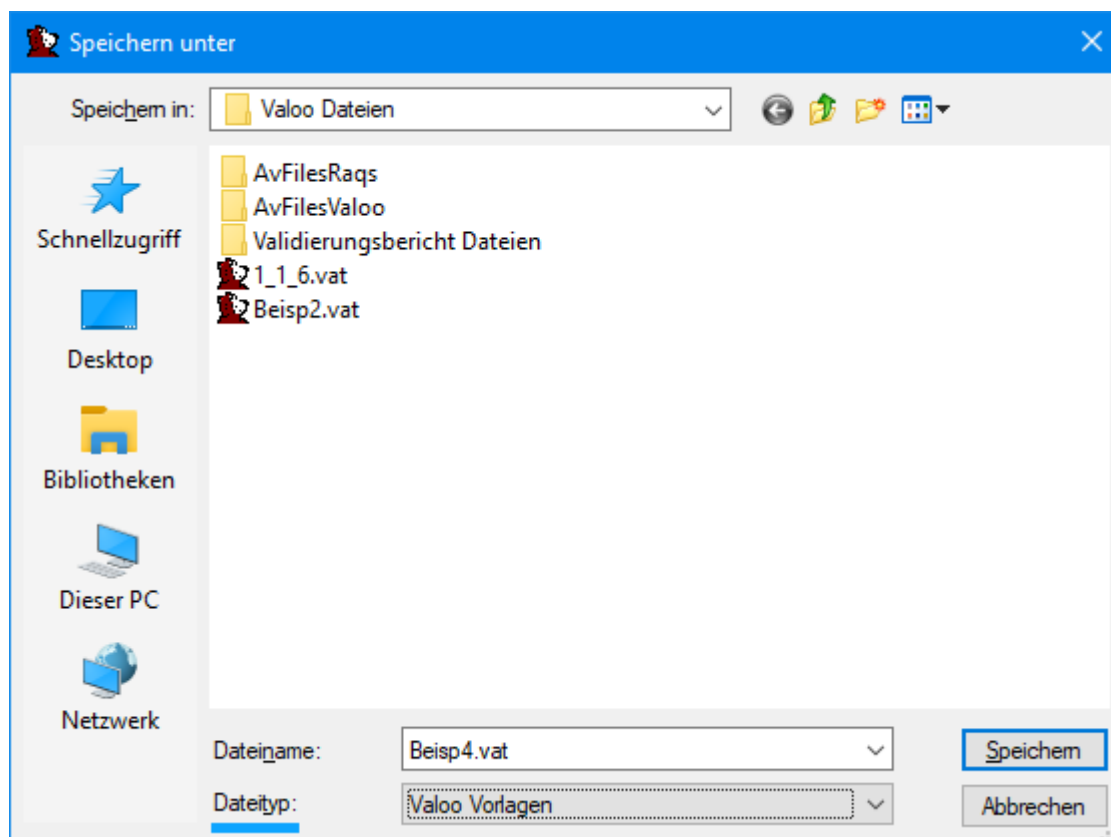


Vorlagen

Vorlagen erstellen

Um eine Vorlage zu erstellen, können Sie jedes Statistikprojekt als Vorlage speichern.

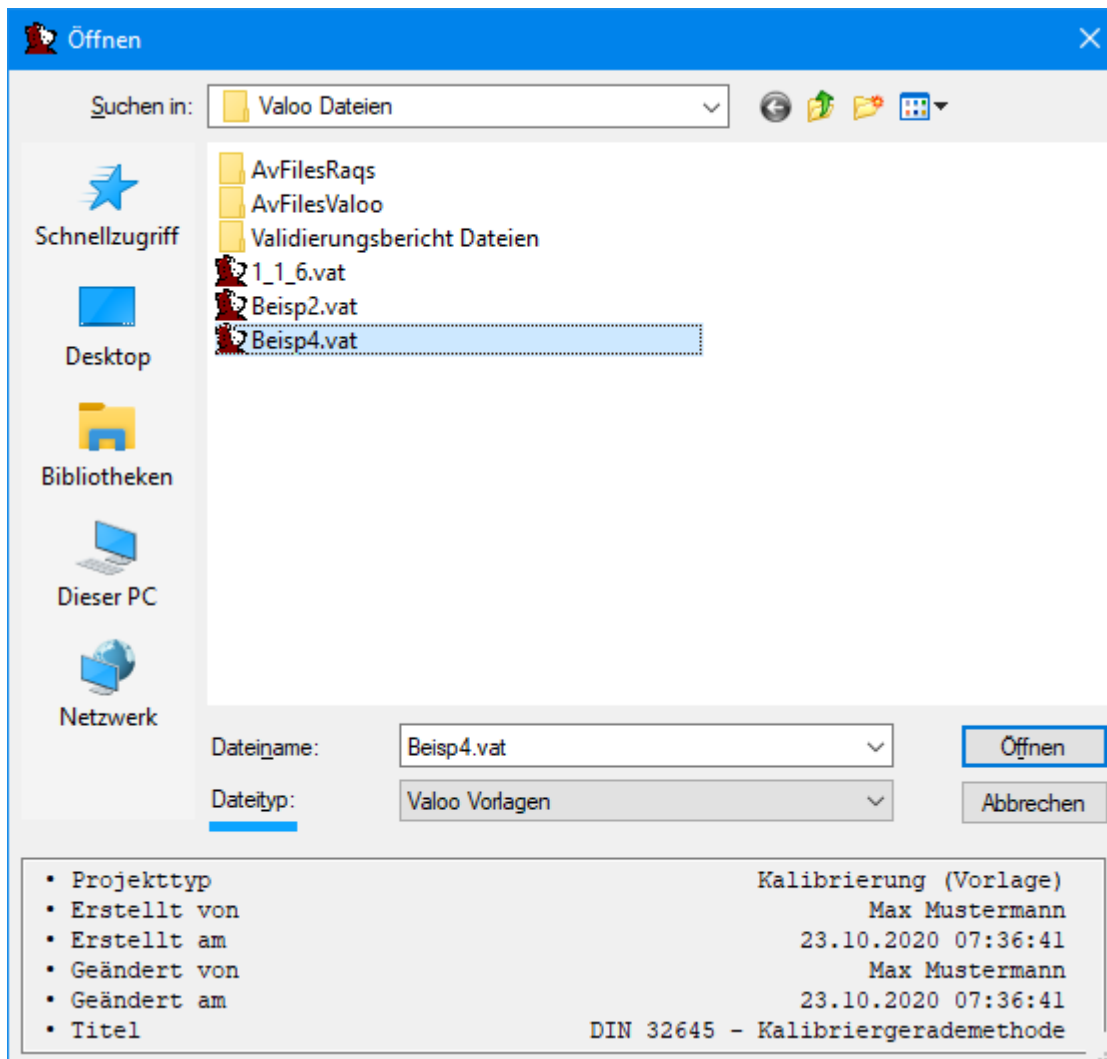
Nehmen Sie in Ihrem Statistikprojekt die gewünschten Einstellungen vor, und wählen Sie dann im Datei / Speichern unter Dialog als Dateityp Valoo Vorlagen aus.



Vorlagen

Vorlagen bearbeiten

Um eine bestehende Vorlage zu bearbeiten wählen Sie im Datei Öffnen Dialog als Dateityp Valoo Vorlagen aus.



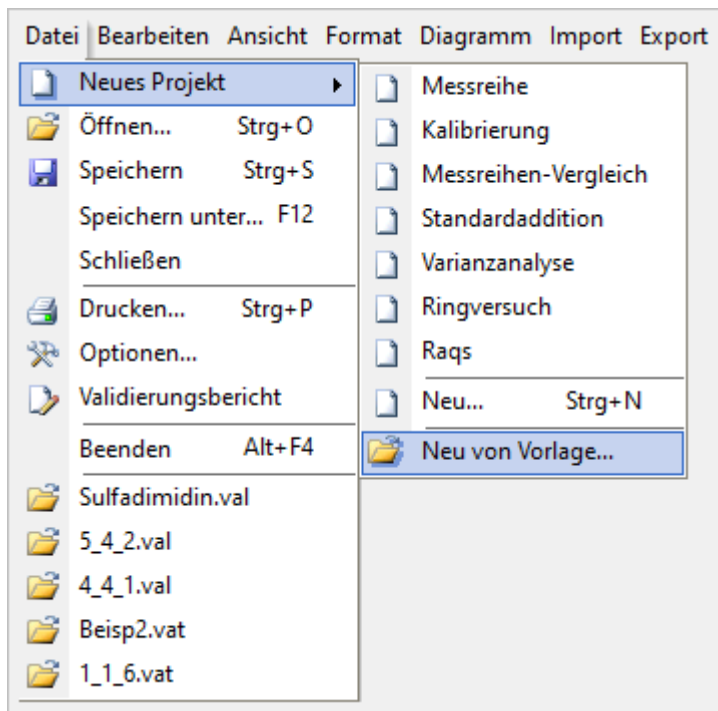
Nachdem Sie die Vorlage bearbeitet haben, können Sie diese speichern.

Um die Vorlage unter einem anderen Namen zu speichern wählen Sie Speichern unter.

Vorlagen

Ein neues Statistikprojekt von einer Vorlage erstellen

Um ein neues Statistikprojekt von einer Vorlage zu erstellen wählen Sie den Menüpunkt:
Datei / Neues Projekt / Neu von Vorlage.



Im anschließenden Öffnen Dialog wählen Sie die gewünschte Vorlage aus.

Was ist ein Statistikprojekt?

Unter einem Statistikprojekt versteht Valoo Ihr statistisches Vorhaben.

Das beinhaltet

- Daten
- Die Kopfdaten
- Die Messdaten
- Was soll damit geschehen?
- Die Auswerteverfahren

Bei einer Sitzung mit Valoo, muß Valoo Ihre Daten erhalten und von Ihnen wissen, was damit geschehen soll.

Das Statistikprojekt kann in Dateien gespeichert werden.

Diese Dateien sind Valoo-spezifisch und können nur von Valoo wieder geöffnet werden.

Bei Valoo ist jeweils nur ein Statistikprojekt aktiv.

Sobald Sie ein weiteres Statistikprojekt öffnen oder anlegen wollen, schließt Valoo das gerade aktive Projekt.

Folgende Statistikprojekte können ausgewählt werden

- Statistikprojekt - Messreihen
- Statistikprojekt - Kalibrierung
- Statistikprojekt - Messreihenvergleich
- Statistikprojekt - Standardaddition
- Statistikprojekt - Varianzanalyse
- Statistikprojekt - Ringversuch
- Statistikprojekt - Raqs

Statistikprojekt Messreihe

Eine Messreihe ist in erster Linie ein Kollektiv von Messwerten, das sozusagen stellvertretend für alle Werte zur Verfügung steht.

Eine Messreihe wird hauptsächlich durch die Kennzahlen, den Mittelwert, die Standardabweichung und den Vertrauensbereich beschrieben.

Die Berechnung dieser Kennzahlen ist nur erlaubt, wenn zwei Voraussetzungen erfüllt sind

- Die Messwerte müssen normalverteilt sein.
- Die Messwerte dürfen keinen Trend aufweisen.

Die Durchführung der Ausreißertests ist sehr umstritten.

Valoo führt die Tests durch, mit dem Ergebnis muß der Analytiker fertig werden.

Weil der Mensch eine visuelle einer numerischen Beschreibung vorzieht, sind folgende Grafiken darstellbar:

- Streudiagramm
- Histogramm
- Kumulierte Häufigkeitsverteilung
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Wahrscheinlichkeitsnetz

Statistikprojekt Kalibrierung

Bei einem Analysenverfahren führt die Anwendung des physikalischen Messprinzips nicht direkt zum Analyseergebnis.

Der erhaltene Messwert stellt lediglich ein physikalisches Ergebnis dar.

Dieses Ergebnis muß über die Verfahrenskennndaten der berechneten Kalibrierfunktion in das Analyseergebnis umgerechnet werden.

Die Kalibrierfunktion wird hierzu zur Analysenfunktion, die nach Einsetzen des Messwertes das Analyseergebnis liefert.

Valoo kennt folgende Kalibrierfunktionen

- Lineare Kalibrierung
- Gewichtete lineare Kalibrierung ($1/s^2$)
- Kalibrierfunktion 2.Grades
- Lineare gewichtete Kalibrierung ($1/x^n$)
- Sättigungsfunktion
- Verschiedene Transformationen

Valoo unterstützt die Validierung der linearen Kalibrierfunktion.

Validierungsparameter

- Die Nachweis- und Bestimmungsgrenze nach verschiedenen Vorschriften
- Ausreißertest und Varianzhomogenitätstest.
- Linearität
- Residuenanalyse
- Wiederfindungsrate

Statistikprojekt Messreihenvergleich - Gleichwertigkeit

In diesem Modul können Sie zwei Messreihen bzw. zwei Analysenverfahren miteinander vergleichen.

Vielleicht fragen Sie sich, ob man die Messreihen zusammenfassen kann bzw. ob einer der beiden Messreihen zuverlässiger ist.

In diesem Fall kann Valoo Sie mit Hilfe folgender Tests unterstützen

- t-Tests zum Vergleich einer Messreihe mit einem Sollwert
- t-Tests für den Vergleich zweier Mittelwerte und
- F-Tests zum Vergleich zweier Standardabweichungen unabhängiger Messreihen

Oder möchten Sie die Gleichwertigkeit zweier Analysenverfahren untersuchen?

Hierzu bietet Valoo zunächst den Test auf 'Störer' nach Grubbs.

Anschließend die Berechnung der Orthogonalregression mit Prüfung auf proportional bzw. konstant-systematische Abweichungen.

Oder den verbundenen t-Test basierend auf den Differenzen.

Statistikprojekt Standardaddition

In der Routineanalytik ist mit großen Unterschieden in der Matrix von Proben zu rechnen.

Es ist deswegen problematisch, Prognosen zur Unpräzision von Messwerten zu machen.

Die Unpräzision eines Analysenergebnisses sollte, insbesondere wenn es um Überwachung des Grenzwertes geht, über das Verfahren der Standardaddition ermittelt werden.

Bei der Standardaddition geben Sie einer typischen realen Probe bekannten Konzentrationen der zu bestimmenden Substanz zu.

Aus diesem Experiment ergibt sich die Möglichkeit, eine Wiederfindungsrate zu berechnen.

Es ist hierbei empfehlenswert, die Aufstockung so vorzunehmen, dass eine Eichkurve in der realen Probe erstellt und deren Steigung mit der Steigung der Eichkurve von Standardlösungen auf signifikante Unterschiede überprüft wird.

Dieses Verfahren stellt eine Möglichkeit dar, proportionale systematische Abweichungen des Analysenverfahrens aufzudecken.

Statistikprojekt Varianzanalyse

Mit Hilfe der Varianzanalyse können Sie mehrere Messreihen untereinander vergleichen.
Wozu das?

Beispiel:

In einem Labor existieren vier Analysengeräte, die zur Bestimmung des Gehalts einer Probenkomponente benutzt werden.

Es kommt bei näherer Untersuchung der Verdacht auf, dass nicht alle Geräte gleich gut arbeiten.

Möglicherweise liefern ein oder mehrere Geräte Werte, die sich signifikant von den Werten der anderen Geräte unterscheiden.

Das soll untersucht werden:

An den vier Analysengeräten wird immer die gleiche Gehaltsbestimmung durchgeführt.

Hierzu wird eine Probe auf allen vier Geräten einer Dreifachbestimmung unterzogen.

Auswertung

- Einfachen Varianzanalyse
- Systematisches Modell.

Weitere Anwendungsgebiete

- Vergleich von Analysenmethoden oder Analysegeräten
- Überprüfung der Zeitstabilität der Analyseergebnisse usw.

Da es sich hierbei um mehrere Messreihen handelt, gelten für jede einzelne dieselben Zusammenhänge wie für eine Messreihe.

Statistikprojekt Ringversuch

Ein Ringversuch ist ein Experiment, bei dem mehrere Laboratorien ein identisches Material auf die gleiche Messgröße hin untersuchen und die Resultate vergleichend beurteilen.

Ringversuche sind damit ein unverzichtbarer Bestandteil der externen Qualitätssicherung eines Labors, sie erlauben es festzustellen, inwieweit die Methoden und Ergebnisse eines Labors mit denen anderer Labors vergleichbar sind.

Entsprechend ihrer Zielsetzung unterscheiden wir verschiedene Typen Ringversuche. Sie können dazu dienen, die Qualität von Analysenmethoden oder die Qualität von Laboratorien zu beurteilen. Seltener werden Ringversuche dazu eingesetzt, Materialien zu charakterisieren.

Nach dem Rücklauf der Einzelergebnisse der Teilnehmer obliegt dem Veranstalter des Ringversuchs die Auswertung und Zusammenfassung. Ein wesentlicher Teil hiervon ist die statistische Auswertung. Wie diese zu erfolgen hat, ist häufig in Richtlinien geregelt. Valoo rechnet nach LMBG § 35.

Statistische Analyse

Mit Hilfe der statistischen Analyse sollen drei Fragenkomplexe beantwortet werden:

- Liegen innerhalb eines Labors „Ausreißer“ vor?
- Arbeiten alle Laboratorien mit der gleichen Varianz?
- Wird ein systematischer Fehler bei der Durchführung / Auswertung gemacht?

Die statistische Analyse wird nach Vorlage der Messwerte aller Laboratorien von der Ringversuchsleitung durchgeführt. Unfallwerte sind in der Regel nicht aufzuzeichnen, sondern durch neue Messungen zu ersetzen.

„Unfallwerte“ sind Messwerte, die durch einen Fehler bei der Versuchsdurchführung verfälscht sind und bei denen die Ursache für diesen Fehler erkannt wurde (z.B. übertitrierte Probe, über die Marke aufgefüllter Messkolben).

Vorbereitung der statistischen Analyse

Die Ringversuchsleitung sammelt sämtliche Daten und Berichte von allen beteiligten Laboratorien.

Vor Beginn der statistischen Analyse muß die Ringversuchsleitung überprüfen, ob die Versuchsbedingungen von allen Laboratorien eingehalten worden sind, und muß bei unklaren oder unvollständigen Berichten entsprechende Rückfragen anstellen. Gegebenenfalls müssen die Messwerte eliminiert werden.

Behandlung des Ausreißerproblems

Der Ringversuch führt für jedes Labor Ausreißertests auf dem 1% -Signifikanzniveau durch.

Folgende statistische Tests werden hierfür empfohlen:
Grubbs -Test oder Dixon -Test

Beide Tests sind so konstruiert, dass sie die Hypothese überprüfen, ob die Abweichung des extremsten Wertes einer Messwertreihe noch als zufällig angesehen werden kann oder aber der betreffende Messwert als Ausreißer zu betrachten ist.

Führt der Test zu einem signifikanten Ergebnis, so bleibt der entsprechende Messwert bei den weiteren Berechnungen unberücksichtigt, ansonsten gehen sämtliche Messwerte in die weiteren Berechnungen ein.

Vergleich der Varianzen

Mit den von Unfallwerten und Ausreißern bereinigten Messwerten der verbleibenden Laboratorien wird untersucht, ob zwischen den einzelnen Laboratorien Differenzen in den laborinternen Varianzen bestehen.

Zur Überprüfung dieser Frage sind folgende Tests geeignet:
Bartlett -Test und Cochran -Test

Systematische Abweichungen und Fehler

Zur Untersuchung der Frage, ob zwischen Mittelwerten der Laboratorien Unterschiede bestehen, sind folgende Verfahren geeignet:
Einfache Varianzanalyse und Kruskal-Wallis-Test

Während die Varianzanalyse gleiche Varianzen in allen Laboratorien voraussetzt, ist der Kruskal-Wallis-Test auch bei unterschiedlichen Varianzen anwendbar, hat aber im Falle gleicher Varianzen eine geringere asymptotische Effizienz als die Varianzanalyse.

Ermittlung von Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit

Als Kenngrößen der Untersuchungsmethode werden mit den verbleibenden Messwerten die Wiederholstandardabweichung **S_r** und die Vergleichsstandardabweichung **S_R** berechnet.

Aus **S_r** und **S_R** können die sich auf die Differenz von zwei Messwerten unter Wiederhol- bzw. Vergleichsbedingungen beziehenden Kenngrößen Wiederholbarkeit **r** und Vergleichbarkeit **R** abgeleitet werden.

Statistikprojekt Raqs

Raqs dient dem Führen von Regelkarten.

Je nach Einstellung können Regelkarten gemäß den AQS-Richtlinien (Merkblatt 11 des Landesamtes für Wasser und Abfall, NRW) geführt werden.

Raqs kann auch in anderen Einsatzgebieten als der Wasseranalytik eingesetzt werden.

Die Regelkartentypen sind schließlich universell.

Dazu lassen sich z. B. die Regelkartengrenzen frei eingeben und gelten für alle folgenden Regelkarten.

Auch kann bei den Streumaßen nicht nur mit oberer Kontrollgrenze, sondern mit allen Grenzen (Warn-, Kontroll-) gearbeitet werden.

Es sind folgende Regelkartentypen möglich

- Urwertkarte
- Mittelwertkarte
- Blindwertkarte
- Wiederfindungskarte
- Differenzkarte
- CUSUMkarte
- Relative Spannweitenkarte
- Standardabweichungskarte
- Relative Spannweiten-Mittelwertkarte
- Standardabweichungs-Mittelwertkarte

Übersicht der Auswerteverfahren

Übersicht der Auswerteverfahren für die einzelnen Projekte

Nachfolgend eine Übersicht der gesamten Auswerteverfahren.

Die Verfahren für die einzelnen Projekte werden anschließend beschrieben.

Auswerteverfahren für Messreihen

Statistische Kenngrößen

- Mittelwert
- Median
- Schiefe
- Spannweite
- Standardabweichung
- Variationskoeffizient
- Wiederholgrenze
- Vertrauensbereich
- T - Faktor

Messunsicherheit

- Erweiterte Unsicherheit

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Leerwertmethode

- Leerwertmethode in der Schnellschätzung der DIN 32645

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Auswerteverfahren der Kalibrierung

Kalibrierfunktionen

- Lineare Kalibrierfunktion
- Kalibrierfunktion 2. Grades
- Gewichtete lineare Kalibrierfunktion ($1/s^2$)
- Sättigungsfunktion
- Lineare gewichtete Kalibrierfunktion ($1/x^n$)
- x - Log Transformation
- y - Log Transformation
- xy - Log Transformation

Validierungsparameter

- Linearitätstest
- Ausreißertests
- Varianzhomogenitätstest
- Prüfwert XP

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

- DIN 32645

Signifikanzniveau

- Vertrauensbereich der Regressionskurve

Analysenrechnung

- Analysenrechnung mittels linearer Kalibrierfunktion
- Analysenrechnung mittels Kalibrierfunktion 2. Grades
- Analysenrechnung mittels der Sättigungsfunktion
- Analysenrechnung mittels Transformation
- Erwartungswert
- Wiederfindungsrate

Validierung gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2021/808

- Berechnung nach Durchführungsverordnung (EU) 2021/808

Auswerteverfahren für den Messreihenvergleich / Gleichwertigkeit

Statistische Kenngrößen

- Mittelwert
- Median
- Schiefe
- Spannweite
- Standardabweichung
- Variationskoeffizient
- Wiederholgrenze
- Vertrauensbereich
- T - Faktor

Messunsicherheit

- Erweiterte Unsicherheit

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Leerwertmethode

- Leerwertmethode in der Schnellschätzung der DIN 32645

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Tests

- F-Test zum Vergleich zweier Varianzen
- t -Test zum Vergleich zweier Mittelwerte
- t -Test zum Vergleich mit einem Sollwert
- t-Test zum Vergleich mit einem Grenzwert
- Wilcoxon - Test

Gleichwertigkeit

- Berechnung der Gleichwertigkeit

Auswerteverfahren für die Standardaddition

Kalibrierfunktionen

- Ermittlung der Aufstockkonzentrationen
- Herstellung der Standardlösungen
- Lineare Regressionsanalyse und Auswertung

Systematische Abweichungen

- Proportionale Abweichungen
- F-Test - Vergleich der Varianzen
- t -Test - Vergleich der Steigungen

Wiederfindungsfunktion

- Verfahrensschritte und Matrixeinflüsse
- Kontrolle der Analysenpräzision - F-Test
- Prüfung auf systematische Abweichungen

Signifikanzniveau

- Vertrauensbereich der Regressionskurve

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

- DIN 32645

Auswerteverfahren für die Varianzanalyse

Varianzanalysen

- Statistisches Verfahren

Einfache Varianzanalyse

- Allgemeines mathematisches Modell
- Modell mit systematischen Komponenten
- Modell mit Zufallskomponenten
- Auswertung der Messreihe
- Bartlett -Test

Doppelte Varianzanalyse

- Allgemeines mathematisches Modell
- Modell mit systematischen Komponenten
- Modell mit Zufallskomponenten
- Gemischtes Modell
- Auswertung der Messreihe

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Auswerteverfahren für den Ringversuch

Statistische Kenngrößen

- Wiederholstandardabweichung
- Wiederholgrenze
- Vergleichsstandardabweichung
- Vergleichbarkeit
- Kenndaten der Labors

Varianzenvergleich

- Bartlett
- Cochran
- Einfache Varianzanalyse
- Kruskal - Wallis

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Auswerteverfahren für Raqs

Kartentyp

- Urwertkarte
- Mittelwertkarte
- Blindwertkarte
- Wiederfindungskarte
- Differenzkarte
- Cusumkarte
- Relative Spannweitenkarte
- Standardabweichungskarte
- Relative Spannweiten-Mittelwertkarte
- Standardabweichungs-Mittelwertkarte

Kartengrenzen

- Grenzen woher
- Grenzen wie
- Grenzen Lagemaße
- Grenzen Streumaße
- Ausschluß / Spezifikationsgrenzen

Auffällige Werte

- Auffällige Werte

Kartenvergleich

- Vergleich von Karten

Prozeßfähigkeit

- Prozeßfähigkeit - Prüfmittelfähigkeit

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Graphische Darstellung

- Regelkarte
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Kartenübersicht

Auswerteverfahren für Messreihen

Statistische Kenngrößen

- Mittelwert
- Median
- Schiefe
- Spannweite
- Standardabweichung
- Variationskoeffizient
- Wiederholgrenze
- Vertrauensbereich
- T - Faktor

Messunsicherheit

- Erweiterte Unsicherheit

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Leerwertmethode

- Leerwertmethode in der Schnellschätzung der DIN 32645

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Auswerteverfahren für Messreihen

Statistische Kenngrößen

- Mittelwert
- Median
- Schiefe
- Spannweite
- Standardabweichung
- Variationskoeffizient
- Wiederholgrenze
- Vertrauensbereich
- T - Faktor

Statistische Kenngrößen - Mittelwert

Der Mittelwert \bar{x} ist gleich der Summe der unabhängigen Werte einer Messreihe x_j , dividiert durch deren Anzahl N .

Berechnungsformel:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Statistische Kenngrößen - Median

Der Median ist derjenige Wert, in der nach der Größe der Einzelwerte geordneten Reihe, der die Reihe halbiert.

Der Median ist dem arithmetischen Mittelwert \bar{x} zu bevorzugen beim Vorliegen von:

- wenigen Messwerten
- asymmetrischer Verteilungen
- Verdacht auf Ausreißer

Statistische Kenngrößen - Schiefe

Die Schiefe S einer Verteilung gibt an, ob sich die Werte normal verteilen oder in eine Richtung der Skala tendieren.

Eine **linkssteile Verteilung (Schiefe < 0)** liegt vor, wenn der Mittelwert kleiner ist als der Median einer Verteilung; die Schiefe ist in diesem Fall kleiner als 0.

Eine **rechtssteile Verteilung (Schiefe > 0)** liegt vor, wenn der Mittelwert größer ist als der Median einer Verteilung; die Schiefe ist in diesem Fall größer als 0.

Eine **symmetrische Verteilung (Schiefe = 0)** liegt vor, wenn der Mittelwert und der Median einer Verteilung gleich sind; die Schiefe ist in diesem Fall gleich 0.

Berechnungsformel:

$$S = \frac{3(\bar{x} - \tilde{x})}{s}$$

\bar{x} = Mittelwert

\tilde{x} = Median

s = Standardabweichung

Statistische Kenngrößen - Spannweite

Die Spannweite **R** ist die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Messwert innerhalb einer Messreihe.

Berechnungsformel:

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

Statistische Kenngrößen - Standardabweichung

Die Standardabweichung s einer Serie von Messwerten (Einzelwerte x_i) ist die positive Wurzel aus der Varianz s^2 .

Berechnungsformel:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Sie ist ein Maß für die Streuung der Einzelwerte x_i um den Mittelwert \bar{x}

Varianz

Die Varianz s^2 von Messwerten ist die Summe der Quadrate der Abweichungen der N Einzelwerte x_i vom arithmetischen Mittelwert \bar{x} dividiert durch die Zahl der Freiheitsgrade f . ($f = N - 1$)

Berechnungsformel:

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

(s^2 ist ein Schätzwert von σ^2 , der Varianz für eine Anzahl von $N = \infty$)

Freiheitsgrad

Der Freiheitsgrad f entspricht der Datenanzahl N minus Anzahl der hieraus bereits abgeleiteten, ebenfalls in die Rechnung eingehenden Größen.

Man kann demnach die Anzahl der Freiheitsgrade als die Zahl der Kontrollmessungen ansehen, die das aus einer Messung bereits gewonnene Ergebnis bestätigen sollen, z.B. $f = N - 1$ bei der Standardabweichung eines Mittelwertes.

Bei der Berechnung einer linearen Kalibrierung ist $f = N - 2$, da mindestens zwei Punkte für die Erstellung einer Gerade notwendig sind und alle anderen Messungen diese Ergebnisse bestätigen sollen.

Datenanzahl

Die Datenanzahl N ist die Anzahl der in die Rechnung eingehenden voneinander unabhängigen Einzeldaten x_i innerhalb einer Messreihe.

Statistische Kenngrößen - Variationskoeffizient

Der Variationskoeffizient **VK** oder die relative Standardabweichung einer Serie von Messwerten x_j ist der Quotient aus der Standardabweichung s und dem Mittelwert \bar{x}

Berechnungsformel:

$$VK = \frac{s}{\bar{x}}$$

oder in prozentualer Angabe:

$$VK = \frac{s}{\bar{x}} 100 [\%]$$

Statistische Kenngrößen - Wiederholgrenze / Wiederholbarkeit

Der Wert, unter dem oder gleich dem der Betrag der Differenz zwischen zwei unter Wiederholbedingungen gewonnenen Ermittlungsergebnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erwartet werden kann.

(Das benutzte Symbol ist r)

Die Wiederholgrenze r kann aus der Wiederholstandardabweichung S_y berechnet werden.

Für r gilt gemäß DIN ISO 5725 [3]: Wiederholgrenze $r = 2,8 S_y$

wobei S_y als Schätzwert für die wahre Standardabweichung σ_y zu betrachten ist.

Statistische Kenngrößen - Vertrauensbereich

Der Vertrauensbereich **VB_x** (Konfidenzintervall) gibt an, innerhalb welcher Grenzen bei einem vorgegebenen statistischen Signifikanzniveau **α** und einem Freiheitsgrad **f** der geschätzte Mittelwert \bar{x} liegen kann.

Berechnungsformel:

$$VB_x = \pm t_{\alpha, f} \frac{s}{\sqrt{N}}$$

s = Standardabweichung

Statistische Kenngrößen - T - Faktor

Der Student-Faktor t ist ein Faktor, der von dem Signifikanzniveau α und dem Freiheitsgrad f abhängig ist.

Er wird aus der t-Tabelle entnommen oder mittels eines Algorithmus berechnet.

Berechnungsformel:

$$t = t_{\alpha, f}$$

Messunsicherheit - Erweiterte Unsicherheit

Die Messunsicherheit kennzeichnet einen Bereich von Werten, die der Messgröße sinnvollerweise zugeordnet werden können.

Die Ermittlung der erweiterten Unsicherheit **U** erfolgt durch Multiplikation der Standardabweichung **s** mit dem Erweiterungsfaktor **k**.

Die Wahrscheinlichkeit **P**, auch Grad des Vertrauens genannt, gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass der Wert der Messgröße innerhalb eines Intervalls liegt

Berechnungsformel:

$$U = k \cdot s$$

Ein mit dem Quartil **k** = 1,96 gebildetes Konfidenzintervall für einen Parameter der normalverteilten Zufallsgröße **Y** besitzt die Vertrauens-Wahrscheinlichkeit **P** = 95%.

k = 1,96 -> **P** = 95%

Im Allgemeinen kann ein Wert von **k** = 2 für den Erweiterungsfaktor verwendet werden, um einen Bereich zu definieren, der ein Vertrauensniveau von 95,45% hat.

k = 2 -> **P** = 95,45%.

Mit einem Faktor **k** = 3, entspricht das Vertrauensniveau 99,73 %. Dies setzt voraus, dass eine Normalverteilung gemäß dem Gesetz von Laplace-Gauß vorliegt.

k = 3 -> **P** = 99,73%

Erweiterungsfaktor **k** und zugehörige Wahrscheinlichkeit **P** (für normalverteilte Messwerte).

Erweiterungsfaktor k	Wahrscheinlichkeit P
1	68,27 %
1,645	90 %
1,96	95 %
2	95,45 %
2,576	99 %
3	99,73 %

Auswerteverfahren für Messreihen

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Test auf Normalverteilung nach David

Ein schneller und einfacher Test auf Vorliegen einer Normalverteilung geht auf David zurück.

Hier dient als Prüfgröße das Verhältnis von Spannweite R und der Standardabweichung s

Prüfgröße:

$$PG_D = \frac{R}{s}$$

Die systematische Untersuchung dieses Quotienten bei Stichproben mit N Daten, die einer normalverteilten Grundgesamtheit angehören, führt zu kritischen Schranken für diesen Test.

Hierbei ist zu beachten, daß jeweils eine obere und eine untere Schranke existiert.

Üblicherweise werden die numerischen Werte für diese Schranken für verschiedene Irrtumswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der Datenzahl tabelliert.

Test auf Normalverteilung nach Geary

Für eine Datenmenge läßt sich die mittlere absolute Abweichung **d** nach der folgenden Gleichung berechnen:

$$d = \frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}|$$

Als Prüfgröße **PGG** dient das Verhältnis **d/s**, das auf gleiches **N** korrigiert wird:

$$PG_G = \frac{d}{s} \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{N-1}}$$

Dieser Wert muß zwischen folgenden Grenzen liegen:

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} - \frac{1}{\sqrt{2\pi N}} \sqrt{\frac{N-1}{N}} \quad \text{und} \quad \sqrt{\frac{2}{\pi}} + \frac{1}{\sqrt{2\pi N}} \sqrt{\frac{N-1}{N}}$$

Prüfgröße

Die Prüfgröße **PG** wird nach den Gleichungen der statistischen Prüfverfahren berechnet. Sie ist in einem Zusammenhang mit einer Nullhypothese und einer Gegenhypothese zu sehen.

Anhand der Prüfgröße wird entschieden, ob eine Hypothese anerkannt oder abgelehnt wird.

Statistische Prüfverfahren

Statistische Prüfverfahren werden zur Interpretation von Analysenwerten herangezogen.

Sie geben eine von der persönlichen Meinung unbeeinflusste Antwort, ob sich beispielsweise zwei Standardabweichungen oder zwei Mittelwerte statistisch voneinander unterscheiden.

Die Entscheidung wird anhand entsprechender statistischer Schätzwerte getroffen, die aus den Messergebnissen der zu untersuchenden Grundgesamtheit gewonnen wurden.

Da der Wert des geschätzten Parameters gewissen zufälligen Schwankungen unterliegt, besteht auch eine gewisse Irrtumswahrscheinlichkeit für die getroffene Entscheidung.

Es ist allgemein darauf hinzuweisen, daß ein Test auf gewissen Voraussetzungen basiert, die zu erfüllen sind (z.B. Unabhängigkeit der Daten voneinander, Normalverteilung o.ä.).

Test auf Normalverteilung nach Kolmogoroff - Smirnov

Der Test von Kolmogoroff und Smirnov prüft die Anpassung einer beobachteten an eine theoretisch erwartete Verteilung.

Dieser Test ist verteilungsunabhängig.

Besonders beim Vorliegen kleiner Stichprobenumfänge entdeckt der Kolmogoroff-Smirnov eher Abweichungen von der Normalverteilung.

Man bestimmt die unter der Nullhypothese erwarteten absoluten Häufigkeiten E , bildet die Summenhäufigkeiten dieser Werte FE und der beobachteten absoluten Häufigkeiten B , also FB , bildet die Differenzen $FB - FE$ und dividiert die absolut größte Differenz durch den Stichprobenumfang n .

$$\hat{D} = \frac{\max |F_B - F_E|}{n}$$

Diese Prüfgröße wird anhand von tabellierten kritischen Werte beurteilt:

Eine beobachtete Prüfgröße, die den Tabellenwert erreicht oder überschreitet, ist auf dem entsprechenden Niveau statistisch signifikant. D.h. es liegt keine Normalverteilung vor.

Test auf Normalverteilung nach Chi - Quadrat

Das Grundprinzip beim Chi Quadrat- Anpassungstest ist recht einfach:

Man klassiert die Stichprobe, berechnet sich aus der angenommenen Verteilungsfunktion die theoretisch zu den Klassen gehörenden Wahrscheinlichkeiten (Erwartungswerte) und vergleicht diese mit den Klassenhäufigkeiten der gegebenen Stichprobe (Beobachtungswerte).

Voraussetzungen:

- Alle Erwartungswerte müssen größer als 1 sein.
- Es dürfen nicht mehr als 20% aller Erwartungswerte kleiner als 5 sein.
- Die Datenzahl **N** soll mindestens 40 betragen.

Nullhypothese: H_0

Die Stichprobe stammt aus der angenommenen Verteilung (z. B. Normalverteilung)

Alternativhypothese: H_1

Die Stichprobe stammt **nicht** aus einer Normalverteilung.

Die Nullhypothese wird zugunsten der Alternativhypothese verworfen falls:

$$\sum \frac{(\text{Beobachtungswert} - \text{Erwartungswert})^2}{\text{Erwartungswert}} > \chi^2_{f, 1-\alpha}$$

$$f = k - \alpha - 1$$

k = Klassenzahl

α = Anzahl der unbekannten Parameter die mit Hilfe der Stichprobe geschätzt wurden

Beim Test auf Normalverteilung ist **α** = 2 wenn die Kennwerte der Datenmenge für Mittelwerte und Standardabweichung gleichzeitig die Schätzwerte für **μ** und **σ** der Grundgesamtheit sind. Das ist in der Regel gegeben.

Auswerteverfahren für Messreihen

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Trendtest nach von Neumann

Bei diesem Trendtest berechnet man zunächst die Summe der quadrierten Abweichungen aufeinanderfolgender Daten ***S_d*** nach:

$$S_d = \sum (x_{i+1} - x_i)^2$$

Liegen trendfreie Zufallsvariablen einer Normalverteilung $X = N(x, s^2)$ vor, so ist ***S_d*** ungefähr doppelt so groß wie ***s*** bzw. ***S_d*** / (***N*** - 1) $\gg 2 s^2$. Sobald ein Trend vorliegt, werden im Mittel aufeinanderfolgende Differenzen kleiner und damit ***S_d*** $< 2 s$. Hieraus resultiert die Prüfgröße ***PG_N*** nach:

$$PG_N = \frac{S_d}{s}$$

Als Schranke für den Trendtest nach von Neumann kann man ***V_N*** unter Zuhilfenahme der Schranke der Normalverteilung ***Z_α*** nach folgender Gleichung berechnen:

$$V_N = 2 - 2z_{\alpha} \frac{\sqrt{N-2}}{\sqrt{(N-1)(N+1)}}$$

Trendtest nach Wallis-Moore

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Phasenhäufigkeitstest.

Einen Bereich aufeinanderfolgender Differenzen mit gleichem Vorzeichen bezeichnet man als Phase.

Aus der Anzahl der Phasen p lässt sich eine Prüfgröße **PGWM** nach der unten angegebenen Gleichung berechnen.

Der Test lässt die Anfangs- und Endphase außer Betracht, deshalb steht in der Gleichung $p - 2$.

Berechnungsformel:

$$PG_{WM} = \frac{\left(\left| p - 2 - \frac{2N - 7}{3} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{(16N - 29)}{90}}}$$

Diese Prüfgröße **PGWM** lässt sich direkt mit der Standardnormalverteilung vergleichen.

Gilt hierbei $TWM > Z_{\alpha/2}$, so ist die Nullhypothese **H₀** zu verwerfen.

Die Datenzahl **N** soll mindestens 10 betragen.

Trendtest nach Cox-Stuart

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Vorzeichentrendtest.

Liegen N Messwerte vor, so werden diese in drei Gruppen mit jeweils $N/3$ Daten aufgeteilt.

Ist N nicht durch 3 teilbar, so wird die mittlere Gruppe entsprechend verringert.

Verglichen wird die erste und dritte Gruppe, wobei elementweise die Vorzeichen der Differenzen gebildet werden.

Dabei wird die Anzahl der positiven Vorzeichen mit N_+ , die der negativen mit N_- bezeichnet.

Ist $N_+ > N_-$, so besteht der Verdacht eines positiven, bei $N_- > N_+$ eines negativen Trends.

Bezeichnet man die Anzahl der überwiegenden Vorzeichen mit N_h , so berechnet sich die Prüfgröße PG_{CS} wie folgt:

$$PG_{CS} = \frac{\left(\left| N_h - \frac{N}{2} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{N}{12}}}$$

Ist $PG_{CS} > Z_{\alpha} / 2$, so ist die Nullhypothese H_0 zu verwerfen.

Die Datenzahl N soll mindestens 10 betragen.

Auswerteverfahren für Messreihen

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Ausreißertest nach 4 - Sigma

Liegen mehr als zehn Messungen vor, so gilt überschlägig der Wert als Ausreißer, wenn er mehr als vierfache Standardabweichung ($4 \cdot \text{sdv}(y)$) vom Mittelwert entfernt liegt.

Im Intervall **4** liegen bei einer Normalverteilung 99,99 % aller Werte.

Somit kann mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß ein Wert außerhalb des (**4** Bereichs) ein Ausreißer ist.

Ausreißertest nach Grubbs

Das Aufdecken einzelner Ausreißerwerte kann z.B. nach dem Grubbs-Test erfolgen.

Hierzu werden zunächst der Mittelwert \bar{x} und die Standardabweichung s der Messdaten berechnet.

Aus der Datenmenge wird derjenige Werte x^* mit der größten Differenz zum Mittelwert gesucht und nach der folgenden Bedingungsgleichung getestet:

$$PG_G = \frac{|x^* - \bar{x}|}{s}$$

Die Prüfgröße **PGG** wird mit dem Grubbs-Tabellenwert **rM(N,P%)** verglichen, der seinerseits von der Anzahl **N** der Daten und der Irrtumswahrscheinlichkeit **α** abhängt.

Ist die Prüfgröße größer als **rM**, so wird der untersuchte Datenwert angezeigt.

Weitere ausreißerverdächtige Einzeldaten werden mit jeweils neu berechnetem Mittelwert und Standardabweichung nacheinander getestet.

Für die Datenzahl gilt: $4 < N < 147$.

Ausreißertest nach Dixon

Beim Ausreißertest nach Dixon wird getestet, ob ein verdächtiger Ausreißer einer Grundgesamtheit angehört oder nicht.

Ermittlung der Prüfgröße

Die Messwerte X werden aufsteigend geordnet.

Ermittlung folgender Werte:

kleinster Wert	(Kurzschreibweise X_1)
zweitkleinster Wert	(Kurzschreibweise X_2)
drittkleinster Wert	(Kurzschreibweise X_3)
größter Wert	(Kurzschreibweise X_g)
zweitgrößter Wert	(Kurzschreibweise X_{g-1})
drittgrößter Wert	(Kurzschreibweise X_{g-2})

a) Liegt n im Bereich 3-7, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_g - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-1}}{X_g - X_1}$$

b) Liegt n im Bereich 8-10, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_{g-1} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-1}}{X_g - X_2}$$

c) Liegt n im Bereich 11-13, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_3 - X_1}{X_{g-1} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-2}}{X_g - X_2}$$

d) Liegt n im Bereich 14-29, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_3 - X_1}{X_{g-2} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-2}}{X_g - X_3}$$

Die Prüfgröße ist der größere der beiden nach a) bzw. b, c, d) ermittelten Quotienten.
Vergleich der Prüfgröße mit dem zu n gehörenden Tabellenwert.

Wenn der Wert der Prüfgröße größer als der Tabellenwert ist, wird - sofern der erste der beide Quotienten größer ist - der kleinste Messwert als Ausreißer betrachtet, andernfalls der Größte.

Ausreißertest nach Nalimov

Ein bewährter Test ist der Nalimov-Ausreißertest.

Es werden mindestens drei Wiederholungs- oder Vergleichsmessungen benötigt.

Nach der Formel

$$y^* = \frac{|x^* - \bar{x}|}{s} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

wird r^* für den ausreißerverdächtigen Wert x^* berechnet und mit dem Wert in der Tabelle verglichen.

Der ausreißerverdächtigen Wert x^* ist der Wert mit der größten Abweichung von Mittelwert.

Ist r^* größer $r(95)$, so gilt dieser Wert wahrscheinlich als Ausreißer.

Für r^* zwischen $r(99)$ und $r(99,9)$ ist dieser Wert signifikant ein Ausreißer, größer $r(99,9)$ ist er hochsignifikant ein Ausreißer.

Leerwertmethode in der Schnellschätzung der DIN 32645

Die Nachweis- und Bestimmungsgrenze werden aus der Unsicherheit des Leerwertes berechnet.

Die Leerprobe ist unter Idealbedingungen eine Probe, welche den nachzuweisenden oder den zu bestimmenden Bestandteil nicht enthält, sonst aber mit der Analysenprobe übereinstimmt.

Unter realen Bedingungen ist die Leerprobe eine Probe, welche nur einen sehr geringen Gehalt an dem gesuchten Bestandteil aufweist und der restlichen Zusammensetzung der Analysenprobe (Matrix) möglichst nahe kommt.

Bei symmetrischen Verteilungen ist der Leerwert der arithmetische Mittelwert \bar{x} von Messwerten der Leerprobe.

Diesem Leerwert als gleichwertig betrachtet wird der Ordinatenabschnitt der Kalibrierfunktion, die aus Kalibrierdaten berechnet wird.

Bei der Anwendung der Leerwertmethode ist vom jeweiligen Messwert der Leerwert abzuziehen.

Berechnungsformel:

Nachweisgrenze:

$$x_{(NG)} = t_{f,\alpha} \sqrt{1 + \frac{1}{N} \times \frac{s}{b}}$$

Bestimmungsgrenze:

$$x_{(BG)} = k t_{f,\alpha} \sqrt{1 + \frac{1}{N} \times \frac{s}{b}}$$

t = T- Faktor

s = Standardabweichung

b = aus den Kalibrierdaten bekannte Steigung

k = 3 (Relative Ergebnisunsicherheit von 33.3% auf vorgegebenen Signifikanzniveau)

Sie können folgende Werte für **k** auswählen:

- 20% -> **k = 5**
- 25% -> **k = 4**
- 33% -> **k = 3**
- 50% -> **k = 2**

Signifikanz

Das Signifikanzniveau α gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine bestimmte Aussage nicht zutreffend ist (Irrtumswahrscheinlichkeit).

Bezogen auf den 'Vertrauensbereich des Mittelwertes' bedeutet z.B. die Vereinbarung von $\alpha = 5\%$, daß der gesuchte 'Erwartungswert' μ in 5% aller Fälle außerhalb des Bereiches (Mittelwert $\bar{x} \pm$ Vertrauensbereich **VBx**) um den gefundenen Mittelwert \bar{x} einer Reihe von Parallelbestimmungen derselben Probe erwarten werden kann.

Je kleiner der Wert von α gewählt wird, desto größer wird der Wert für den Vertrauensbereich **VBx**

D.h. um so weiter ist der Bereich, in dem der wahre Wert zu erwarten ist.

Auswerteverfahren der Kalibrierung

Kalibrierfunktionen

- Lineare Kalibrierfunktion
- Kalibrierfunktion 2. Grades
- Gewichtete lineare Kalibrierfunktion ($1/s^2$)
- Sättigungsfunktion
- Lineare gewichtete Kalibrierfunktion ($1/x^n$)
- x - Log Transformation
- y - Log Transformation
- xy - Log Transformation

Validierungsparameter

- Linearitätstest
- Ausreißertests
- Varianzhomogenitätstest
- Prüfwert XP

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

- DIN 32645

Signifikanzniveau

- Vertrauensbereich der Regressionskurve

Analysenrechnung

- Analysenrechnung mittels linearer Kalibrierfunktion
- Analysenrechnung mittels Kalibrierfunktion 2. Grades
- Analysenrechnung mittels der Sättigungsfunktion
- Analysenrechnung mittels Transformation
- Erwartungswert
- Wiederfindungsrate

Validierung gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2021/808

- Berechnung nach Durchführungsverordnung (EU) 2021/808

Auswerteverfahren der Kalibrierung

Kalibrierfunktionen

- Lineare Kalibrierfunktion
- Kalibrierfunktion 2. Grades
- Gewichtete lineare Kalibrierfunktion ($1/s^2$)
- Sättigungsfunktion
- Lineare gewichtete Kalibrierfunktion ($1/x^n$)
- x - Log Transformation
- y - Log Transformation
- xy - Log Transformation

Kalibrierfunktionen - Lineare Kalibrierfunktion

Der funktionelle Zusammenhang zwischen Probenkonzentration und des sich daraus ergebenden Informationswertes (Messwertes) wird durch folgende Geradengleichung beschrieben:

$$y = a + bx$$

Für die Berechnung der Regressionskonstanten **a** und **b** werden die folgenden Hilfsgrößen benötigt:

Mittelwerte

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{N}$$

Quadratsummen

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$Q_{yy} = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$Q_{xy} = \sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]$$

Die Funktionskonstanten ergeben sich somit als Kenngrößen zu:

Steigung der Kalibrierfunktion (Empfindlichkeit des Verfahrens)

Das Maß für die Empfindlichkeit eines Analysenverfahrens ist die Steigung der Kalibriergeraden des gesamten Analysenverfahrens (einschließlich aller vorbereitenden Verfahrensschritte) in dem betrachteten Arbeitsbereich.

$$b = \frac{\sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{Q_{xy}}{Q_{xx}}$$

Achsenabschnitt

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{mit} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad \text{und} \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{N}$$

Reststandardabweichung (Streuung der Messwerte um die Kalibriergerade)

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{N - 2}} \quad \text{mit} \quad \hat{y}_i = a + b x_i$$

Verfahrensstandardabweichung

Die Verfahrensstandardabweichung stellt ein Maß für die Leistungsfähigkeit des Analysenverfahrens in dem betrachteten Arbeitsbereich dar.

$$S_{x_0} = \frac{S_y}{b}$$

Verfahrensvariationskoeffizient = relative Verfahrensstandardabweichung

$$V_{x_0} = \frac{S_{x_0}}{\bar{x}} 100(\%)$$

Korrelationskoeffizienten

Mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten kann sicher gestellt werden, daß die Gerade auch gerade ist.

Durch folgende Gleichung wird der Korrelationskoeffizient berechnet:

$$r = \sqrt{\frac{\left(\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\right)^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Vor der Berechnung des Korrelationskoeffizienten wird festgelegt, welchen Grenzwert dieser überschreiten muß.

Hier bietet sich z.B. 0,999 oder 0,9999 an. Im Idealfall ist $r=1$.

Diese Art der Überprüfung kann auch dann durchgeführt werden, wenn nur ein Messwert pro Konzentration vorliegt.

Arbeitsbereich

Er legt fest, in welchem Konzentrations- oder Massenbereich die Kalibrierfunktion verwendet werden kann.

Er entspricht dem Bereich, für den die Validierung der Kalibrierfunktion erfolgreich war.

Extrapolation nach oben und unten sind nicht zulässig.

Kalibrierfunktionen - Kalibrierfunktion 2.Grades

In diesem Fall wird eine Parabel als Modellfunktion für die Kalibrierfunktion an die Messdaten angepaßt.

Man berechnet aus den Eichdatenpaaren nach den Regeln der Polynom-Approximation 2.Grades die Funktionskonstanten a_0 , a_1 und a_2 der Eichfunktion, die den funktionellen Zusammenhang zwischen der Konzentration x als unabhängiger Veränderlicher beschreibt:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

Zur Berechnung der Funktionskonstanten a_0 , a_1 und a_2 werden die folgende Hilfsgrößen benötigt:

Mittelwerte

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{N}$$

Quadratsummen

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$Q_x^3 = \sum (x_i - \bar{x})(x_i^2 - \bar{x}^2)$$

$$Q_{xy} = \sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]$$

$$Q_x^4 = \sum (x_i^2 - \bar{x}^2)^2$$

$$Q_{xy}^2 = \sum (x_i^2 - \bar{x}^2)(y_i - \bar{y})$$

Die Funktionskonstanten ergeben sich somit als Kenngrößen zu:

$$a_2 = \frac{Q_{xy} Q_x^3 - Q_{xy}^2 Q_{xx}}{(Q_x^3)^2 - Q_{xx} Q_x^4}$$

$$a_1 = \frac{Q_{xy} - a_2 Q_x^3}{Q_{xx}}$$

$$a_0 = \frac{[\sum y_i - a_1 \sum x_i - a_2 \sum x_i^2]}{N}$$

Aufgrund unvermeidlicher zufälliger Verfahrensfehler stellt diese Eichfunktion lediglich eine Schätzung dar.

Deren Präzision durch die Reststandardabweichung **S_y** ausgedrückt wird, also durch eine Standardabweichung, die die Streuung der Informationswerte **y** um die Funktion 2.Grades quantitativ beschreibt:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{N-3}}$$

mit:

$$\hat{y}_i = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2$$

bzw.:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - a_0 \sum y_i - a_1 \sum x_i y_i - a_2 \sum x_i^2 y_i}{N-3}}$$

Der Freiheitsgrad **f** ergibt sich hierbei zu: **f** = **N** - 3, da aus dem Urdatenkollektiv 3 abgeleitete Größen (**a₀**, **a₁** und **a₂**) in die Berechnung von **S_y** eingehen.

Empfindlichkeit des Analysenverfahrens

Die Empfindlichkeit ergibt sich aus Änderung des Informationswertes bei Änderung des Konzentrationswertes.

Liegt für das Analysenverfahren eine lineare Eichfunktion vor, ist die Empfindlichkeit im Arbeitsbereich konstant und entspricht dem Regressionskoeffizienten **a₁**.

Im Falle einer gekrümmten Eichfunktion ist die Empfindlichkeit jedoch abhängig vom Konzentrationswert.

Mathematisch entspricht sie der ersten Ableitung der Eichfunktion.

Empfindlichkeit:

$$e = a_1 + 2a_2 x$$

Als Verfahrensgröße wird die Empfindlichkeit in der Arbeitsbereichsmittle \bar{x} angegeben:

$$E = a_1 + 2a_2 \bar{x}$$

E entspricht dabei der Steigung (Tangente) der Eichfunktion in der Arbeitsbereichsmittle \bar{x} .

Werden Reststandardabweichung S_y und Empfindlichkeit E zur Verfahrensstandardabweichung S_{x0} zusammengefasst, so ergibt sich in allgemeinen gültiger und eindeutiger Weise ein Bewertungskriterium für die Güte eines Analysenverfahrens.

Verfahrensstandardabweichung

$$S_{x0} = \frac{S_y}{E}$$

Diese Kenngröße (S_{x0}) mit $f = N - 3$ Freiheitsgraden eignet sich bei konstantem N , konstantem Arbeitsbereich sowie äquidistanter Eichkonzentrationsverteilung zum Vergleich von Analysenverfahren.

Die relative Verfahrensstandardabweichung V_{x0} ermöglicht den Vergleich der Leistungsfähigkeit von Analysenverfahren.

$$V_{x0} = \frac{S_{x0} \cdot 100\%}{\bar{x}}$$

Kalibrierfunktionen - Gewichtete lineare Kalibrierfunktion ($1/s^2$)

Wenn die Standardabweichung der Messwerte mit steigender Konzentration zunimmt, dann führt die normale Regressionsrechnung zu einer falschen Kalibrierfunktion und damit auch zu falschen Analysenergebnissen.

Denn die normale Regressionsrechnung geht davon aus, daß die Streuung der Messwerte konstant ist.

Eine Lösung dieses Problems stellt die gewichtete Regressionsanalyse dar, welche die Standardabweichung der jeweiligen Messwerte in die Rechnung mit einbezieht.

Durch die gewichtete Regression werden sich der Achsenabschnitt und die Steigung der Kalibriergeraden gegenüber der normalen Regression ändern, was sich direkt auf die Richtigkeit der Analysenergebnisse auswirkt.

Für den Wichtungsfaktor **W_j** auf der Konzentrationsstufe **x_j** gilt in erster Linie die Beziehung:

$$W_i = \frac{1}{s_i^2}$$

s_j^2 stellt die praktische Varianz der Messwerte **Y_{j1}** bis **Y_{jn}** von Wiederholbestimmungen pro Konzentration **x_j** dar.

Die gemessenen Werte werden mal den Wichtungsfaktor **W_j** multipliziert.

Mit den erhaltenen Werte wird eine lineare Kalibrierung durchgeführt.

Kalibrierfunktionen - Sättigungsfunktion

Die Sättigungsfunktion spielt in der Analytik eine oftmals unterschätzte Rolle.

$$\hat{y}(x) = \frac{\alpha_1 x}{\alpha_2 + x}$$

Die Regressionsparameter **α_1** und **α_2** werden so berechnet, daß **S_{dd}** minimal wird.

$$S_{dd} = \sum \left[y_i - \frac{\alpha_1 x_i}{\alpha_2 + x_i} \right]^2 = (x) \min$$

Da die Parameter **α_1** und **α_2** nicht explizit zu lösen sind, verwendet man Näherungs- und Iterationsverfahren.

Kalibrierfunktionen - Lineare gewichtete Kalibrierfunktion ($1/x^n$)

Wichtungsfaktoren = $1/x$, $1/x^2$ oder allgemein $1/x^n$

Wenn die Standardabweichung der Messwerte mit steigender Konzentration zunimmt, dann führt die normale Regressionsrechnung zu einer falschen Kalibrierfunktion und damit auch zu falschen Analysenergebnissen.

Denn die normale Regressionsrechnung geht davon aus, dass die Streuung der Messwerte konstant ist. Eine Lösung dieses Problems stellt die gewichtete Regressionsanalyse dar, welche die Standardabweichung der jeweiligen Messwerte in die Rechnung mit einbezieht.

Durch die gewichtete Regression werden sich der Achsenabschnitt und die Steigung der Kalibriergeraden gegenüber der normalen Regression ändern, was sich direkt auf die Richtigkeit der Analysenergebnisse auswirkt.

Für die Wichtungsfaktoren **w_i** auf der Konzentrationsstufe **x_i** gilt in erster Linie die Beziehung:

$$1/x_i, 1/x_i^2, 1/x_i^3$$

Die gemessenen Werte werden mal den Wichtungsfaktor **w_i** multipliziert. Mit den erhaltenen Werten wird eine lineare Kalibrierung durchgeführt.

Die Geradengleichung **$y = a + bx$** beschreibt den funktionellen Zusammenhang zwischen Probenkonzentration und des sich daraus ergebenden Informationswertes.

Für die Berechnung der Regressionskonstanten **a** und **b** werden die folgenden Hilfsgrößen benötigt:

Wichtungsfaktoren

$$w_i = \frac{1}{(x_i)^{WE}}$$

Mit **WE** = Wichtungsexponent (1,2 oder 3)

Normierte Summe der Wichtungsfaktoren

$$Q_{wi} = \sum \frac{w_i}{\overline{w_i}}$$

Wobei:

$$\overline{w_i} = \frac{w_i}{N}$$

der Mittelwert der Wichtungsfaktoren ist.

Mittelwerte

$$\bar{x} = \left(\sum \frac{w_i}{w_i} x \right) / N_i$$

$$\bar{y} = \left(\sum \frac{w_i}{w_i} y_i \right) / N$$

Quadratsummen

$$Q_{xx} = Q_{wi} \times \sum \frac{w_i}{w_i} x_i^2 - \left(\sum \frac{w_i}{w_i} x_i \right)^2$$

$$Q_{yy} = Q_{wi} \times \sum \frac{w_i}{w_i} y_i^2 - \left(\sum \frac{w_i}{w_i} y_i \right)^2$$

$$Q_{xy} = Q_{wi} \times \sum \frac{w_i}{w_i} x_i y_i - \sum \frac{w_i}{w_i} x_i \cdot \sum \frac{w_i}{w_i} y_i$$

Die Funktionskonstanten ergeben sich somit als Kenngrößen zu:

Steigung der Kalibrierfunktion (Empfindlichkeit des Verfahrens)

Das Maß für die Empfindlichkeit eines Analysenverfahrens ist die Steigung der Kalibriergeraden des gesamten Analysenverfahrens (einschließlich aller vorbereitenden Verfahrensschritte) in dem betrachteten Arbeitsbereich.

$$b = \frac{\sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{Q_{xy}}{Q_{xx}}$$

Achsenabschnitt

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

mit

$$\bar{x} = \left(\sum \frac{w_i}{w_i} x \right) / N_i \quad \text{und} \quad \bar{y} = \left(\sum \frac{w_i}{w_i} y_i \right) / N$$

Reststandardabweichung (Streuung der Messwerte um die Kalibriergerade)

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum \frac{w_i}{w_i} (y_i - \hat{y}_i)^2}{N-2}}$$

mit

$$\hat{y}_i = a + bx_i$$

Verfahrensstandardabweichung

Die Verfahrensstandardabweichung stellt ein Maß für die Leistungsfähigkeit des Analysenverfahrens in dem betrachteten Arbeitsbereich dar.

$$s_{x_0} = \frac{s_y}{b}$$

Verfahrensvariationskoeffizient = relative Verfahrensstandardabweichung

$$V_{x_0} = \frac{s_{x_0}}{\bar{x}} 100(\%)$$

Korrelationskoeffizienten

Mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten kann sicher gestellt werden, daß die Gerade auch gerade ist.

Durch folgende Gleichung wird der Korrelationskoeffizient berechnet:

$$r = \frac{Q_{xy}}{\sqrt{Q_{xx} \cdot Q_{yy}}}$$

Vor der Berechnung des Korrelationskoeffizienten wird festgelegt, welchen Grenzwert dieser überschreiten muß. Hier bietet sich z.B. 0,999 oder 0,9999 an. Im Idealfall ist $r=1$.

Diese Art der Überprüfung kann auch dann durchgeführt werden, wenn nur ein Messwert pro Konzentration vorliegt.

Arbeitsbereich

Er legt fest, in welchem Konzentrations- oder Massenbereich die Kalibrierfunktion verwendet werden kann. Er entspricht dem Bereich, für den die Validierung der Kalibrierfunktion erfolgreich war. Extrapolation nach oben und unten sind nicht zulässig.

Kalibrierfunktionen - x - Log Transformation

Lineare Kalibrierfunktionen besitzen den Vorteil, daß sich das Ergebnis der Kalibrierung sehr einfach gewinnen läßt.

Dies ist der Grund, warum man schon seit längerer Zeit bemüht ist, nicht lineare Zusammenhänge durch irgendeine nichtlineare Transformation so zu korrigieren, daß sie als linearer Zusammenhang darstellbar werden.

Es besteht die Möglichkeit die x-, y- oder sowohl die x- als auch die y-Werte zu logarithmieren und danach die lineare Kalibrierung durchzuführen.

Logarithmieren der x-Werte

Diese Transformation beinhaltet das Logarithmieren der **x**-Werte.

Danach wird eine lineare Kalibrierung durchgeführt

Kalibrierfunktionen - y - Log Transformation

Lineare Kalibrierfunktionen besitzen den Vorteil, daß sich das Ergebnis der Kalibrierung sehr einfach gewinnen läßt.

Dies ist der Grund, warum man schon seit längerer Zeit bemüht ist, nicht lineare Zusammenhänge durch irgendeine nichtlineare Transformation so zu korrigieren, daß sie als linearer Zusammenhang darstellbar werden.

Es besteht die Möglichkeit die x -, y - oder sowohl die x - als auch die y -Werte zu logarithmieren und danach die lineare Kalibrierung durchzuführen.

Logarithmieren der y -Werte

Diese Transformation beinhaltet das Logarithmieren der y -Werte.

Danach wird eine lineare Kalibrierung durchgeführt

Kalibrierfunktionen - xy - Log Transformation

Lineare Kalibrierfunktionen besitzen den Vorteil, daß sich das Ergebnis der Kalibrierung sehr einfach gewinnen läßt.

Dies ist der Grund, warum man schon seit längerer Zeit bemüht ist, nicht lineare Zusammenhänge durch irgendeine nichtlineare Transformation so zu korrigieren, daß sie als linearer Zusammenhang darstellbar werden.

Es besteht die Möglichkeit die x -, y - oder sowohl die x - als auch die y -Werte zu logarithmieren und danach die lineare Kalibrierung durchzuführen.

Logarithmieren der x - und der y -Werte

Diese Transformation beinhaltet das Logarithmieren der x - und der y -Werte.

Danach wird eine lineare Kalibrierung durchgeführt

Auswerteverfahren der Kalibrierung

Validierungsparameter

- Linearitätstest
- Ausreißertests
- Varianzenhomogenitätstest
- Prüfwert XP

Validierungsparameter- Linearitätstest

Prüfung der Linearität geschieht durch Vergleich linearer Kalibrierfunktion mit der Kalibrierfunktion 2.Grades. Die Verringerung der Restvarianz, die sich aufgrund der Wahl eines Regressionsmodells höherer Ordnung gegenüber dem Modell 1.Ordnung ergibt, wird auf Signifikanz geprüft.

Dazu werden aus den (mindestens 10) Kalibrierdatenpaaren

- die lineare Kalibrierfunktion $y = a + bx$, sowie die Reststandardabweichung **Sy1**
- die quadratische Kalibrierfunktion $y = a + bx + cx^2$, die Reststandardabweichung **Sy2**
- aus den Reststandardabweichungen **Sy1** und **Sy2** die Differenz **DS²** der Abweichungsquadratsummen berechnet.

$$DS^2 = (N-2) s_{y1}^2 - (N-3) s_{y2}^2$$

(mit dem Freiheitsgrad $f = 1$)

Für den F-Test wird die folgende Prüfgröße (**PG**) bestimmt:

$$PG = \frac{DS^2}{s_{y2}^2}$$

und mit dem Wert aus der F-Tabelle für $f1 = 1$ und $f2 = N - 3$ verglichen.

Entscheidung:

- A)** Wenn $(PG < F_{f1,f2,\alpha})$, ist der Unterschied zwischen **DS²** und der Restvarianz **S²y2** nicht signifikant. Die Kalibrierfunktion kann im Arbeitsbereich als linear angesehen werden.
- B)** Wenn $(PG \geq F_{f1,f2,\alpha})$, ist der Unterschied zwischen **DS²** und Restvarianz **S²y2** signifikant. Die Kalibrierfunktion ist in dem untersuchten Arbeitsbereich nicht linear. Der vorläufige Arbeitsbereich sollte dann möglichst eingeeengt werden, bis die Bedingung **A)** erfüllt ist, oder die Kalibrierfunktion sollte nach Regressionsmodellen höherer Ordnung berechnet werden.

Validierungsparameter

Nach Abschluß der Entwicklungsphase eines eichbedürftigen Analysenverfahrens ist es erforderlich zu prüfen, ob folgendes gegeben ist:

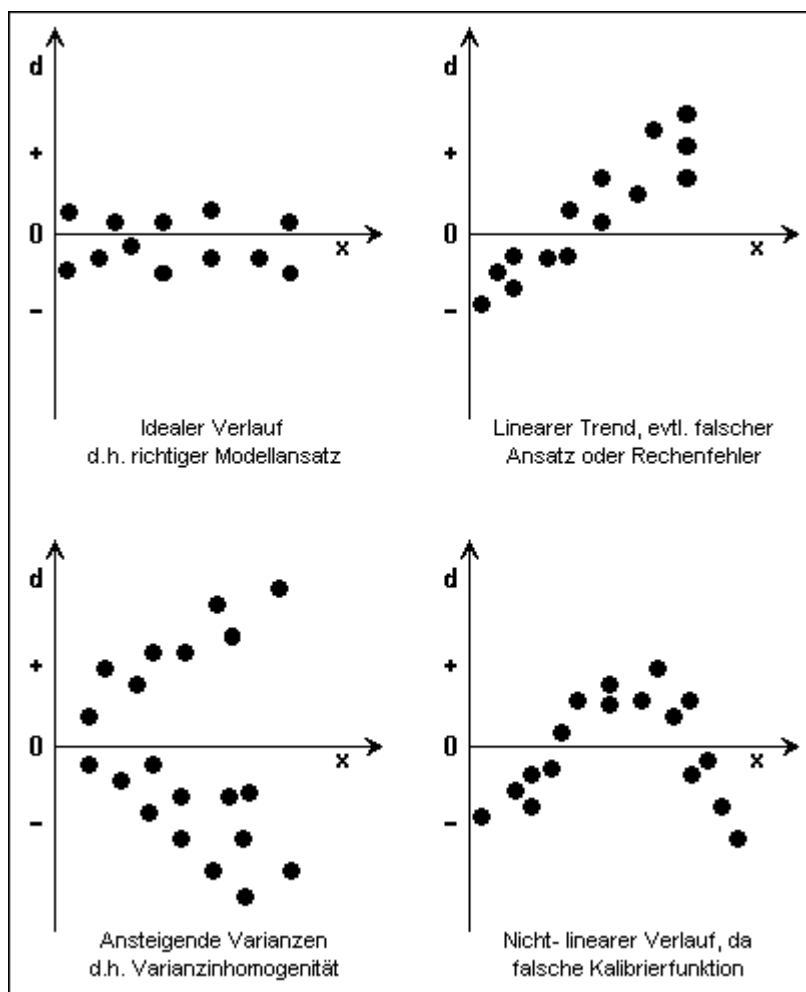
- die Varianzenhomogenität der Werte im definierten Arbeitsbereich und
- die Linearität des mathematisch definierten Zusammenhangs

Andernfalls sind die Verfahren der gewichteten Regression oder andere nicht-lineare Regressionsmodelle für die Kalibrierung zu wählen.

Validierungsparameter - Ausreißertests

Kalibrierdaten müssen grundsätzlich ausreißerfrei sein. Ausreißerverdächtige Werte können mittels Ausreißertests überprüft werden. Vorher muß in jedem Fall das geeignete Regressionsmodell ermittelt werden, da bei der Anwendung des Ausreißertests die Richtigkeit des gewählten Regressionsansatzes vorausgesetzt wird.

Die Residualanalyse kann auch zum Nachweis von Ausreißern herangezogen werden. Dazu wird aus allen Wertepaaren die Kalibriergerade mit der Reststandardabweichung **SyA1** berechnet.



Die Vorauswahl potentieller Ausreißer erfolgt rechnerisch durch Ermittlung der Residuen ($Y_i - \hat{Y}$) und eventuell durch deren graphische Darstellung. Potentieller Ausreißer ist jedes Wertepaar mit auffällig großem Residuum. Nach Eliminierung des verdächtigen Ausreißerpaares (X_A, Y_A) aus dem Datenkollektiv wird eine neue Kalibriergerade mit der Reststreuung **SyA2** berechnet.

Die Prüfung erfolgt wahlweise mit dem F-Test oder mit dem t-Test. Beide Methoden ergeben übereinstimmende Resultate.

F-Test:

Die Reststreuungen **SyA1** und **SyA2** der beiden Geraden werden auf signifikanten Unterschied überprüft.

Man berechnet die Prüfgröße:

$$PG = \frac{(N_{A1} - 2)s_{y_{A1}}^2 - (N_{A2} - 2)s_{y_{A2}}^2}{s_{y_{A2}}^2}$$

und vergleicht ihn mit dem Tabellenwert **F(f1 = 1, f2 = NA2 - 2, α)**.

Bei **PG < F** liegt kein Ausreißer vor, und die eliminierten Werte werden dem Datenkollektiv wieder zugefügt.

t-Test:

Für die Anwendung des t-Tests wird der Prognosebereich der zweiten Regressionsgeraden (nach Ausreißereliminierung) für die Konzentration **xA** berechnet und überprüft, ob der potentielle Ausreißerwert innerhalb dieses Prognosebandes liegt.

Ist das der Fall, so muß der eliminierte Wert wieder ins Datenkollektiv aufgenommen werden.

Berechnung des Prognosebereichs:

$$VB(\hat{y}_A) = \hat{y}_A \pm t_{s_{y_{A2}}} \sqrt{1 + \frac{1}{N_A} + \frac{(x_A - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

$$VB(\hat{y}_A) = a_2 + b_2 x_A \pm t_{s_{y_{A2}}} \sqrt{1 + \frac{1}{N_A} + \frac{(x_A - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

- t** = Tabellenwert der t-Verteilung(**α, f = NA - 2**)
- NA** = **N** - 1 (**N** = ursprüngliche Anzahl der Kalibrierdatenpaare)
- xA** = Standardkonzentration des eliminierten Ausreißers-Messwertes
- \bar{x}** = Mittelwert aller **x_j** (ohne **xA**)

Hinweis:

Wird mit Hilfe des F- bzw. t-Test ein Ausreißer statistisch nachgewiesen, so muß als unabdingbare Forderung die Fehlerursache gesucht und eliminiert werden. Sodann ist die gesamte Kalibrierung zu wiederholen.

Validierungsparameter - Varianzenhomogenitätstest

Varianzeninhomogenität führt nicht nur zu einer höheren Unpräzision, sondern durch mögliche Veränderung der Geradensteigung auch zu einer höheren Ungenauigkeit. Zur Überprüfung der Varianzenhomogenität werden mindestens 10 Standardproben der niedrigsten (**X1**) sowie der höchsten (**XN**) Konzentration des vorläufigen Arbeitsbereiches getrennt analysiert.

Man erhält 2.*n* (*n* =10) Messwerte (**X_{i,j}**) aus diesen Messserien

Für beide Datensätze werden die Varianzen **s²1** und **s²N** berechnet:

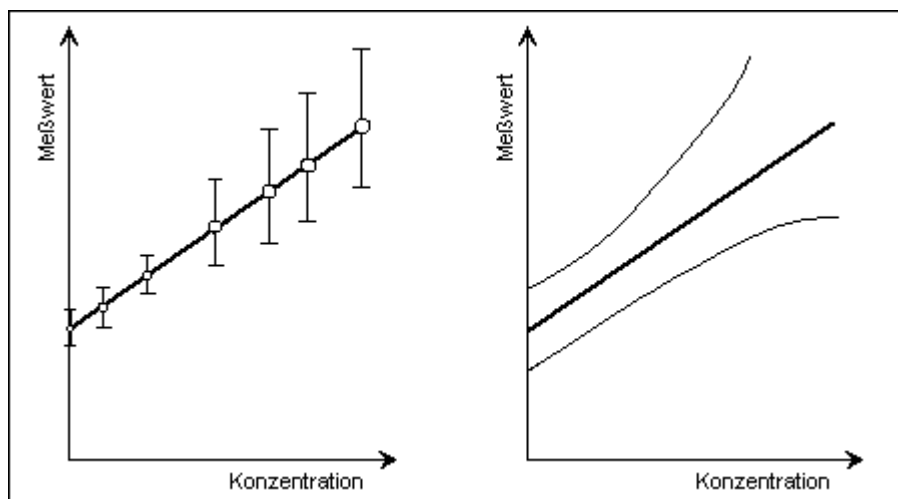
$$s_i^2 = \frac{\sum (y_{i,j} - \bar{y}_i)^2}{n_i - 1}$$

(für *i*=1 und *i*=**N**)

Die Varianzen der beiden Messwertserien werden mittels F-Test auf Homogenität überprüft:

$$PG = \frac{s_N^2}{s_1^2}$$

Zur Erläuterung dieser Berechnungen hilft folgende Grafik:



Für den Fall, daß der F-Test einen signifikanten Unterschied der Varianzen anzeigt, (d.h. **PG > F** ist), gibt es drei Möglichkeiten für die weitere Vorgehensweise:

- Anwendung der gewichteten Regression
- Multiple-Curve-Fitting.
- Wahl eines engeren Arbeitsbereichs und erneute Überprüfung der Varianzenhomogenität (empfohlene Vorgehensweise)

Validierungsparameter - Absicherung der unteren Arbeitsbereichsgrenze (Prüfwert X_p)

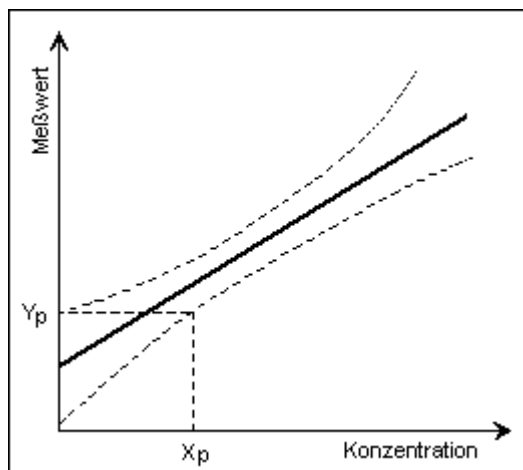
Eine Kalibrierfunktion ist nur dann für quantitative Analysen verwendbar, wenn sich alle später mit ihr berechneten Analyseergebnisse signifikant von Null unterscheiden.

Daher wird geprüft, ob sich die untere Arbeitsbereichsgrenze signifikant von Null unterscheidet.

Die Berechnungsformeln für die Prüfgröße X_p sind identisch mit denjenigen zur Ermittlung der Nachweisgrenze.

$X_p = 2 \sqrt{b} s_{x_0} t$, mit $t (f = N - 2, \alpha)$

$$X_p = 2 s_{x_0} t \sqrt{\frac{1}{N} + 1 + \frac{(y_p - \bar{y})^2}{b^2 \sum (x_i - \bar{x})^2}}$$



mit:

$$y_p = a + s_y t \sqrt{\frac{1}{N} + 1 + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

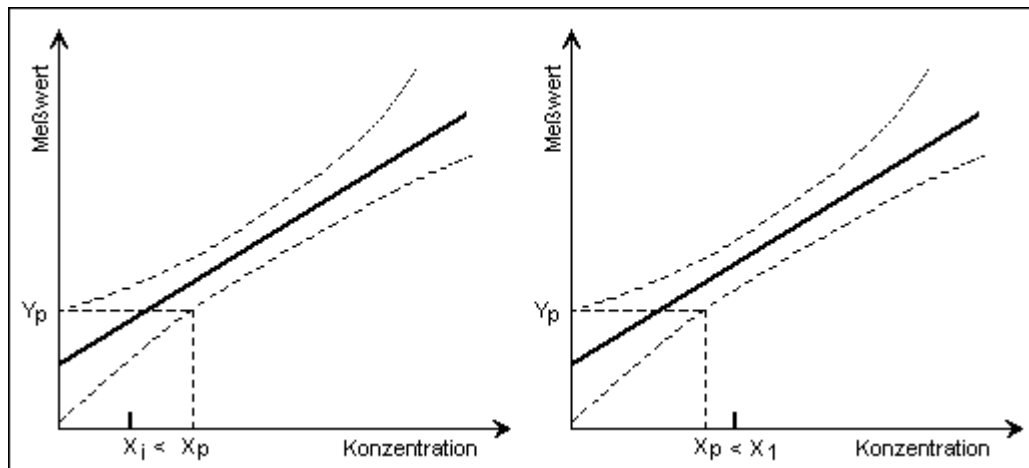
Ist $X_p < x_1$, so ist der gesamte gewählte Arbeitsbereich statistisch abgesichert, d.h. die untere Grenze des Arbeitsbereichs x_1 unterscheidet sich signifikant von der Konzentration null.

Liegt X_p oberhalb von x_1 , dann unterscheidet sich x_1 nicht signifikant von der Konzentration null, und der Arbeitsbereich ist somit erst für Konzentrationen $> X_p$ abgesichert.

In diesem Fall sind quantitative Analysen überhaupt erst ab diesem Konzentrationswert möglich.

Für diesen 'eingeschränkten' Arbeitsbereich müßte eine vollständige neue Kalibrierung erfolgen.

Sinnvoller ist jedoch, zunächst das Analysenverfahren bzw. einzelne Verfahrensschritte zu überprüfen und zu verbessern.



Relative analytische Unpräzision

Ist für die Analyse des gesuchten Parameters eine Mindestpräzision **VB rel**, soll gefordert, so ist die relative Analysenpräzision am unteren Arbeitsbereichende (**x1**) zu prüfen:

$$VB(x_1) = s_{xo} \cdot t \cdot \sqrt{\frac{1}{N} + 1 + \frac{(x_1 - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

$$VB_{rel}(x_1) = \frac{VB(x_1)}{x_1} \cdot 100(\%)$$

Ist **VB rel (x1)** größer als **VB rel,soll**, so ist entweder die analytische Präzision zu verbessern (Optimierung einzelner Verfahrensschritte).

Oder die untere Arbeitsbereichsgrenze muß erhöht werden.

Auswerteverfahren der Kalibrierung

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

- DIN 32645

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen - DIN 32645

Die DIN 32645 beruht auf der Vorschrift des Arbeitsausschusses für chem. Terminologie.

Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen

Beim Einsatz einer Analysenmethode ist es wichtig zu wissen, bis zu welcher unteren Grenze die Methode verwertbare Werte liefert. Das kann zum einen derart geschehen, daß Proben immer geringerer Konzentration gemessen werden, bis kein Signal mehr erkannt werden kann. Der statistisch sichere Weg geht über die Kalibrierfunktion und den Prognosebereich. Hier gibt es verschiedene Verfahren, von denen einige im folgenden beschrieben werden. Vergleich der Begriffe aus der DIN 55350 und 32645:

DIN 55350	DIN 32645
Erkennungsgrenze	Kritischer Wert der Meßgröße
Erfassungsgrenze	Nachweisgrenze
Erfassungsvermögen	Erfassungsgrenze
nicht definiert	Bestimmungsgrenze

Folgende Bestimmungen können über die Kalibrierfunktion als auch über wiederholte Messung von Blindproben erfolgen. Beide Verfahren sollten gemäß DIN parallel angewandt werden. Falls beide Verfahren signifikante Differenzen zeigen, sind die Ergebnisse der Blindwertmethode zu verwenden. Bei der Blindwertmethode ist darauf zu achten, daß die Werte normalverteilt sind. Das kann wegen der 0 als natürliche Grenze nicht der Fall sein, dann muß mit der Kalibrierfunktion gearbeitet werden.

Kritischer Wert der Messgröße

Für die Methode nach der Kalibrierfunktion (siehe Erkennungsgrenze bei DIN 55350) gilt.

$$y_k = a + s_y \cdot t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{\bar{x}^2}{Q_{xx}}}$$

s_y = Standardabweichung der Blindwerte

\bar{x} = Mittelwert aller x-Werte

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

a = Achsenabschnitt

m = Anzahl der Messungen an der Analysenprobe

$t_{v,\alpha}$ = von der Irrtumswahrscheinlichkeit und Anzahl der Freiheitsgrade (= N - 2) abhängige t-Faktor

n = Anzahl Kalibrierproben (bei Einfachbestimmungen) bzw. Gesamtanzahl Kalibriermessungen (bei gleicher Anzahl Wiederholungsmessungen je Kalibrierpunkt) oder Anzahl Messungen bei Bestimmung des Leerwertes

Nachweisgrenze

Für die Methode nach der Kalibrierfunktion (siehe Erkennungsgrenze bei DIN 55350) gilt.

$$x_{NG} = \frac{s_y}{b} * t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{\bar{x}^2}{Q_{xx}}}$$

s_y = Standardabweichung der Blindwerte

\bar{x} = Mittelwert aller x-Werte

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

b = Steigung der Gerade

m = Anzahl der Messungen an der Analysenprobe

tv_{α} = von der Irrtumswahrscheinlichkeit und Anzahl der Freiheitsgrade (= N -2) abhängige t-Faktor

n = Anzahl Kalibrierproben (bei Einfachbestimmungen) bzw. Gesamtanzahl Kalibriermessungen (bei gleicher Anzahl Wiederholungsmessungen je Kalibrierpunkt) oder Anzahl Messungen bei Bestimmung des Leerwertes

Erfassungsgrenze

Unter diesem Begriff wird der kleinste Gehalt verstanden, bei dem mit einer Wahrscheinlichkeit von (1- β) ein Nachweis möglich ist.

In der DIN 55350 wird dies als Erfassungsvermögen bezeichnet. Die Berechnung ist jedoch anders:

$$x_{EG} = x_{NG} + \frac{s_y}{b} * t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{\bar{x}^2}{Q_{xx}}}$$

s_y = Standardabweichung der Blindwerte

\bar{x} = Mittelwert aller x-Werte

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

b = Steigung der Gerade

m = Anzahl der Messungen an der Analysenprobe

tv_{α} = von der Irrtumswahrscheinlichkeit und Anzahl der Freiheitsgrade (= N -2) abhängige t-Faktor

n = Anzahl Kalibrierproben (bei Einfachbestimmungen) bzw. Gesamtanzahl Kalibriermessungen (bei gleicher Anzahl Wiederholungsmessungen je Kalibrierpunkt) oder Anzahl Messungen bei Bestimmung des Leerwertes

Bestimmungsgrenze

Gemeint ist hier der Gehalt einer Substanz, bei dem die Ergebnisunsicherheit einen definierten Wert erreicht.

Zur Bestimmung von **XBG** wird der Faktor **k** eingeführt, wobei $1/k$ die relative Ergebnisunsicherheit zur Charakterisierung der Bestimmungsgrenze darstellt.

Sie können folgende Werte für **k** auswählen:

- 20% -> **k = 5**
- 25% -> **k = 4**
- 33% -> **k = 3**
- 50% -> **k = 2**

Gemäß DIN soll **k = 3** gewählt werden, was einer relativen Ergebnisunsicherheit von 33,3% entspricht.

XBG ergibt sich somit aus folgender Gleichung als Näherung:

$$x_{BG} = k \frac{s_y}{b} t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{(kx_{MG} - \bar{x})^2}{Q_{xx}}}$$

s_y = Standardabweichung der Blindwerte

\bar{x} = Mittelwert aller x-Werte

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| b | = | Steigung der Gerade |
| m | = | Anzahl der Messungen an der Analysenprobe |
| tv_α | = | von der Irrtumswahrscheinlichkeit und Anzahl der Freiheitsgrade (= N -2) abhängige t-Faktor |
| n | = | Anzahl Kalibrierproben (bei Einfachbestimmungen) bzw. Gesamtanzahl Kalibriermessungen (bei gleicher Anzahl Wiederholungsmessungen je Kalibrierpunkt) oder Anzahl Messungen bei Bestimmung des Leerwertes |

Signifikanzniveau - Vertrauensbereich der Regressionskurve

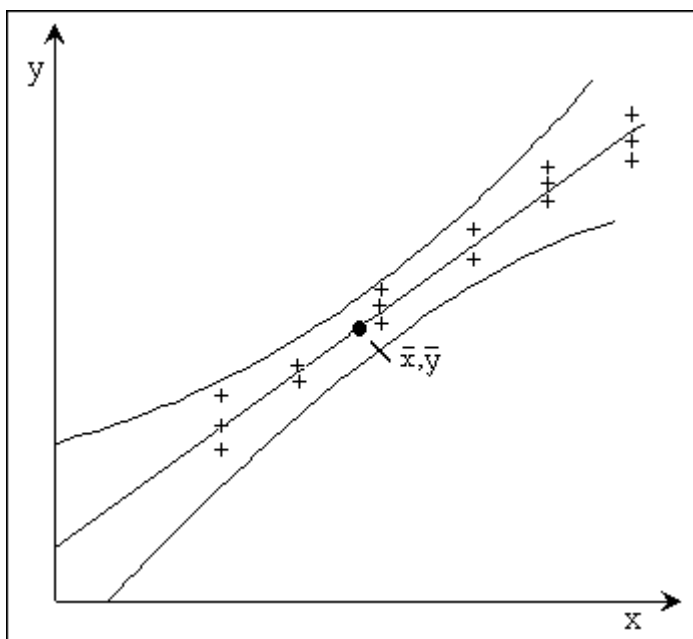
Da sich die Kalibrierfunktion aus mehreren Werten zusammensetzt, die nicht 100%ig zueinander passen, hat auch sie einen Vertrauensbereich.

'Nicht 100%ig zueinander passen' heißt hier, nicht alle Werte liegen exakt auf der Kalibriergeraden. Wäre dem so, gäbe es auch keinen **VB**, bzw. dieser wäre null.

Den **VB** zu berechnen ist wichtig, denn er gibt auch hier den Bereich an, in dem der wahre Wert liegt.

Die Grafik zeigt eine Regressionsgerade mit ihrem **VB**.

Der **x**-Wert ist gemäß Definition frei von Fehlern, er entspricht z.B. der Konzentration der verschiedenen Eichlösungen. Der **y**-Wert entspricht den Messwerten.



Je breiter der **VB** ist, desto weniger zuverlässig sind die Ergebnisse der Analyse.

Die Präzision ist gering. Die Breite des **VB** hängt von den Messwerten der einzelnen Messlösungen ab (und natürlich von der gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit).

Das gilt sowohl für die verschiedenen Messlösungen als auch für die Ergebnisse der Mehrfachmessung einer Messlösung.

Der **VB** wird enger, wenn die Standardabweichung, mit der die Methode arbeitet, reduziert wird oder wenn mehr Stützpunkte existieren oder an den Stützpunkten häufiger gemessen wird (**N** muß groß werden).

In der Grafik ist der "Datenschwerpunkt " der Kalibrierfunktion eingezeichnet.

Hier ist der **VB** am kleinsten. Entfernen wir uns nach unten oder oben von diesem Punkt, werden die Daten auf denen die Regression beruht, weniger (Unsicherheit in der Steigung) und der **VB** nimmt zu.

Der **VB** lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$conf_{\{\hat{y}(x)\}} = \hat{y}(x) \pm s \cdot t_c \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

- x** = beliebiger **x**-Wert
- x_i** = **x**-Wert der i-ten Kalibrierprobe
- \bar{x}** = Mittelwert aller **x**-Werte
- $\hat{y}(x)$** = Über die Regression bestimmter Wert von **y** bei **x**.
- N** = Anzahl aller Messwerte der Kalibriergeraden
- Sy** = Verfahrensstandardabweichung
- b** = Steigung der Kalibrierfunktion
- tc** = Von Irrtumswahrscheinlichkeit / Anzahl Freiheitsgrade (**N** -2) abhängige t-Faktor.

Auswerteverfahren der Kalibrierung

Analysenrechnung

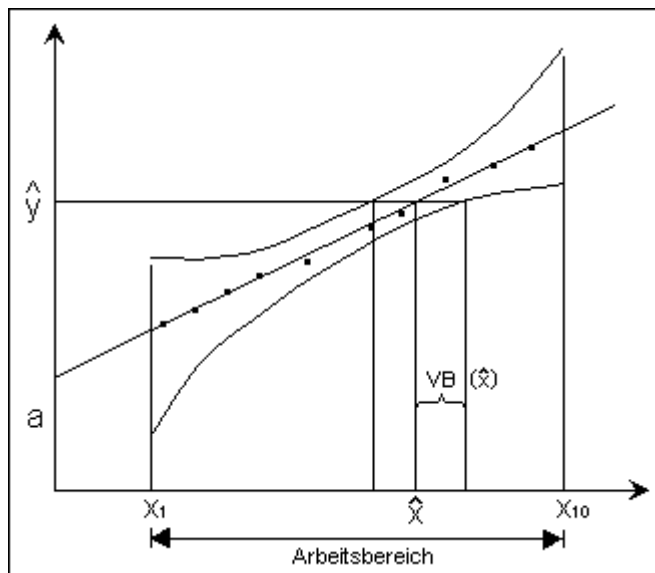
- Analysenrechnung mittels linearer Kalibrierfunktion
- Analysenrechnung mittels Kalibrierfunktion 2. Grades
- Analysenrechnung mittels der Sättigungsfunktion
- Analysenrechnung mittels Transformation
- Erwartungswert
- Wiederfindungsrate

Analyse einer Probe mittels linearer Kalibrierfunktion

Um aus dem Messwert \hat{y} (Informationswert) der Analyse einer unbekannten Probe über die Kalibrierfunktion die wahrscheinlichste Konzentration \hat{x} zu berechnen, wird die Umkehrfunktion der Kalibrierfunktion (Analysenfunktion) gebildet:

$$\hat{x} = \frac{\hat{y} - a}{b}$$

Bei dem **Prognoseintervall des Analyseergebnisses** ist zu beachten, daß sich der Analysenfehler nicht ausschließlich aus dem Fehler bei der Bestimmung des Informationswertes ergibt, sondern auch der Fehler der Kalibrierfunktion S_y zu berücksichtigen ist.



Aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz folgt hierfür ein durch zwei Hyperbeln begrenztes Prognoseintervall, in dem auch die wahre Kalibrierfunktion mit einer durch den Student t-Faktor $t(\alpha, f)$ gegebenen statistischen Sicherheit liegen wird.

Diese Hyperbeln werden durch folgende Gleichung beschrieben:

$$y = a + bx \pm s_y \cdot t \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{\hat{N}} + \frac{(\hat{x} - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

\hat{N} = Anzahl der Mehrfachanalysen

Für ein über die Kalibrierfunktion berechnetes Analysenresultat \hat{x} folgt somit ein Prognoseintervall **VB(\hat{x})** aus den Schnittpunkten einer Horizontalen im Informationswert mit dem unteren und dem oberen Hyperbelast.

Analyse einer Probe mittels Kalibrierfunktion 2.Grades

Um ein eindeutiges Analysenergebnis zu erhalten, müssen folgende Voraussetzungen gegeben sein:

Die Eichfunktion darf im Arbeitsbereich kein Maximum bzw. Minimum aufweisen.

Dies kann anhand der Empfindlichkeit e (konzentrationsabhängige Empfindlichkeit) überprüft werden.

Nimmt die Empfindlichkeit (Steigung der Funktion) innerhalb des Arbeitsbereiches an einem Punkt x^* den Wert 0 an, so ist die Eichfunktion nicht eindeutig definiert, und die berechnete Ausgleichsfunktion 2.Grades ist für die Auswertung von Analysen nicht zulässig.

Die Empfindlichkeit e wird berechnet:

$$e = a_1 + 2a_2 x$$

für $e^* = 0$ gilt:

$$x^* = -a_1 / (2a_2)$$

Überprüfung

- Wenn $x_1 < x^* < x_{10}$, dann ist die Funktion nicht eindeutig, da sie im Arbeitsbereich ein Maximum (Minimum) besitzt.
- Wenn $x^* < x_1$ oder $x^* > x_{10}$, so ist diese Eichfunktion zulässig.

Um aus dem Messwert \hat{y} (Informationswert) der Analyse einer unbekannten Probe über die Eichfunktion die wahrscheinlichste Konzentration \hat{x} zu berechnen, wird die Umkehrfunktion der Eichfunktion (Analysenfunktion) gebildet:

Für positiv gekrümmte Eichkurven gilt:

$$\hat{x} = -\frac{a_1}{2a_2} + \sqrt{\left(\frac{a_1}{2a_2}\right)^2 - \frac{a_0 - \hat{y}}{a_2}}$$

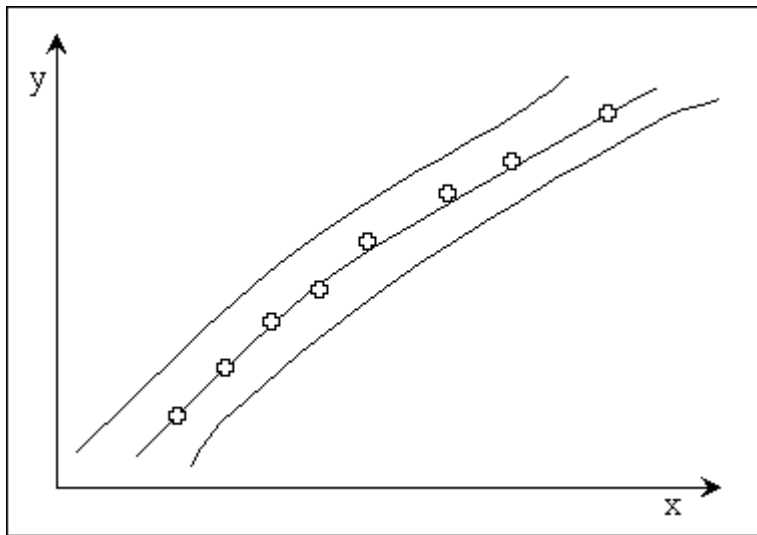
Für negativ gekrümmte Eichkurve gilt:

$$\hat{x} = -\frac{a_1}{2a_2} - \sqrt{\left(\frac{a_1}{2a_2}\right)^2 - \frac{a_0 - \hat{y}}{a_2}}$$

Prognoseintervall des Analysenergebnisses

Hierbei ist zu beachten, daß sich der Analysenfehler nicht nur aus dem Fehler bei der Bestimmung des Informationswertes ergibt, sondern daß auch der Fehler der Eichfunktion S_y zu berücksichtigen ist. Außer dem Fehlerfortpflanzungsgesetz ergibt sich das Prognoseintervall um die Eichkurve, dessen Breite abhängig ist von:

- Der Reststandardabweichung aus der Eichung S_y
- der Anzahl der Eichanalysen N
- der Anzahl \hat{n} der Analysen der Probe, für die das Analysenergebnis zu bestimmen ist
- der Empfindlichkeit e des Analysenverfahrens bei der Konzentration \hat{x}
- dem Abstand des Analysenergebnisses vom Mittelwert der Eichkonzentration $\hat{x} - \bar{x}$.



Eichfunktion 2.Grades mit Prognoseintervall

Das Prognoseintervall berechnet sich zu:

$$VB(\hat{x}) = \frac{s_y \cdot t}{(a_1 + 2a_2\hat{x})} \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{\hat{N}} + \frac{1}{Q_x^4 Q_{xx} - (Q_x^3)^2} \left\{ (\hat{x} - \bar{x})^2 Q_x^4 + \left(\hat{x}^2 - \frac{\sum x_i^2}{N} \right) Q_{xx} - 2(\hat{x} - \bar{x}) \left(\hat{x}^2 - \frac{\sum x_i^2}{N} \right) Q_x^3 \right\}}$$

womit sich das Analysenergebnis zu:

$$\hat{x}_{1,2} = \hat{x} \pm VB(\hat{x}) \quad \text{ergibt.}$$

Anmerkung:

Rundungsfehler wirken sich aufgrund der hohen Potenzen und Summen- bzw. Differenzenbildung nachteilig auf die Rechengenauigkeit aus. Es sollte daher bis zum Ende des Rechenganges mit so vielen Stellen wie möglich gerechnet werden!

Analyse einer Probe mittels der Sättigungsfunktion

Um aus dem Messwert \hat{y} (Informationswert) der Analyse einer unbekannten Probe über die Kalibrierfunktion die wahrscheinlichste Konzentration \hat{x} zu berechnen, wird die Umkehrfunktion der Sättigungsfunktion (Analysenfunktion) gebildet:

$$\hat{x} = \frac{A_2 \hat{y}}{A_1 - \hat{y}}$$

Prognoseintervall des Analysenergebnisses

Siehe:

Analysenrechnung mittels linearer Kalibrierfunktion

Analyse einer Probe mittels Transformation

Analyse einer Probe mittels der linearen Regression mit logarithmierten x-Werten

Um aus dem Messwert \hat{y} (Informationswert) der Analyse einer unbekannten Probe über die Kalibrierfunktion die wahrscheinlichste Konzentration \hat{x} zu berechnen, wird die Umkehrfunktion der Sättigungsfunktion (Analysenfunktion) gebildet:

$$\hat{x} = 10^{\frac{\hat{y} - a}{b}}$$

Analyse einer Probe mittels der linearen Regression mit logarithmierten y-Werten

Um aus dem Messwert \hat{y} (Informationswert) der Analyse einer unbekannten Probe über die Kalibrierfunktion die wahrscheinlichste Konzentration \hat{x} zu berechnen, wird die Umkehrfunktion der Sättigungsfunktion (Analysenfunktion) gebildet:

$$\hat{x} = \frac{\log(\hat{y}) - a}{b}$$

Analyse einer Probe mittels der linearen Regression mit logarithmierten x und y-Werten

Um aus dem Messwert \hat{y} (Informationswert) der Analyse einer unbekannten Probe über die Kalibrierfunktion die wahrscheinlichste Konzentration \hat{x} zu berechnen, wird die Umkehrfunktion der Sättigungsfunktion (Analysenfunktion) gebildet:

$$\hat{x} = 10^{\frac{\log(\hat{y}) - a}{b}}$$

Prognoseintervall des Analysenergebnisses

Siehe:

Analysenrechnung mittels linearer Kalibrierfunktion

Achtung:

Hier wird die Rücktransformation nicht berücksichtigt.

Valoo berechnet den Konfidenzbereich so, als wären die transformierten Daten die tatsächlich gemessenen.



Analysenrechnung - Erwartungswert

Der Erwartungswert dient zur Richtigkeitskontrolle.

Er ist der Sollwert, der die Analyse liefern soll.

Mit Hilfe des Erwartungswertes kann man die Wiederfindungsrate berechnen.

Analysenrechnung - Wiederfindungsrate

Vor allem bei Analysen, bei denen besonderes Gewicht auf die Spezifität des Verfahrens (und damit auf die Richtigkeit der Ergebnisse) gelegt wird, sollten Fehler durch das Miterfassen anderer, in der Probenmatrix enthaltener Substanzen, so gering wie möglich sein.

Eine Möglichkeit zur Überprüfung des Analysenverfahrens auf Matrixeinflüsse ist die Bestimmung der Wiederfindungsrate **WFR**.

Die Wiederfindungsrate lässt sich berechnen nach:

$$WFR = \left(\frac{x_{ist}}{x_{soll}} \right) 100\%$$

Qualitätsziel sollte eine mittlere Wiederfindungsrate von ca. 100% sein.

Da nur dann keine systematische Matrixbeeinflussung vorliegt.

Validierung gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2021/808

In der Validierung gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2021/808 sind die Nachweisgrenzen und Bestimmungsgrenzen für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Methode nicht mehr maßgeblich.

Die Beurteilung der Proben findet über die Entscheidungsgrenze (**CC α**) und das Nachweisvermögen (**CC β**) statt.

Der **CC α** -Wert stellt bei erlaubten Substanzen den Grenzwert dar, bei dem mit 95%iger Wahrscheinlichkeit falsch positive Befunde ausgeschlossen werden können.

Der **CC β** -Wert dient dem Ausschluss falsch negativer Befunde mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%.

Bei verbotenen Substanzen beträgt der **α** -Fehler 1 %, der **β** -Fehler 5%. Analysenergebnissen, die gleich oder über dem **CC α** -Wert liegen, ist die Probe zu beanstanden.

Der **CC α** - und **CC β** -Wert werden durch das Kalibrierkurvenverfahren bestimmt.

In Valoo wird die Entscheidungsgrenze (**CC α**) mit Hilfe der in der im Modul "Lineare Regression" ermittelten Werte, nach der Identifizierung des Signal gegen die zugesetzte Konzentration auftragen.

CC α - Für zugelassene Substanzen mit Grenzwert

Die entsprechende Konzentration am zulässigen Grenzwert plus das 1,64-fache der Standardabweichung der laborinternen Reproduzierbarkeit **S r** ist gleich der Entscheidungsgrenze (**α = 5 %**).

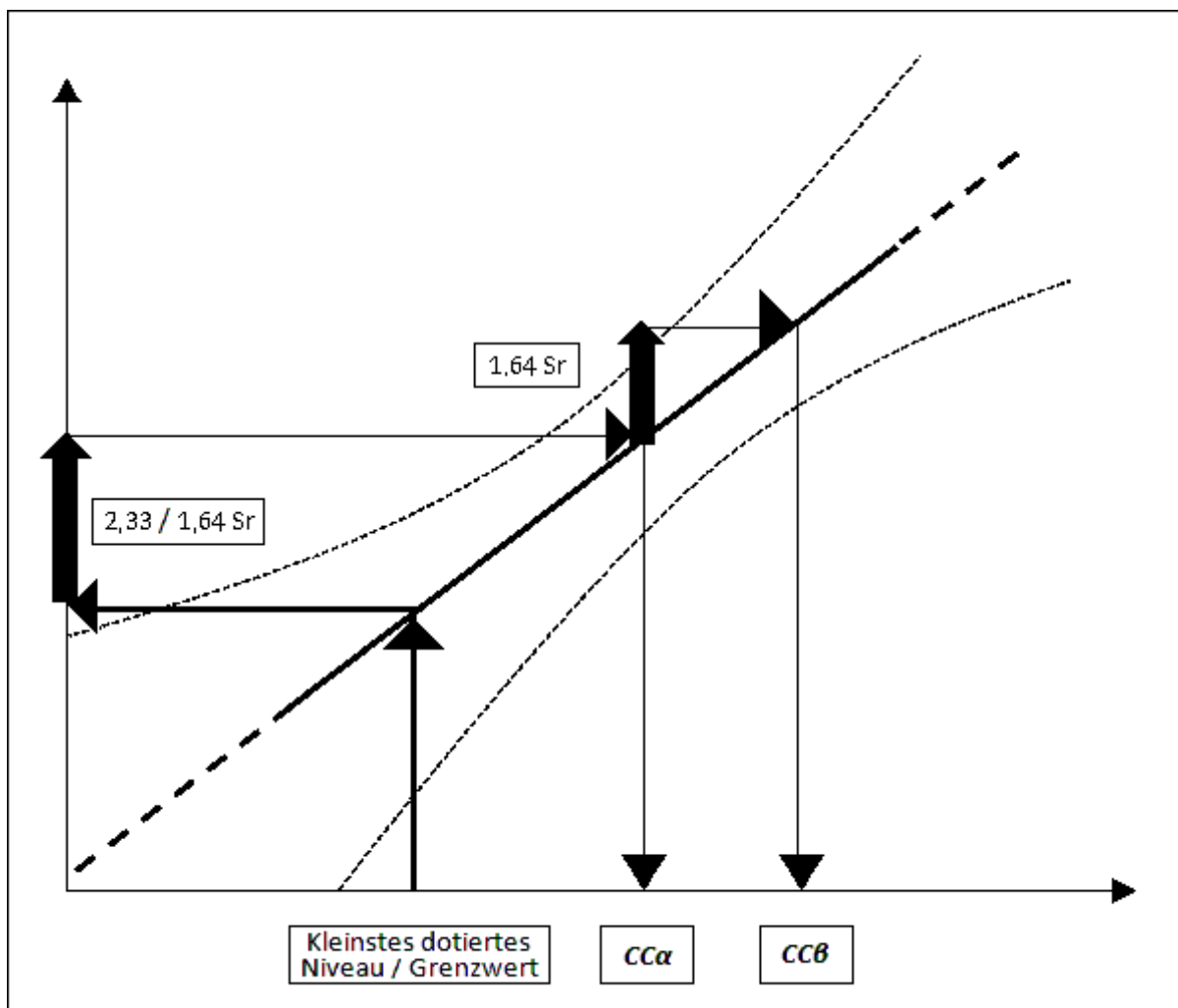
CC α - Für nicht zugelassene / verbotene Substanzen ohne Grenzwert

Die entsprechende Konzentration am untersten Dotierniveau plus das 2,33-fache der Standardabweichung der laborinternen Reproduzierbarkeit **S r** ist gleich der Entscheidungsgrenze (**α = 5 %**). Wie in der Abbildung weiter unten dargestellt wird.

Die Laborinterne Reproduzierbarkeit **S r** wird folgender Weise berechnet:

- Einen Satz von Proben mit spezifiziertem Prüfmaterial (identische oder verschiedene Matrices), dotiert mit dem(den) Analysen zu Konzentrationen entsprechend dem 1-, 1,5- und 2-fachen der geforderten Mindestleistungsgrenze oder dem 0,5-, 1- und 1,5-fachen des zulässigen Grenzwerts, herstellen.
- In jeder Konzentration sollte die Analyse mit mindestens sechs Bestimmungen durchgeführt werden.

Die Daten zur Ermittlung von **S r** können im Modul „Varianzanalyse“ eingegeben werden. In der Dateneingabe-Maske im Modul „lineare Regression“ können Sie dann den Wert **S r** eingeben.



Für die **CCβ** addiert man zu dem **CCα**-Wert das 1,64-fache der Standardabweichung der laborinternen Reproduzierbarkeit.

Auswerteverfahren für den Messreihenvergleich - Gleichwertigkeit

Statistische Kenngrößen

- Mittelwert
- Median
- Schiefe
- Spannweite
- Standardabweichung
- Variationskoeffizient
- Wiederholgrenze
- Vertrauensbereich
- T - Faktor

Messunsicherheit

- Erweiterte Unsicherheit

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Leerwertmethode

- Leerwertmethode in der Schnellschätzung der DIN 32645

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Tests

- F-Test zum Vergleich zweier Varianzen
- t -Test zum Vergleich zweier Mittelwerte
- t -Test zum Vergleich mit einem Sollwert
- t-Test zum Vergleich mit einem Grenzwert
- Wilcoxon - Test

Gleichwertigkeit

- Berechnung der Gleichwertigkeit

Auswerteverfahren für den Messreihenvergleich

Statistische Kenngrößen

- Mittelwert
- Median
- Schiefe
- Spannweite
- Standardabweichung
- Variationskoeffizient
- Wiederholgrenze
- Vertrauensbereich
- T - Faktor

Statistische Kenngrößen - Mittelwert

Der Mittelwert \bar{x} ist gleich der Summe der unabhängigen Werte einer Messreihe x_j , dividiert durch deren Anzahl N .

Berechnungsformel:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Statistische Kenngrößen - Median

Der Median ist derjenige Wert, in der nach der Größe der Einzelwerte geordneten Reihe, der die Reihe halbiert.

Der Median ist dem arithmetischen Mittelwert \bar{x} zu bevorzugen beim Vorliegen von:

- wenigen Messwerten
- asymmetrischer Verteilungen
- Verdacht auf Ausreißer

Statistische Kenngrößen - Schiefe

Die Schiefe S einer Verteilung gibt an, ob sich die Werte normal verteilen oder in eine Richtung der Skala tendieren.

Eine **linkssteile Verteilung (Schiefe < 0)** liegt vor, wenn der Mittelwert kleiner ist als der Median einer Verteilung; die Schiefe ist in diesem Fall kleiner als 0.

Eine **rechtssteile Verteilung (Schiefe > 0)** liegt vor, wenn der Mittelwert größer ist als der Median einer Verteilung; die Schiefe ist in diesem Fall größer als 0.

Eine **symmetrische Verteilung (Schiefe = 0)** liegt vor, wenn der Mittelwert und der Median einer Verteilung gleich sind; die Schiefe ist in diesem Fall gleich 0.

Berechnungsformel:

$$S = \frac{3(\bar{x} - \tilde{x})}{s}$$

\bar{x} = Mittelwert

\tilde{x} = Median

s = Standardabweichung

Statistische Kenngrößen - Spannweite

Die Spannweite **R** ist die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Messwert innerhalb einer Messreihe.

Berechnungsformel:

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

Statistische Kenngrößen - Standardabweichung

Die Standardabweichung s einer Serie von Messwerten (Einzelwerte x_i) ist die positive Wurzel aus der Varianz s^2 .

Berechnungsformel:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Sie ist ein Maß für die Streuung der Einzelwerte x_i um den Mittelwert \bar{x}

Varianz

Die Varianz s^2 von Messwerten ist die Summe der Quadrate der Abweichungen der N Einzelwerte x_i vom arithmetischen Mittelwert \bar{x} dividiert durch die Zahl der Freiheitsgrade f . ($f = N - 1$)

Berechnungsformel:

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

(s^2 ist ein Schätzwert von σ^2 , der Varianz für eine Anzahl von $N = \infty$)

Freiheitsgrad

Der Freiheitsgrad f entspricht der Datenanzahl N minus Anzahl der hieraus bereits abgeleiteten, ebenfalls in die Rechnung eingehenden Größen.

Man kann demnach die Anzahl der Freiheitsgrade als die Zahl der Kontrollmessungen ansehen, die das aus einer Messung bereits gewonnene Ergebnis bestätigen sollen, z.B. $f = N - 1$ bei der Standardabweichung eines Mittelwertes.

Bei der Berechnung einer linearen Kalibrierung ist $f = N - 2$, da mindestens zwei Punkte für die Erstellung einer Gerade notwendig sind und alle anderen Messungen diese Ergebnisse bestätigen sollen.

Datenanzahl

Die Datenanzahl N ist die Anzahl der in die Rechnung eingehenden voneinander unabhängigen Einzeldaten x_i innerhalb einer Messreihe.

Statistische Kenngrößen - Variationskoeffizient

Der Variationskoeffizient **VK** oder die relative Standardabweichung einer Serie von Messwerten x_j ist der Quotient aus der Standardabweichung s und dem Mittelwert \bar{x}

Berechnungsformel:

$$VK = \frac{s}{\bar{x}}$$

oder in prozentualer Angabe:

$$VK = \frac{s}{\bar{x}} 100 [\%]$$

Statistische Kenngrößen - Wiederholgrenze / Wiederholbarkeit

Der Wert, unter dem oder gleich dem der Betrag der Differenz zwischen zwei unter Wiederholbedingungen gewonnenen Ermittlungsergebnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erwartet werden kann.

(Das benutzte Symbol ist r)

Die Wiederholgrenze r kann aus der Wiederholstandardabweichung S_y berechnet werden.

Für r gilt gemäß DIN ISO 5725 [3]: Wiederholgrenze $r = 2,8 S_y$

wobei S_y als Schätzwert für die wahre Standardabweichung σ_y zu betrachten ist.

Statistische Kenngrößen - Vertrauensbereich

Der Vertrauensbereich **VB_x** (Konfidenzintervall) gibt an, innerhalb welcher Grenzen bei einem vorgegebenen statistischen Signifikanzniveau **α** und einem Freiheitsgrad **f** der geschätzte Mittelwert \bar{x} liegen kann.

Berechnungsformel:

$$VB_x = \pm t_{\alpha, f} \frac{s}{\sqrt{N}}$$

s = Standardabweichung

Statistische Kenngrößen - T - Faktor

Der Student-Faktor t ist ein Faktor, der von dem Signifikanzniveau α und dem Freiheitsgrad f abhängig ist.

Er wird aus der t-Tabelle entnommen oder mittels eines Algorithmus berechnet.

Berechnungsformel:

$$t = t_{\alpha, f}$$



Messunsicherheit - Erweiterte Unsicherheit

Die Messunsicherheit kennzeichnet einen Bereich von Werten, die der Messgröße sinnvollerweise zugeordnet werden können.

Die Ermittlung der erweiterten Unsicherheit ***U*** erfolgt durch Multiplikation der Standardabweichung ***s*** mit dem Erweiterungsfaktor ***k***.

Die Wahrscheinlichkeit ***P***, auch Grad des Vertrauens genannt, gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass der Wert der Messgröße innerhalb eines Intervalls liegt

Berechnungsformel:

$$U = k \cdot s$$

Ein mit dem Quartil ***k* = 1,96** gebildetes Konfidenzintervall für einen Parameter der normalverteilten Zufallsgröße ***Y*** besitzt die Vertrauens-Wahrscheinlichkeit ***P* = 95%**.

$$k = 1,96 \rightarrow P = 95\%$$

Im Allgemeinen kann ein Wert von ***k* = 2** für den Erweiterungsfaktor verwendet werden, um einen Bereich zu definieren, der ein Vertrauensniveau von 95,45% hat.

$$k = 2 \rightarrow P = 95,45\%.$$

Mit einem Faktor ***k* = 3**, entspricht das Vertrauensniveau 99,73 %. Dies setzt voraus, dass eine Normalverteilung gemäß dem Gesetz von Laplace-Gauß vorliegt.

$$k = 3 \rightarrow P = 99,73\%$$

Erweiterungsfaktor ***k*** und zugehörige Wahrscheinlichkeit ***P*** (für normalverteilte Messwerte).

Erweiterungsfaktor <i>k</i>	Wahrscheinlichkeit <i>P</i>
1	68,27 %
1,645	90 %
1,96	95 %
2	95,45 %
2,576	99 %
3	99,73 %

Auswerteverfahren für den Messreihenvergleich

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Test auf Normalverteilung nach David

Ein schneller und einfacher Test auf Vorliegen einer Normalverteilung geht auf David zurück.

Hier dient als Prüfgröße das Verhältnis von Spannweite R und der Standardabweichung s

Prüfgröße:

$$PG_D = \frac{R}{s}$$

Die systematische Untersuchung dieses Quotienten bei Stichproben mit N Daten, die einer normalverteilten Grundgesamtheit angehören, führt zu kritischen Schranken für diesen Test.

Hierbei ist zu beachten, daß jeweils eine obere und eine untere Schranke existiert.

Üblicherweise werden die numerischen Werte für diese Schranken für verschiedene Irrtumswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der Datenzahl tabelliert.

Test auf Normalverteilung nach Geary

Für eine Datenmenge läßt sich die mittlere absolute Abweichung **d** nach der folgenden Gleichung berechnen:

$$d = \frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}|$$

Als Prüfgröße **PGG** dient das Verhältnis **d/s**, das auf gleiches **N** korrigiert wird:

$$PG_G = \frac{d}{s} \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{N-1}}$$

Dieser Wert muß zwischen folgenden Grenzen liegen:

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} - \frac{1}{\sqrt{2\pi N}} \sqrt{\frac{N-1}{N}} \quad \text{und} \quad \sqrt{\frac{2}{\pi}} + \frac{1}{\sqrt{2\pi N}} \sqrt{\frac{N-1}{N}}$$

Prüfgröße

Die Prüfgröße **PG** wird nach den Gleichungen der statistischen Prüfverfahren berechnet. Sie ist in einem Zusammenhang mit einer Nullhypothese und einer Gegenhypothese zu sehen.

Anhand der Prüfgröße wird entschieden, ob eine Hypothese anerkannt oder abgelehnt wird.

Statistische Prüfverfahren

Statistische Prüfverfahren werden zur Interpretation von Analysenwerten herangezogen.

Sie geben eine von der persönlichen Meinung unbeeinflusste Antwort, ob sich beispielsweise zwei Standardabweichungen oder zwei Mittelwerte statistisch voneinander unterscheiden.

Die Entscheidung wird anhand entsprechender statistischer Schätzwerte getroffen, die aus den Messergebnissen der zu untersuchenden Grundgesamtheit gewonnen wurden.

Da der Wert des geschätzten Parameters gewissen zufälligen Schwankungen unterliegt, besteht auch eine gewisse Irrtumswahrscheinlichkeit für die getroffene Entscheidung.

Es ist allgemein darauf hinzuweisen, daß ein Test auf gewissen Voraussetzungen basiert, die zu erfüllen sind (z.B. Unabhängigkeit der Daten voneinander, Normalverteilung o.ä.).

Test auf Normalverteilung nach Kolmogoroff - Smirnov

Der Test von Kolmogoroff und Smirnov prüft die Anpassung einer beobachteten an eine theoretisch erwartete Verteilung.

Dieser Test ist verteilungsunabhängig.

Besonders beim Vorliegen kleiner Stichprobenumfänge entdeckt der Kolmogoroff-Smirnov eher Abweichungen von der Normalverteilung.

Man bestimmt die unter der Nullhypothese erwarteten absoluten Häufigkeiten **E**, bildet die Summenhäufigkeiten dieser Werte **FE** und der beobachteten absoluten Häufigkeiten **B**, also **FB**, bildet die Differenzen **FB - FE** und dividiert die absolut größte Differenz durch den Stichprobenumfang **n**.

$$\hat{D} = \frac{\max |F_B - F_E|}{n}$$

Diese Prüfgröße wird anhand von tabellierten kritischen Werte beurteilt:

Eine beobachtete Prüfgröße, die den Tabellenwert erreicht oder überschreitet, ist auf dem entsprechenden Niveau statistisch signifikant. D.h. es liegt keine Normalverteilung vor.

Test auf Normalverteilung nach Chi - Quadrat

Das Grundprinzip beim Chi Quadrat- Anpassungstest ist recht einfach:

Man klassiert die Stichprobe, berechnet sich aus der angenommenen Verteilungsfunktion die theoretisch zu den Klassen gehörenden Wahrscheinlichkeiten (Erwartungswerte) und vergleicht diese mit den Klassenhäufigkeiten der gegebenen Stichprobe (Beobachtungswerte).

Voraussetzungen:

- Alle Erwartungswerte müssen größer als 1 sein.
- Es dürfen nicht mehr als 20% aller Erwartungswerte kleiner als 5 sein.
- Die Datenzahl **N** soll mindestens 40 betragen.

Nullhypothese: H_0

Die Stichprobe stammt aus der angenommenen Verteilung (z. B. Normalverteilung)

Alternativhypothese: H_1

Die Stichprobe stammt **nicht** aus einer Normalverteilung.

Die Nullhypothese wird zugunsten der Alternativhypothese verworfen falls:

$$\sum \frac{(\text{Beobachtungswert} - \text{Erwartungswert})^2}{\text{Erwartungswert}} > \chi^2_{f, 1-\alpha}$$

$$f = k - \alpha - 1$$

k = Klassenzahl

α = Anzahl der unbekannten Parameter die mit Hilfe der Stichprobe geschätzt wurden

Beim Test auf Normalverteilung ist **α** = 2 wenn die Kennwerte der Datenmenge für Mittelwerte und Standardabweichung gleichzeitig die Schätzwerte für **μ** und **σ** der Grundgesamtheit sind. Das ist in der Regel gegeben.

Auswerteverfahren für den Messreihenvergleich

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Trendtest nach von Neumann

Bei diesem Trendtest berechnet man zunächst die Summe der quadrierten Abweichungen aufeinanderfolgender Daten ***S_d*** nach:

$$S_d = \sum (x_{i+1} - x_i)^2$$

Liegen trendfreie Zufallsvariablen einer Normalverteilung $X = N(x, s^2)$ vor, so ist ***S_d*** ungefähr doppelt so groß wie ***s*** bzw. ***S_d*** / (***N*** - 1) $\gg 2 s^2$. Sobald ein Trend vorliegt, werden im Mittel aufeinanderfolgende Differenzen kleiner und damit ***S_d*** $< 2 s$. Hieraus resultiert die Prüfgröße ***PG_N*** nach:

$$PG_N = \frac{S_d}{s}$$

Als Schranke für den Trendtest nach von Neumann kann man ***V_N*** unter Zuhilfenahme der Schranke der Normalverteilung ***Z_α*** nach folgender Gleichung berechnen:

$$V_N = 2 - 2z_{\alpha} \frac{\sqrt{N-2}}{\sqrt{(N-1)(N+1)}}$$

Trendtest nach Wallis-Moore

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Phasenhäufigkeitstest.

Einen Bereich aufeinanderfolgender Differenzen mit gleichem Vorzeichen bezeichnet man als Phase.

Aus der Anzahl der Phasen p lässt sich eine Prüfgröße **PGWM** nach der unten angegebenen Gleichung berechnen.

Der Test lässt die Anfangs- und Endphase außer Betracht, deshalb steht in der Gleichung $p - 2$.

Berechnungsformel:

$$PG_{WM} = \frac{\left(\left| p - 2 - \frac{2N - 7}{3} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{(16N - 29)}{90}}}$$

Diese Prüfgröße **PGWM** lässt sich direkt mit der Standardnormalverteilung vergleichen.

Gilt hierbei $TWM > Z_{\alpha/2}$, so ist die Nullhypothese **H₀** zu verwerfen.

Die Datenzahl **N** soll mindestens 10 betragen.

Trendtest nach Cox-Stuart

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Vorzeichentrendtest.

Liegen N Messwerte vor, so werden diese in drei Gruppen mit jeweils $N/3$ Daten aufgeteilt.

Ist N nicht durch 3 teilbar, so wird die mittlere Gruppe entsprechend verringert.

Verglichen wird die erste und dritte Gruppe, wobei elementweise die Vorzeichen der Differenzen gebildet werden.

Dabei wird die Anzahl der positiven Vorzeichen mit N_+ , die der negativen mit N_- bezeichnet.

Ist $N_+ > N_-$, so besteht der Verdacht eines positiven, bei $N_- > N_+$ eines negativen Trends.

Bezeichnet man die Anzahl der überwiegenden Vorzeichen mit N_h , so berechnet sich die Prüfgröße PG_{CS} wie folgt:

$$PG_{CS} = \frac{\left(\left| N_h - \frac{N}{2} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{N}{12}}}$$

Ist $PG_{CS} > Z_{\alpha} / 2$, so ist die Nullhypothese H_0 zu verwerfen.

Die Datenzahl N soll mindestens 10 betragen.

Auswerteverfahren für den Messreihenvergleich

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Ausreißertest nach 4 - Sigma

Liegen mehr als zehn Messungen vor, so gilt überschlägig der Wert als Ausreißer, wenn er mehr als vierfache Standardabweichung ($4 \cdot \text{sdv}(y)$) vom Mittelwert entfernt liegt.

Im Intervall **4** liegen bei einer Normalverteilung 99,99 % aller Werte.

Somit kann mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß ein Wert außerhalb des (**4** Bereichs) ein Ausreißer ist.

Ausreißertest nach Grubbs

Das Aufdecken einzelner Ausreißerwerte kann z.B. nach dem Grubbs-Test erfolgen.

Hierzu werden zunächst der Mittelwert \bar{x} und die Standardabweichung s der Messdaten berechnet.

Aus der Datenmenge wird derjenige Werte x^* mit der größten Differenz zum Mittelwert gesucht und nach der folgenden Bedingungsgleichung getestet:

$$PG_G = \frac{|x^* - \bar{x}|}{s}$$

Die Prüfgröße **PGG** wird mit dem Grubbs-Tabellenwert **rm(N,P%)** verglichen, der seinerseits von der Anzahl **N** der Daten und der Irrtumswahrscheinlichkeit **α** abhängt.

Ist die Prüfgröße größer als **rm**, so wird der untersuchte Datenwert angezeigt.

Weitere ausreißerverdächtige Einzeldaten werden mit jeweils neu berechnetem Mittelwert und Standardabweichung nacheinander getestet.

Für die Datenzahl gilt: $4 < N < 147$.

Ausreißertest nach Dixon

Beim Ausreißertest nach Dixon wird getestet, ob ein verdächtiger Ausreißer einer Grundgesamtheit angehört oder nicht.

Ermittlung der Prüfgröße

Die Messwerte X werden aufsteigend geordnet.

Ermittlung folgender Werte:

kleinster Wert	(Kurzschreibweise X_1)
zweitkleinster Wert	(Kurzschreibweise X_2)
drittkleinster Wert	(Kurzschreibweise X_3)
größter Wert	(Kurzschreibweise X_g)
zweitgrößter Wert	(Kurzschreibweise X_{g-1})
drittgrößter Wert	(Kurzschreibweise X_{g-2})

a) Liegt n im Bereich 3-7, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_g - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-1}}{X_g - X_1}$$

b) Liegt n im Bereich 8-10, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_{g-1} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-1}}{X_g - X_2}$$

c) Liegt n im Bereich 11-13, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_3 - X_1}{X_{g-1} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-2}}{X_g - X_2}$$

d) Liegt n im Bereich 14-29, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_3 - X_1}{X_{g-2} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-2}}{X_g - X_3}$$

Die Prüfgröße ist der größere der beiden nach a) bzw. b, c, d) ermittelten Quotienten.
Vergleich der Prüfgröße mit dem zu n gehörenden Tabellenwert.

Wenn der Wert der Prüfgröße größer als der Tabellenwert ist, wird - sofern der erste der beide Quotienten größer ist - der kleinste Messwert als Ausreißer betrachtet, andernfalls der Größte.

Ausreißertest nach Nalimov

Ein bewährter Test ist der Nalimov-Ausreißertest.

Es werden mindestens drei Wiederholungs- oder Vergleichsmessungen benötigt.

Nach der Formel

$$y^* = \frac{|x^* - \bar{x}|}{s} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

wird r^* für den ausreißerverdächtigen Wert x^* berechnet und mit dem Wert in der Tabelle verglichen.

Der ausreißerverdächtigen Wert x^* ist der Wert mit der größten Abweichung von Mittelwert.

Ist r^* größer $r(95)$, so gilt dieser Wert wahrscheinlich als Ausreißer.

Für r^* zwischen $r(99)$ und $r(99,9)$ ist dieser Wert signifikant ein Ausreißer, größer $r(99,9)$ ist er hochsignifikant ein Ausreißer.



Leerwertmethode in der Schnellschätzung der DIN 32645

Die Nachweis- und Bestimmungsgrenze werden aus der Unsicherheit des Leerwertes berechnet.

Die Leerprobe ist unter Idealbedingungen eine Probe, welche den nachzuweisenden oder den zu bestimmenden Bestandteil nicht enthält, sonst aber mit der Analysenprobe übereinstimmt.

Unter realen Bedingungen ist die Leerprobe eine Probe, welche nur einen sehr geringen Gehalt an dem gesuchten Bestandteil aufweist und der restlichen Zusammensetzung der Analysenprobe (Matrix) möglichst nahe kommt.

Bei symmetrischen Verteilungen ist der Leerwert der arithmetische Mittelwert \bar{x} von Messwerten der Leerprobe.

Diesem Leerwert als gleichwertig betrachtet wird der Ordinatenabschnitt der Kalibrierfunktion, die aus Kalibrierdaten berechnet wird.

Bei der Anwendung der Leerwertmethode ist vom jeweiligen Messwert der Leerwert abzuziehen.

Berechnungsformel:

Nachweisgrenze:

$$x_{(NG)} = t_{f,\alpha} \sqrt{1 + \frac{1}{N} \times \frac{s}{b}}$$

Bestimmungsgrenze:

$$x_{(BG)} = k t_{f,\alpha} \sqrt{1 + \frac{1}{N} \frac{s}{b}}$$

t = T- Faktor

s = Standardabweichung

b = aus den Kalibrierdaten bekannte Steigung

k = 3 (Relative Ergebnisunsicherheit von 33.3% auf vorgegebenen Signifikanzniveau)

Sie können folgende Werte für **k** auswählen:

- 20% -> **k = 5**
- 25% -> **k = 4**
- 33% -> **k = 3**
- 50% -> **k = 2**

Signifikanz

Das Signifikanzniveau α gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine bestimmte Aussage nicht zutreffend ist (Irrtumswahrscheinlichkeit).

Bezogen auf den 'Vertrauensbereich des Mittelwertes' bedeutet z.B. die Vereinbarung von $\alpha = 5\%$, daß der gesuchte 'Erwartungswert' μ in 5% aller Fälle außerhalb des Bereiches (Mittelwert $\bar{x} \pm$ Vertrauensbereich **VBx**) um den gefundenen Mittelwert \bar{x} einer Reihe von Parallelbestimmungen derselben Probe erwarten werden kann.

Je kleiner der Wert von α gewählt wird, desto größer wird der Wert für den Vertrauensbereich **VBx**

D.h. um so weiter ist der Bereich, in dem der wahre Wert zu erwarten ist.

Auswerteverfahren für den Messreihenvergleich

Tests

- F-Test zum Vergleich zweier Varianzen
- t -Test zum Vergleich zweier Mittelwerte
- t -Test zum Vergleich mit einem Sollwert
- t-Test zum Vergleich mit einem Grenzwert
- Wilcoxon - Test

Tests - F-Test zum Vergleich zweier Varianzen

Beim t -Test wird unterschieden, ob die Varianzen der beiden Stichproben gleich sind oder nicht.

Demzufolge gibt es auch zwei mathematische Ansätze.

Mit Hilfe eines F-Tests kann geklärt werden, ob beide Varianzen unterschiedlich sind.

Dieser Test ist nicht sehr aufwendig.

Es werden lediglich die Varianzen der beiden Stichproben durcheinander dividiert.

Hierbei sei ***s*₁** die größere Varianz:

Es gilt die Prüfgröße ***PG***:

$$PG = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Dieser Quotient wird gegen den Tabellenwert geprüft.

Wichtig ist hierbei allerdings die Fragestellung:

Weiß ich schon vor der Datengewinnung, welche Datenreihe die größere Varianz hat?

Ist dem so, liegt ein einseitiger F-Test vor.

Ist nicht bekannt, welche Datenreihe die größere Varianz haben wird, der zweiseitige Test.

Den Tabellenwert erhalte ich über die Freiheitsgrade:

$$v_1 = n_1 - 1$$

$$v_2 = n_2 - 1$$

Wobei ***n*₁** und ***n*₂** die Anzahl der Messwerte in der jeweiligen Datenreihe sind.

Tests - t-Test zum Vergleich zweier Mittelwerte

Gleiche Varianzen:

Sind die Varianzen der beiden Stichproben gleich, wird die Prüfgröße **PG** über:

$$PG = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

ermittelt.

Der Freiheitsgrad, zu dem der Tabellenwert abgelesen wird ergibt sich aus:

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

Ungleiche Varianzen:

Sind die Varianzen nicht gleich, werden Prüfgröße und Freiheitsgrad wie folgt ermittelt:

$$PG = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$v = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}}$$

Diese **PG** wird gegen den Tabellenwert geprüft.

Tests - t-Test zum Vergleich mit einem Sollwert

Oftmals steht man vor folgender Problemstellung:

Ein Produkt soll eine vorgegebene Spezifikation erfüllen.

Das analytische Ergebnis muß also auf folgende Fragestellung

$$\bar{y} = y_{\text{soll}}$$

überprüft werden.

Es gilt die Prüfgröße **PG**:

$$PG = \frac{|\bar{y} - y_{\text{soll}}|}{\text{sdv}(y)} \sqrt{n}$$

Diese **PG** gegen den Tabellenwert geprüft.

Tests - t-Test zum Vergleich mit einem Grenzwert

Oftmals steht man vor folgender Problemstellung:

Ein Produkt soll eine vorgegebene Spezifikation erfüllen.

Das analytische Ergebnis muß also auf folgende Fragestellung

$$\bar{y} = y_{\text{Grenzwert}}$$

überprüft werden.

Es gilt die Prüfgröße **PG**:

$$PG = \frac{|\bar{y} - y_{\text{Grenzwert}}|}{\text{sch}(\mathcal{Y})} \sqrt{n}$$

Diese **PG** gegen den Tabellenwert geprüft.

Vergleich zweier unabhängiger Stichproben - Mann-Whitney-Wilcoxon-Test (U-Test)

Der Mann-Whitney-Wilcoxon-Test ist ein nichtparametrischer Test zum Vergleich zweier unverbundener Stichproben quantitativer Merkmale.

Die Prüfgröße des Tests wird aus den Rangzahlen der Stichproben berechnet.

Der analoge parametrische Test ist der t-Test für unverbundene Stichproben.

Voraussetzung:

Die Einzelwerte x_i und x_j von zwei voneinander unabhängigen Stichproben A und B mit den Umfängen n und m .

Die Stichprobenwerte müssen nicht normalverteilt sein, jedoch stetig. In beiden Stichproben treten keine identischen Werte für x auf.

Nullhypothese:

a) einseitiger Test mit **H_0** : Der Median einer Probe ist größer als der der anderen.

$$\tilde{x}_A > \tilde{x}_B$$

b) zweiseitiger Test mit **H_0** : Der Median beider Stichproben ist gleich.

$$\tilde{x}_A \approx \tilde{x}_B$$

Gegeben:

Anzahl der Messwerte

Vorgehen:

- 1) Die $n = n + m$ Messwerte aus beiden Stichproben werden ihrer numerischen Rangfolge nach sortiert und nummeriert.
- 2) Die Rangsummen beider Stichproben **R_1** und **R_2** werden berechnet (wobei **R_1** mit n Messwerten die größere ist)
- 3) Berechnung der Testgröße **U** :

$$U_1 = n \cdot m + \frac{n \cdot (n+1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n \cdot m + \frac{m \cdot (m+1)}{2} - R_2$$

- 4) Kontrolle: Für die Summe der Prüfgrößen gilt: **$U_1 + U_2 = m \cdot n$** .
- 5) Man wähle das Signifikanzniveau des Tests **α**
- 6) Man suche den Tabellenwert für den kritischen Wert von **U** :

bei a) **$U_{krit}, n, \alpha, \text{einseitig}$**

bei b) **$U_{krit}, n, \alpha, \text{zweiseitig}$**

Testanweisung:

Die Hypothese (**H_0**) wird verworfen (mit der Signifikanz **α**), wenn gilt:

bei a) **$U_1 < U_{krit}, n, \alpha, \text{einseitig}$**

bei b) **$U_1 \text{ oder } U_2 > U_{krit}, n, \alpha, \text{zweiseitig}$**

Testergebnis:

H_0 wird angenommen

H_0 wird verworfen

Gleichwertigkeit / Berechnung der Gleichwertigkeit

Analysenergebnisse sind gleichwertig, wenn bei Proben verschiedener Matrices die Orthogonalregression der Ergebnisse der Verfahren keine proportional- und konstantssystematischen Abweichungen aufweist.

Valoo führt folgende Tests durch:

Vergleich in verschiedenen Matrices mit realen Proben (Variante 1)

- Test auf 'Störer' nach Grubbs
- Orthogonalregression mit X^2 -Test (proportional-systematische Abweichungen)
- Orthogonalregression mit verbundenem t-Test (konstant-system. Abweichungen)

Vergleich in verschiedenen Matrices mit realen Proben (Variante 2)

- Test auf 'Störer' nach Grubbs
- Verbundener t-Test

Vorgehensweise bei der Orthogonalregression

Bedingungen:

- Mindestens **$N = 30$**
- **XR_{max}** \geq 5-mal **XR_{min}** und \leq 100 -mal **XR_{min}**
- Wenn das höchste Ergebnis weniger als das 5-fache des niedrigsten beträgt, muss die Differenzenmethode angewandt werden, bei mehr als dem 100-fachen wird der Vergleichsbereich geteilt.

Mittels Grubbs-Ausreißertest darf maximal ein Wertepaar-Ausreißer beseitigt werden mit:

N = Anzahl realer Proben unterschiedlicher Matrix und Stoffmengengehaltes

XR_{max} = höchstes Analysenergebnis des Referenzverfahrens

XR_{min} = niedrigste Analysenergebnis des Referenzverfahrens

Aus jedem Wertepaar wird ein Quotient Q berechnet:

$$Q_i = \frac{x_{Vi}}{x_{Ri}}$$

a) Ermittlung von Wertepaar-Ausreißern

Wertepaar-Ausreißer werden durch Grubbs-Test der Quotienten der einzelnen Wertepaare aus den jeweiligen Analysenwerten ermittelt (Q^* ist ein ausreißerverdächtiger Quotient):

$$PG = \frac{|Q^* - \bar{Q}|}{s_Q}$$

mit

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q_i}{N}$$

und

$$s_Q = \sqrt{\frac{\sum (Q_i - \bar{Q})^2}{N - 1}}$$

Die Prüfgröße PGG wird mit dem Grubbs-Tabellenwert $r_M(N, P\%)$ verglichen, der seinerseits von der Anzahl N der Daten und der Irrtumswahrscheinlichkeit α abhängt.

Ist die Prüfgröße größer als r_M , so wird der untersuchte Datenwert angezeigt.

Mittelwert und Standardabweichung werden aus dem verbliebenen Datensatz neu berechnet.

Weitere ausreißerverdächtige Einzeldaten sind ebenfalls nach dem beschriebenen Verfahren zu prüfen.

Tritt ein solcher Wertepaar-Ausreißer auf, ist es zulässig, dieses Wertepaar aus der Orthogonalregression zu entfernen (maximal ein Wertepaar).

In der Dokumentation ist dieses Wertepaar jedoch aufzuführen und als Wertepaar-Ausreißer zu klassifizieren.

Dabei müssen Randbedingungen (z. B. Matrixtyp, eventuelle Ursachen für die Abweichungen etc.) dokumentiert und kommentiert werden.

b) Berechnung der Geradengleichung

Im Gegensatz zur einfachen linearen Regression, bei der nur die y-Werte als mit Fehlern behaftet angesehen werden, gelten bei der Orthogonalregression x- und y-Werte als fehlerbehaftet.

Dementsprechend werden Steigung und Achsenabschnitt nach anderen Formeln berechnet.

Im Idealfall ergibt sich bei der Orthogonalregression eine Gerade mit der Steigung $b = 1$ und dem Achsenabschnitt $a = 0$

Bei der Gleichwertigkeitsprüfung werden die Ergebnisse des Referenzverfahrens auf der Abszisse, die des Vergleichsverfahrens auf der Ordinate dargestellt.

Die Geradengleichung: $y = a + bx$ wird somit zu $x_V = a + bx_R$

Steigung:

$$b = \frac{s_V}{s_R}$$

mit

$$s_V = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_{Vi} - \bar{x}_V)^2}$$

und

$$s_R = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_{Ri} - \bar{x}_R)^2}$$

Achsenabschnitt:

$$a = \bar{x}_V - b \cdot \bar{x}_R$$

c) Prüfung auf proportional-systematische Abweichungen: X^2 -Test

Prüfgröße:

$$X^2 = N \cdot \ln \left(\frac{s^4 - s_{RV}^4}{s_R^2 s_V^2 - s_{RV}^4} \right)$$

mit

$$s = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (s_R^2 - s_V^2)}$$

und

$$s_{RV} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_{Ri} - \bar{x}_R)(x_{Vi} - \bar{x}_V)}$$

Ist $X^2 > 3,8, 6,63$ bzw. $10,83$ liegt mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%, 1% bzw. 0,1% keine proportional-systematische Abweichung vor.

d) Prüfung auf konstant-systematische Abweichungen

Liegt eine konstant-systematische Abweichung vor, ist die Regressionsgerade gegenüber der Winkelhalbierenden parallel verschoben.

Die Verschiebung entspricht der Differenz der Mittelwerte (Bias):

Verschiebung:

$$\bar{D} = \bar{x}_V - \bar{x}_R$$

Das Vorliegen einer konstant-systematischen Abweichung wird mittels des verbundenen t-Tests geprüft.

Verbundener t-Test:

$$PG = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{S_D} \sqrt{N}$$

mit

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (D_i - \bar{D})^2}$$

Ist $PG \leq t(f=N-1; \alpha)$ liegt keine konstant-systematische Abweichung vor.

Vorgehensweise bei der Differenzenmethode

Bedingungen:

Mindestens $N = 30$

Es können jeweils Einfach- oder Mehrfachbestimmungen durchgeführt werden, aber die Zahl der Wiederholbestimmungen muss bei beiden Verfahren gleich sein.

Bei Mehrfachbestimmungen werden die beiden Mittelwerte als Wertepaar verwandt.

Für jedes Wertepaar wird die Differenz berechnet:

Einzeldifferenz $D_i = X_{Ri} - X_{Vi}$

Das niedrigste und das höchste Endergebnis des Referenzverfahrens dürfen höchstens um den Faktor 5 differieren.

Es erfolgt keine Einteilung in Konzentrationsklassen.

Maximal darf ein Ausreißerpaar beseitigt werden.

a) Ermittlung von Wertepaar-Ausreißern

Wertepaar-Ausreißer werden durch Grubbs-Test der Differenzen D , der einzelnen Wertepaare aus den jeweiligen Analysenwerten ermittelt (D^* ist eine ausreißerverdächtige Differenz).

Mittlere Differenz:

$$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{N}$$

Grubbs-Test:

$$PG = \frac{|D^* - \bar{D}|}{S_D}$$

mit

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (D_i - \bar{D})^2}$$

Die Prüfgröße wird mit dem Tabellenwert r_M ($f = N$; $P = 95\%$) verglichen.

Ist PG größer als der Tabellenwert, muss die geprüfte Differenz als Ausreißer eliminiert werden.

Mittelwert und Standardabweichung werden aus dem verbliebenen Datensatz neu berechnet.

Weitere ausreißerverdächtige Einzeldaten sind ebenfalls nach dem beschriebenen Verfahren zu prüfen.

Höchstens ein Wertepaar darf aus der Auswertung nach der Differenzenmethode entfernt werden.

In der Dokumentation ist dieses Wertepaar jedoch aufzuführen und als Wertepaar-Ausreißer zu klassifizieren.

Dabei müssen Randbedingungen (z.B. Matrixtyp, eventuelle Ursachen für die Abweichungen etc.) dokumentiert und kommentiert werden.

b) Nachweis der Gleichwertigkeit mit dem verbundenen t-Test

Für den Test auf Gleichwertigkeit wird die Prüfgröße nach folgender Gleichung berechnet:

$$PG = \frac{|\bar{D}|}{S_D} \cdot \sqrt{N}$$

Ist $PG \leq t(f=N-1; \alpha)$ liegt kein signifikanter Unterschied vor.

Die Ergebnisse sind gleichwertig.

Auswerteverfahren für die Standardaddition

Kalibrierfunktionen

- Ermittlung der Aufstockkonzentrationen
- Herstellung der Standardlösungen
- Lineare Regressionsanalyse und Auswertung

Systematische Abweichungen

- Proportionale Abweichungen
- F-Test - Vergleich der Varianzen
- t -Test - Vergleich der Steigungen

Wiederfindungsfunktion

- Verfahrensschritte und Matrixeinflüsse
- Kontrolle der Analysenpräzision - F-Test
- Prüfung auf systematische Abweichungen

Signifikanzniveau

- Vertrauensbereich der Regressionskurve

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

- DIN 32645

Auswerteverfahren für die Standardaddition

Kalibrierfunktionen

- Ermittlung der Aufstockkonzentrationen
- Herstellung der Standardlösungen
- Lineare Regressionsanalyse und Auswertung

Kalibrierfunktionen - Ermittlung der Aufstockkonzentrationen

Die Aufstockung der Probe soll nach Möglichkeit so erfolgen, daß dabei die Probenkonzentration verdoppelt wird.

Dafür wird zunächst der Messwert **Y₀** der Urprobe bestimmt und der Probengehalt **X₀** mittels der bekannten Kalibrierfunktion geschätzt.

Die Urprobe wird danach in 4 äquidistanten Konzentrationsschritten aufgestockt, so daß die maximal zugesetzte Aufstockkonzentration **X_{A4}** z.B. gleich **X₀** ist.

Hierbei ist darauf zu achten, daß die Konzentration der am höchsten aufgestockten Probe (**X₀ + X_{A4}**) innerhalb des Arbeitsbereiches der linearen Kalibrierfunktion liegt.

Anmerkung:

Der Vorschlag, bei der Standardaddition in der Routine 4 Aufstockkonzentrationen zu verwenden, stellt einen Kompromiß zwischen der gewünschten Genauigkeit des Analysenergebnisses und dem noch in der Routine vertretbaren Aufwand dar.

Kalibrierfunktionen - Herstellung der Standardlösungen

Die Standardlösung sollte so beschaffen sein, daß die Aufstockung in volumengleichen Schritten vorgenommen werden kann.

D.h. das erste Aufstockvolumen V_s erhöht die Konzentration um XA_1 .

Das zweite Aufstockvolumen $2 \cdot V_s$ die Konzentration um $XA_2 = 2 \cdot XA_1$ usw.

Die Standardlösungen mit der zu bestimmenden Substanz werden so angefertigt, daß die Aufstockvolumina möglichst gering im Verhältnis zum Probenvolumen bleiben, um Matrixveränderungen zu vermeiden.

Hinweis:

Es ist empfehlenswert, bei der Aufstockung nach jedem Additionsschritt mit dem Lösungsmittel (z.B. dest. Wasser) auf ein konstantes Probenvolumen aufzufüllen.

Bestimmung der Messwerte ($Y_0, Y_{A1}, Y_{A2} \dots$)

Für die nach der obigen Forderungen hergestellten Aufstockproben werden die Informationswerte Y_0, Y_{A1} bis Y_{A4} bestimmt.

Ebenso wird eine Blindwertmessung durchgeführt.

Kalibrierfunktionen - Lineare Regressionsanalyse und Auswertung

Aus den 5 Wertepaaren der Aufstockkonzentrationen wird nach den Regeln der einfachen linearen Regression eine Aufstockkalibrierfunktion mit dem dazugehörigen Prognosenintervall berechnet.

Die Aufstockkalibrierfunktion einschließlich Prognoseintervall wird auf die Abszisse extrapoliert.

Für die Berechnung der gesuchten Konzentration \hat{x} wird zusätzlich der Blindmesswert **YB** benötigt.

Er entspricht dem y-Achsenabschnitt α der Kalibrierfunktion oder dem direkt gemessenen Blindwert.

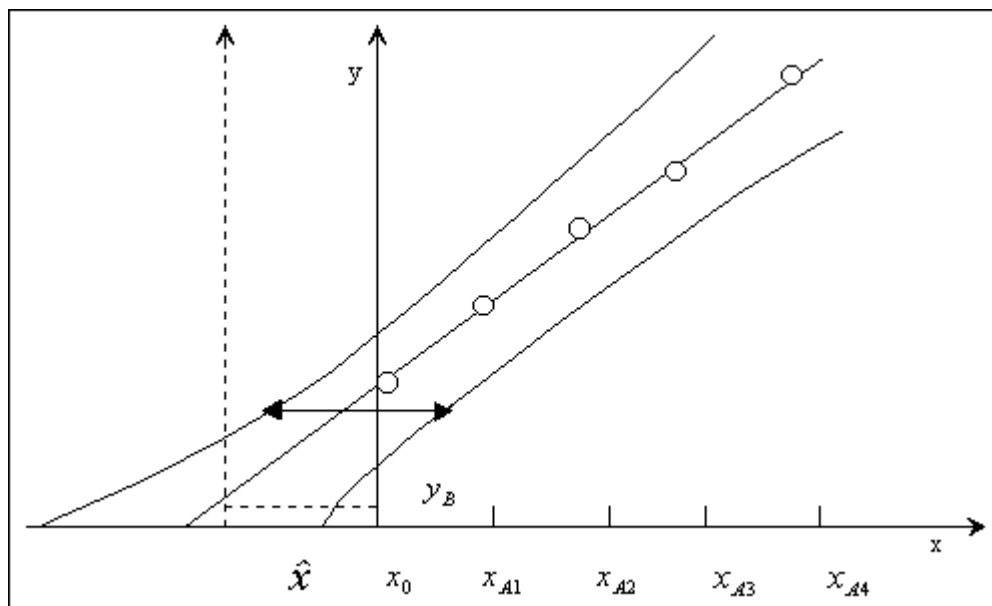
Ersteres ist dann vorzuziehen, wenn kein Kontrollprogramm der Blindwertstreuung durchgeführt wird.

Durch diesen Blindmesswert **YB** wird eine Parallele zur Abszisse gezogen.

Im Schnittpunkt dieser Parallelen mit der Aufstockkalibrierfunktion liegt der gesuchte Wert \hat{x} = Konzentration der Originalprobe.

Obwohl nach dieser Berechnung die Konzentration ein negatives Vorzeichen ($-\hat{x}$) besitzt, wird als Ergebnis deren Betrag angegeben.

Da das Analysenergebnis \hat{x} nur durch eine lineare Koordinatenverschiebung (y nach y'), jedoch nicht durch eine Extrapolation auf den - Schätzwert $y' = 0$ - gewonnen wird, ist das Prognoseintervall an der Stelle $\hat{y}0$ bzw. $x0$ zu berechnen.



Das Analyseergebnis besitzt ein relativ breites Prognoseintervall, da die Konzentration der Originalprobe der niedrigsten Arbeitsmengen für die Aufstockkalibrierung entspricht und die Hyperbeläste hier stärker divergieren.

Aufstockkalibrierfunktion:

$$y = \hat{y}_0 + b_A x$$

\hat{y}_0 = Achsenabschnitt der Aufstockkalibrierfunktion

Probenkonzentration:

$$\hat{x} = \frac{\hat{y}_0 - y_B}{b_A}$$

Der Vertrauensbereich wird an der Stelle \hat{y}_0 berechnet:

$$VB(\hat{x}) = \frac{s_y}{b_A} t_{f,\alpha} \sqrt{\frac{1}{N} + 1 + \frac{(\hat{y}_0 - \bar{y})^2}{b_A^2 \sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

mit $f = N - 2$

Auswerteverfahren für die Standardaddition

Systematische Abweichungen

- Proportionale Abweichungen
- F-Test - Vergleich der Varianzen
- t -Test - Vergleich der Steigungen

Systematische Abweichungen - Proportionale systematische Abweichungen

Proportionale systematische Abweichungen sind abhängig von der Konzentration der zu bestimmenden Komponente.

Sie können sehr einfach über eine Aufstockung aufgezeigt und behoben werden.

Mittels des Verfahrens der Standardaddition wird eine Kalibrierung direkt in der Probenmatrix vorgenommen.

Die Steigung der neuen Kalibrierfunktion sollte, falls kein Matrixeffekt vorhanden ist, der in der wässrigen Lösung entsprechen.

Dem gegenüber weisen unterschiedliche Steigungen der Kalibrierfunktionen auf einen proportionalen systematischen Fehler hin.

Um eine proportionale systematische Störung statistisch signifikant nachzuweisen, sollte mittels eines Mittelwert-t-Tests ein Vergleich der Steigungen der Kalibrier- und der Aufstockkalibrierfunktion vorgenommen werden.

Hierzu müssen die Standardabweichungen der Steigungen zunächst über einen F-Test auf Gleichheit geprüft werden.

Systematische Abweichungen - F-Test - Vergleich der Varianzen der Steigungen

Beim t -Test wird unterschieden, ob die Varianzen der beiden Steigungen (**b1** und **b2**) gleich sind oder nicht.

Demzufolge gibt es auch zwei mathematische Ansätze.

Mit Hilfe eines F-Tests kann geklärt werden, ob beide Varianzen unterschiedlich sind.

Dieser Test ist nicht sehr aufwendig.

Es werden lediglich die Varianzen der beiden Steigungen durcheinander dividiert.

Hierbei sei **s1** die größere Varianz:

Es gilt die Prüfgröße **PG**:

$$PG = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Dieser Quotient wird gegen den Tabellenwert geprüft.

Es liegt ein einseitiger F-Test vor, da man überprüfen will, ob eine Varianz größer oder kleiner ist.

Den Tabellenwert erhalte ich über die Freiheitsgrade:

$$v_1 = n_1 - 1$$

$$v_2 = n_2 - 1$$

Wobei **n1** und **n2** die Anzahl der Messwerte in der jeweiligen Kalibrierung sind.

Systematische Abweichungen - t-Test - Vergleich der Steigungen von zwei Geraden

Gleiche Varianzen:

Sind die Varianzen der beiden Steigungen gleich, wird die Prüfgröße **PG** über:

$$PG = \frac{b_1 - b_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

ermittelt.

Der Freiheitsgrad, zu dem der Tabellenwert abgelesen wird ergibt sich aus:

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

Es liegt ein zweiseitiger t-Test vor, da man überprüfen will, ob die Steigungen gleich sind oder nicht.

Ungleiche Varianzen:

Sind die Varianzen nicht gleich, werden Prüfgröße und Freiheitsgrad wie folgt ermittelt:

$$PG = \frac{b_1 - b_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$v = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}}$$

Diese **PG** wird gegen den Tabellenwert geprüft.

Auswerteverfahren für die Standardaddition

Wiederfindungsfunktion

- Verfahrensschritte und Matrixeinflüsse
- Kontrolle der Analysenpräzision - F-Test
- Prüfung auf systematische Abweichungen

Wiederfindungsfunktion - Überprüfung einzelner Verfahrensschritte / Matrixeinflüsse

Ein wesentliches Gütekriterium eines Analysenverfahrens ist dessen Anwendbarkeit auf natürliche Proben.

Daher kann insbesondere vom Methodenentwickler erwartet werden, daß er das Verfahren auf Beeinflussungen durch einerseits notwendige zusätzliche Verfahrensschritte wie z.B. Probenaufschluß, Probenextraktion, andererseits Interferenzen oder Matrixeffekte hin untersucht.

Hierbei sollte typische Matrizes (z.B. reales Oberflächenwasser typischer Zusammensetzung) ausgewählt werden.

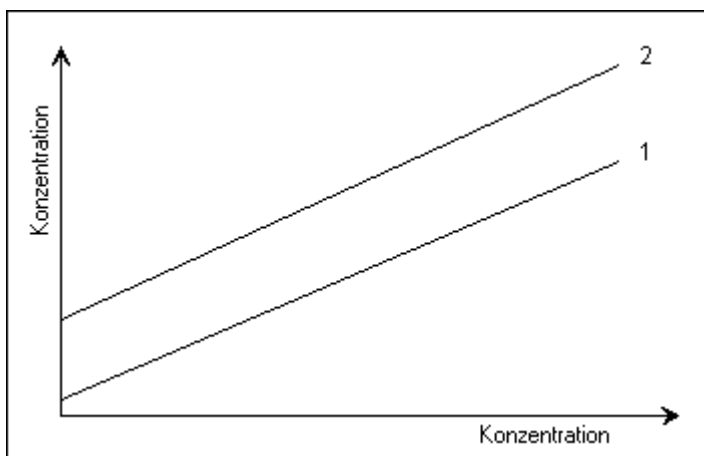
Verfahrensschritte und Matrixeffekte können sich in einer Erhöhung der Unpräzision und/oder als konstant- oder proportional-systematische Abweichungen der Analysenergebnisse von den 'wahren' Werten äußern.

Sowohl zur Überprüfung einzelner Verfahrensschritte als auch zur Feststellung einer Matrixbeeinflussung eignet sich die Berechnung der Wiederfindungsfunktion, die es erlaubt, systematische Abweichungen aufzudecken.

Konstant-systematische Abweichungen

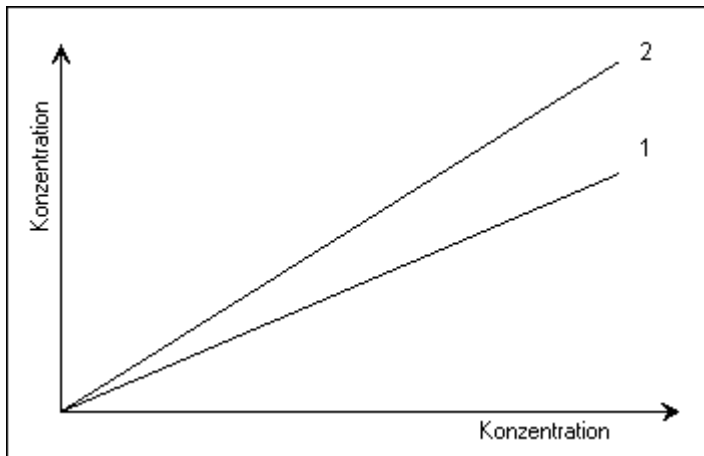
Bei konstant-systematische Abweichungen ist der Fehler unabhängig von der Konzentration der analysierten Komponente, was zu einer Parallelverschiebung der Matrix-Kalibriergerade 2 gegenüber der Standardkalibriergerade führt.

Ursache für diese Abweichung könnte das Miterfassen einer Matrixkomponente sein, d.h. das Analysenverfahren ist nicht ausreichend spezifisch.



Proportional-systematische Abweichungen

Bei proportional-systematische Abweichungen ist die Größe des Fehlers abhängig von der Konzentration der analysierten Komponente. Dies führt zur Änderung der Steigung der Matrix-Kalibriergeraden. Diese Abweichungen vom wahren Wert können durch einzelne Verfahrensschritte oder Matrix-Effekte bedingt sein. Durch Standardaddition und/oder Ermittlung der Wiederfindungsfunktion können system. Abweichungen aufgedeckt werden.



Ermittlung und Bewertung der Wiederfindungsfunktion

Ziel der Wiederfindungsfunktion und der Aufstellung der sog. Wiederfindungsfunktion ist die Ermittlung des Einflusses einer Verfahrens- oder Probenmodifikation (auch Matrixeinfluß !) auf das Analysenverfahren. Die Untersuchungen erfolgen über den gesamten Standardarbeitsbereich. Zunächst wird die Kalibrierfunktion des Grundverfahrens bestimmt:

$$y = a_c + b_c x_c$$

Jeder einzelne Kalibrierstandard wird dem modifizierten Analysenverfahren unterzogen. Die Analyseergebnisse x_f werden mit der Analysenfunktion (nach x aufgelöste Kalibrierfunktion) berechnet

$$x_f = \frac{y_f - a_c}{b_c}$$

Stellt man die jeweils - gefundenen - Konzentration (x_f) auf der Ordinate gegen die Kalibrier - Konzentration (x_c) auf der Abszisse graphisch dar, so erhält man die Wiederfindungsgerade, die sich mathematisch durch die Wiederfindungsfunktion

$$x_f = a_f + b_f x_c$$

beschreiben läßt. Im Idealfall ergibt die Wiederfindungsfunktion eine Gerade mit dem Achsenabschnitt ($a_f = 0$) und der Steigung ($b_f = 1$) sowie einer Reststandardabweichung S_{yf} , die der Verfahrensstandardabweichung des analytischen Grundverfahrens S_{xoc} entspricht.

Wiederfindungsfunktion - Kontrolle der Analysenpräzision - F-Test

Die Verfahrensstandardabweichung des analytischen Grundverfahrens **S_{xoc}** und die Reststandardabweichung **S_{yf}** werden auf signifikanten Unterschied hin überprüft:

$$PG = \left(\frac{S_{xf}}{S_{xoc}} \right)^2$$

Ist **PG > F (f1, f2, α)**, liegt ein signifikanter Unterschied beider Standardabweichungen vor.

In diesem Fall kann keine endgültige Aussage bezüglich des Nicht-Vorliegens systematischer Abweichungen gemacht werden.

Statt dessen ist die Ursache für die hohe Unpräzision zu ermitteln, anschließend zu eliminieren und daraufhin eine neue Wiederfindungsfunktion zu bestimmen.

Wiederfindungsfunktion - Prüfung auf systematische Abweichungen

Da Messwerte in jedem Fall zufällige Fehler aufweisen können, d.h. einer Streuung unterliegen, ergeben sich als Achsenabschnitt und Steigung der Wiederfindungsfunktion niemals die Idealwerte $a_f = 0$ und $b_f = 1$.

Um Aussagen über das Vorliegen systematischer Abweichungen treffen zu können, müssen die Vertrauensbereiche von a_f und b_f ermittelt werden.

Der Vertrauensbereich für a_f ergibt sich zu:

$$VB(a_f) = a_f \pm t_{(\alpha, f)} s_{a_f}$$

$$VB(a_f) = a_f \pm s_{a_f} * t_{(\alpha, f)} \sqrt{\frac{1}{N_f} + \frac{(\bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

Der Vertrauensbereich für b_f ergibt sich zu:

$$VB(b_f) = b_f \pm t_{(\alpha, f)} s_{b_f}$$

$$VB(b_f) = b_f \pm \frac{t_{(\alpha, f)} s_{y_f}}{\sum (x_i - \bar{x})}$$

Mit Hilfe der berechneten Vertrauensbereiche kann das Vorliegen systematischer Abweichungen statistisch überprüft werden.

Eine konstant-systematische Abweichung liegt vor, wenn der Vertrauensbereich $VB(a_f)$ nicht den Wert ($a_f = 0$) einschließt.

Entsprechend gilt, daß eine proportional-systematische Abweichung vorliegt, wenn der Vertrauensbereich $VB(b_f)$ den Wert ($b_f = 1$) nicht einschließt.

Signifikanzniveau - Vertrauensbereich der Regressionskurve

Da sich die Kalibrierfunktion aus mehreren Werten zusammensetzt, die nicht 100%ig zueinander passen, hat auch sie einen Vertrauensbereich.

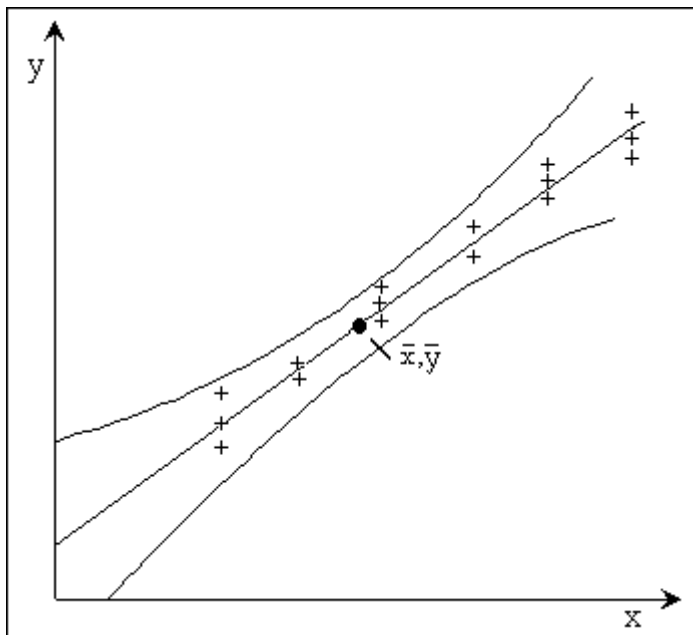
"Nicht 100%ig zueinander passen" heißt hier, nicht alle Werte liegen exakt auf der Kalibriergeraden.

Wäre dem so, gäbe es auch keinen **VB**, bzw. dieser wäre null.

Den **VB** zu berechnen ist wichtig, denn er gibt auch hier den Bereich an, in dem der wahre Wert liegt.

Die Grafik zeigt eine Regressionsgerade mit ihrem **VB**.

Der **x**-Wert ist gemäß Definition frei von Fehlern, er entspricht z.B. der Konzentration der verschiedenen Eichlösungen. Der **y**-Wert entspricht den Messwerten.



Je breiter der **VB** ist, desto weniger zuverlässig sind die Ergebnisse der Analyse.

Die Präzision ist gering. Die Breite des **VB** hängt von den Messwerten der einzelnen Messlösungen ab (und natürlich von der gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit).

Das gilt sowohl für die verschiedenen Messlösungen als auch für die Ergebnisse der Mehrfachmessung einer Messlösung.

Der **VB** wird enger, wenn die Standardabweichung, mit der die Methode arbeitet, reduziert wird oder wenn mehr Stützpunkte existieren oder an den Stützpunkten häufiger gemessen wird (**N** muß groß werden).

In der Grafik ist der "Datenschwerpunkt " der Kalibrierfunktion eingezeichnet.

Hier ist der **VB** am kleinsten.

Entfernen wir uns nach unten oder oben von diesem Punkt, werden die Daten auf denen die Regression beruht, weniger (Unsicherheit in der Steigung) und der **VB** nimmt zu.

Der **VB** lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$c_{\mathcal{N}}^f_{\{\hat{y}(x)\}} = \hat{y}(x) \pm s \cdot t_c \cdot \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

x = beliebiger **x**-Wert

x_i = **x**-Wert der i-ten Kalibrierprobe

\bar{x} = Mittelwert aller **x**-Werte

$\hat{y}(x)$ = Über die Regression bestimmter Wert von **y** bei **x**.

N = Anzahl aller Messwerte der Kalibriergeraden

S_y = Verfahrensstandardabweichung

b = Steigung der Kalibrierfunktion

t_c = Von Irrtumswahrscheinlichkeit / Anzahl Freiheitsgrade (**N** -2) abhängige t-Faktor.

Auswerteverfahren der Standardaddition

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

- DIN 32645

Nachweis- und Bestimmungsgrenzen - DIN 32645

Die DIN 32645 beruht auf der Vorschrift des Arbeitsausschusses für chem. Terminologie.

Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen

Beim Einsatz einer Analysenmethode ist es wichtig zu wissen, bis zu welcher unteren Grenze die Methode verwertbare Werte liefert. Das kann zum einen derart geschehen, daß Proben immer geringerer Konzentration gemessen werden, bis kein Signal mehr erkannt werden kann. Der statistisch sichere Weg geht über die Kalibrierfunktion und den Prognosebereich. Hier gibt es verschiedene Verfahren, von denen einige im folgenden beschrieben werden. Vergleich der Begriffe aus der DIN 55350 und 32645:

DIN 55350	DIN 32645
Erkennungsgrenze	Kritischer Wert der Meßgröße
Erfassungsgrenze	Nachweisgrenze
Erfassungsvermögen	Erfassungsgrenze
nicht definiert	Bestimmungsgrenze

Folgende Bestimmungen können über die Kalibrierfunktion als auch über wiederholte Messung von Blindproben erfolgen. Beide Verfahren sollten gemäß DIN parallel angewandt werden. Falls beide Verfahren signifikante Differenzen zeigen, sind die Ergebnisse der Blindwertmethode zu verwenden. Bei der Blindwertmethode ist darauf zu achten, daß die Werte normalverteilt sind. Das kann wegen der 0 als natürliche Grenze nicht der Fall sein, dann muß mit der Kalibrierfunktion gearbeitet werden.

Kritischer Wert der Messgröße

Für die Methode nach der Kalibrierfunktion (siehe Erkennungsgrenze bei DIN 55350) gilt.

$$y_k = a + s_y \cdot t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{\bar{x}^2}{Q_{xx}}}$$

s_y = Standardabweichung der Blindwerte

\bar{x} = Mittelwert aller x-Werte

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

a = Achsenabschnitt

m = Anzahl der Messungen an der Analysenprobe

$t_{v,\alpha}$ = von der Irrtumswahrscheinlichkeit und Anzahl der Freiheitsgrade (= N -2) abhängige t-Faktor

n = Anzahl Kalibrierproben (bei Einfachbestimmungen) bzw. Gesamtanzahl Kalibriermessungen (bei gleicher Anzahl Wiederholungsmessungen je Kalibrierpunkt) oder Anzahl Messungen bei Bestimmung des Leerwertes

Nachweisgrenze

Für die Methode nach der Kalibrierfunktion (siehe Erkennungsgrenze bei DIN 55350) gilt.

$$x_{NG} = \frac{s_y}{b} * t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{\bar{x}^2}{Q_{xx}}}$$

s_y = Standardabweichung der Blindwerte

\bar{x} = Mittelwert aller x-Werte

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

b = Steigung der Gerade

m = Anzahl der Messungen an der Analysenprobe

tv_{α} = von der Irrtumswahrscheinlichkeit und Anzahl der Freiheitsgrade (= N -2) abhängige t-Faktor

n = Anzahl Kalibrierproben (bei Einfachbestimmungen) bzw. Gesamtanzahl Kalibriermessungen (bei gleicher Anzahl Wiederholungsmessungen je Kalibrierpunkt) oder Anzahl Messungen bei Bestimmung des Leerwertes

Erfassungsgrenze

Unter diesem Begriff wird der kleinste Gehalt verstanden, bei dem mit einer Wahrscheinlichkeit von (1- β) ein Nachweis möglich ist.

In der DIN 55350 wird dies als Erfassungsvermögen bezeichnet. Die Berechnung ist jedoch anders:

$$x_{EG} = x_{NG} + \frac{s_y}{b} * t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{\bar{x}^2}{Q_{xx}}}$$

s_y = Standardabweichung der Blindwerte

\bar{x} = Mittelwert aller x-Werte

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

b = Steigung der Gerade

m = Anzahl der Messungen an der Analysenprobe

tv_{α} = von der Irrtumswahrscheinlichkeit und Anzahl der Freiheitsgrade (= N -2) abhängige t-Faktor

n = Anzahl Kalibrierproben (bei Einfachbestimmungen) bzw. Gesamtanzahl Kalibriermessungen (bei gleicher Anzahl Wiederholungsmessungen je Kalibrierpunkt) oder Anzahl Messungen bei Bestimmung des Leerwertes

Bestimmungsgrenze

Gemeint ist hier der Gehalt einer Substanz, bei dem die Ergebnisunsicherheit einen definierten Wert erreicht.

Zur Bestimmung von **XBG** wird der Faktor **k** eingeführt, wobei $1/k$ die relative Ergebnisunsicherheit zur Charakterisierung der Bestimmungsgrenze darstellt.

Sie können folgende Werte für **k** auswählen:

- 20% -> **k = 5**
- 25% -> **k = 4**
- 33% -> **k = 3**
- 50% -> **k = 2**

Gemäß DIN soll **k = 3** gewählt werden, was einer relativen Ergebnisunsicherheit von 33,3% entspricht.

XBG ergibt sich somit aus folgender Gleichung als Näherung:

$$x_{BG} = k \frac{s_y}{b} t_{v,\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{(kx_{MG} - \bar{x})^2}{Q_{xx}}}$$

S_y = Standardabweichung der Blindwerte

\bar{x} = Mittelwert aller x-Werte

$$Q_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

- b** = Steigung der Gerade
m = Anzahl der Messungen an der Analysenprobe
tv_α = von der Irrtumswahrscheinlichkeit und Anzahl der Freiheitsgrade (= N - 2) abhängige t-Faktor
n = Anzahl Kalibrierproben (bei Einfachbestimmungen) bzw. Gesamtanzahl Kalibriermessungen (bei gleicher Anzahl Wiederholungsmessungen je Kalibrierpunkt) oder Anzahl Messungen bei Bestimmung des Leerwertes

Auswerteverfahren für die Varianzanalyse

Varianzanalysen

- Statistisches Verfahren

Einfache Varianzanalyse

- Allgemeines mathematisches Modell
- Modell mit systematischen Komponenten
- Modell mit Zufallskomponenten
- Auswertung der Messreihe
- Bartlett -Test

Doppelte Varianzanalyse

- Allgemeines mathematisches Modell
- Modell mit systematischen Komponenten
- Modell mit Zufallskomponenten
- Gemischtes Modell
- Auswertung der Messreihe

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Varianzanalysen - Statistisches Verfahren

Die Varianzanalyse ist ein statistisches Verfahren zur Untersuchung der Einflüsse verschiedener Faktoren auf Versuchsergebnisse.

Die Varianzanalyse geht der Frage nach, ob eine vorliegende Streuung rein zufällig ist oder ob sie überwiegend durch Einflüsse von einem oder mehreren zu untersuchenden Faktoren abhängt. Die zu untersuchenden Faktoren werden in Stufen eingeteilt:

Wollen Sie z. B. feststellen, ob alle Laboranten in Ihrem Labor einen Trockengehalt gleich gut bestimmen können, stellen die Laboranten den Faktor - und jeder Laborant eine Stufe dar.

Weitere mögliche Faktoren und deren Stufen:

- Verschiedene Messgeräte, die die gleiche Bestimmung durchführen. (liefern alle Geräte vergleichbare Ergebnisse ?)
- Wirkstoffgehalt eines Präparats, über mehrere Chargen. (Schwankt der Wirkstoffgehalt oder sind die Abweichungen zufällig ?)
- Trockengehalt, an verschiedenen Stellen in mehreren baugleichen Trockenschränken bestimmt (2 Faktoren!). (Hängt das Ergebnis vom Trockenschrank und / oder der Position des Wägeglases ab ?)

Es wird immer der Frage nachgegangen: Sind die Streuungen der Messwerte rein zufällig oder hat der oder die Faktor(en) einen Einfluß auf die Ergebnisse?

Untersuchen Sie die Einflüsse von zwei Faktoren (doppelte Varianzanalyse) wird ebenfalls eine mögliche Wechselwirkung zwischen den beiden Einflußgrößen untersucht.

Für jeden Faktor müssen immer mindestens zwei Stufen existieren !
Die Anzahl der Messwerte muß auf allen Stufen gleich sein !

Mit der Varianzanalyse läßt sich zwar feststellen, welcher Faktor signifikanten Einfluß auf die Gesamtstreuung hat.

Es läßt sich allerdings nicht die Frage beantworten, welche Stufe(n) eines Faktors 'aus der Reihe tanzen'.

Die Varianzanalyse beruht auf der Zerlegung der Summe der quadrierten Abweichungen aller Einzelwerte einer Untersuchung von ihrem Gesamtmittelwert in mehrere Summanden, die den Einflüssen der Faktoren zugeordnet sind.

Die Varianzanalyse ermöglicht den Test der Nullhypothese des jeweiligen mathematischen Modells, sowie die Berechnung von Schätzwerten und Vertrauensbereichen für die einzelnen Modellparameter.

Bei der Varianzanalyse wird zwischen einfacher und doppelter Varianzanalyse unterschieden.

Auswerteverfahren für die Varianzanalyse

Einfache Varianzanalyse

- Allgemeines mathematisches Modell
- Modell mit systematischen Komponenten
- Modell mit Zufallskomponenten
- Auswertung der Messreihe
- Bartlett -Test

Einfache Varianzanalyse - Allgemeines mathematisches Modell

Es soll der Einfluß eines Faktors A auf die Versuchsergebnisse untersucht werden.

Vom Faktor A existieren p Stufen. Jede Stufe enthält gleich viele Messwerte (balancierte Varianzanalyse).

Eine einfache Varianzanalyse liegt z. B. vor, wenn Sie ein Produkt (egal ob Schraube oder Pille) auf mehreren Maschinen produzieren lassen. Und nun fragen Sie sich, ob alle Schrauben gleich groß bzw. alle Pillen gleich schwer sind.

Die Maschinen sind der Faktor und die einzelnen Maschinen die Stufen des Faktors. Angenommen, Sie haben 15 Maschinen, dann haben Sie auch 15 Stufen.

Vorliegende Messwerte:

		Einzelwerte					
		1	2	...	v	...	n
Stufe	1	y ₁₁	y ₁₂	...	y _{1v}	...	y _{1n}
des	2	y ₂₁	y ₂₂	...	y _{2v}	...	y _{2n}
Faktors A

	i	y _{i1}	y _{i2}	...	y _{iv}	...	y _{in}

	p	y _{p1}	y _{p2}	...	y _{pv}	...	y _{pn}

Allgemeines mathematisches Modell:

Es wird vorausgesetzt, daß sich jeder Einzelwert aus folgenden Anteilen additiv aufbaut:

$$y_{iv} = \mu + \alpha_i + E_{iv}$$

μ = Gesamtmittelwert

α_i = additiver Einfluß der Stufe i des Faktors A

E_{iv} = additiver Zufallsanteil

Die E_{iv} sind unabhängige normalverteilte Zufallsgrößen mit dem Erwartungswert $E(E_{iv}) = 0$ und der für alle Faktorstufen i gleichen Varianz $v(E_{iv}) = \sigma^2$.

Bezüglich α_i wird zwischen dem Systematischem und Zufalls Modell unterschieden.

Einfache Varianzanalyse - Modell mit systematischen Komponenten

Es existieren nur die p untersuchten Stufen des Faktors A oder nur diese sind von Interesse. Stellen Sie sich also zum Beispiel vor, Sie lassen den Trockengehalt einer Dispersion von den 15 Laboranten in Ihrem Labor bestimmen. Nun fragen Sie sich, ob alle Laboranten gleich gut arbeiten oder ob es Unterschiede zwischen den Ergebnissen der einzelnen Laboranten gibt.

Wenn Sie nun die Werte aller 15 Laboranten verrechnen, haben Sie die Daten aller existierenden Stufen eingegeben. Daraus folgt: **Systematisches Modell**.

Angenommen, sieben der Laboranten sind männlichen Geschlechts und Sie wollen wissen, ob es Unterschiede zwischen den Ergebnissen der männlichen Laboranten gibt. Dann geben Sie nur die Werte dieser sieben Laboranten ein. Da nur diese sieben Werte von Interesse sind, gilt ebenfalls: **Systematisches Modell**.

Aber zurück zur Theorie:

Die α_j sind nichtzufällige (systematische) Komponenten in der oben angegebenen Zerlegungsgleichung, deren Mittelwert:

$$\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \alpha_i = 0$$

ist.

Das systematische Modell enthält $p+1$ unbekannte Parameter. Als da wären:

- Gesamtmittelwert μ
- $p-1$ systematische Abweichungen α_j

wegen:

$$\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \alpha_i = 0$$

ist bei Kenntnis von $p-1$ Werte α_j auch der p -ten Wert α_j bekannt

- die σ^2 (Varianz).

Die Nullhypothese lautet bei diesem Modell:

Der Faktor A hat keinen Einfluß auf die Versuchsergebnisse

$$H_0: \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \alpha_i = 0$$

Einfache Varianzanalyse - Modell mit Zufallskomponenten

Bei den p untersuchten Stufen des Faktors A handelt es sich um eine Zufallsstichprobe aus ($P \gg p$) tatsächlich vorhandenen Stufen des Faktors A.

Stellen Sie sich - um bei den Laboranten zu bleiben - vor, Sie lassen den Trockengehalt einer Dispersion von - sagen wir - 50 verschiedenen Laboranten bestimmen.

Nun fragen Sie sich, ob alle Laboranten gleich gut arbeiten oder ob es Unterschiede zwischen den Ergebnissen der einzelnen Laboranten gibt.

Da Sie nach Ende des Tests aber doch die Lust verloren haben, die Werte aller 50 Laboranten auszuwerten, beschließen Sie, sich die Werte von 10 Laboranten rauszupicken und einzugeben.

In diesem Fall handelt es sich um ein zufälliges Modell.

Sie haben aus einer großen Zahl vorliegender Daten (Stufen) eine (hoffentlich) zufällige Stichprobe genommen.

Nur diese Daten geben Sie ein, obwohl die anderen auch von Interesse sind, aber wegen des Umfangs nicht eingegeben werden können.

Die Theorie:

Die α_j sind zufällige Komponenten in der oben genannten Zerlegungsgleichung mit dem Erwartungswert $E(\alpha_j) = 0$ und der Varianz $v(\alpha_j) = \sigma_A^2$

Das Modell enthält drei unbekannte Parameter:

- den Gesamtmittelwert μ
- σ_A^2
- σ_E^2

Die Nullhypothese lautet:

Der Faktor A hat keinen Einfluß auf die Versuchsergebnisse

$$H_0 : \sigma_A^2 = 0$$

Einfache Varianzanalyse - Auswertung der Messreihe

Dazu wird die Summe der quadrierten Abweichungen (S.d.q.A.) insgesamt, zwischen den Stufen und innerhalb der Stufen berechnet

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^p \sum_{v=1}^n (y_{iv} - \bar{y})^2 \\ &= \\ & n \sum_{i=1}^p (\bar{y}_i - \bar{y})^2 \\ &+ \\ & \sum_{i=1}^p \sum_{v=1}^n (y_{iv} - \bar{y}_i)^2 \end{aligned}$$

(S.d.q.A. insgesamt = S.d.q.A. zwischen den Stufen + S.d.q.A. innerhalb der Stufen)

Oder auch:

$$Q_{Total} = Q_A + Q_{Res}$$

Die Freiheitsgrade ergeben sich wie folgt:

$$FO = f_{II} + f_I$$

$$Np - 1 = p - 1 + p(n - 1)$$

Erklärungen:

N = (Anzahl der Messwert einer Stufe)

p = (Anzahl der Stufen)

y_{iv} = (Messwert **v** der Stufe **i**)

Mittelwert einer Stufe:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n y_{iv}$$

Gesamtmittelwert:

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{1}{pn} \sum_{i=1}^p \sum_{v=1}^n y_{iv} \\ &= \\ & \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \bar{y}_i \end{aligned}$$

Zur Berechnung der S.d.q.A. benutzt man nicht die angegebenen Definitionsgleichungen, sondern zweckmäßigere Rechenformeln.

Man bildet für jede Faktorstufe i		und summiert über alle p Faktorstufen zu
Die Summe aller Einzelwerte	$A_i = \sum_{v=1}^n y_{iv}$	$\sum_{i=1}^p A_i = A$
Die Summe der Quadrate aller Einzelwerte	$B_i = \sum_{v=1}^n y_{iv}^2$	$\sum_{i=1}^p B_i = B$
Das Quadrat von A_i	$C_i = \left(\sum_{v=1}^n y_{iv} \right)^2$	$\sum_{i=1}^p C_i = C$

Mit den Hilfsgrößen A, B, C wird berechnet:

$$Q_A = \frac{C}{n} - \frac{A^2}{pn}$$

$$Q_{RES} = B - \frac{C}{n}$$

$$Q_{Total} = B - \frac{A^2}{pn}$$

$$y = \frac{A}{pn}$$

Standardabweichung zwischen den Serien:

$$S_b = \sqrt{\frac{Q_A}{p-1}}$$

Standardabweichung innerhalb der Serien:

$$S_w = \sqrt{\frac{Q_{res}}{p(n-1)}}$$

Gesamtstandardabweichung:

$$S_t = \sqrt{\frac{Q_{Total}}{pn-1}}$$

Die Prüfgröße - mit der in die F-Test-Tabelle gegangen wird - erhält man durch:

$$F = (QA / f_{II}) / (QRes / f_I)$$

Der Tabellenwert wird über die Freiheitsgrade:

$$f_1 = p - 1$$

und:

$$f_2 = p (n - 1)$$

bei der gewünschten Irrtumswahrscheinlichkeit α abgelesen.

Wenn die Prüfgröße größer als die Referenzgröße ist, dann existieren systematische Abweichungen zwischen den einzelnen Stufen.

Berechnung des Vertrauensbereichs des Mittelwertes (Systematisches Modell)

$$VB = t_{p(n-1), \alpha} \times \frac{s_w}{\sqrt{pn}}$$

Berechnung des Vertrauensbereichs des Mittelwertes (Zufälliges Modell)

$$VB = t_{(p-1), \alpha} \times \frac{s_b}{\sqrt{pn}}$$



Einfache Varianzanalyse - Bartlett -Test (Vergleich der Varianzen)

Der Bartlett -Test ist ein zweiseitiger Test auf Homogenität der Varianzen.

Er setzt nicht voraus, daß die Anzahl der Messwerte in allen Laboratorien gleich ist, es sollten aber mindestens fünf Messwerte je Labor vorliegen.

Der Test ist nicht anwendbar, wenn eine der Varianzen null. Ist.

Er ist außerdem sehr empfindlich gegenüber der kleinsten Varianz, was zu beachten ist, wenn durch Rundungen der Messwerte sehr kleine Varianzen existieren.

Berechnung der benötigten Hilfsgrößen:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{1}{f(i)} - \frac{1}{N-p}}{3(p-1)} + 1$$

wobei $f(i) = n(i) - 1$ die Anzahl der Freiheitsgrade bezeichnet.

$$s^{*2} = \frac{\sum_{i=1}^p f(i) s_i^2}{N-p}$$

Ermittlung der Prüfgröße:

$$PG = \frac{1}{C} \left[(N-p) \ln s^{*2} - \sum_{i=1}^p f(i) \ln s_i^2 \right]$$

Verglichen wird die **PG** mit dem Tabellenwert aus χ^2 -Verteilung mit $f = p - 1$ Freiheitsgraden.

Wenn der Wert der Prüfgröße größer als der Tabellenwert ist, kann geschlossen werden, daß die Varianzen nicht alle gleich sind.

Auswerteverfahren für die Varianzanalyse

Doppelte Varianzanalyse

- Allgemeines mathematisches Modell
- Modell mit systematischen Komponenten
- Modell mit Zufallskomponenten
- Gemischtes Modell
- Auswertung der Messreihe

Doppelte Varianzanalyse - Allgemeines mathematisches Modell

Wird bei der einfachen Varianzanalyse der Einfluß eines Faktors auf die Messwerte untersucht, ist der Einfluß von zwei Faktoren A und B Gegenstand der Betrachtung.

Vom Faktor A existieren p Stufen, vom Faktor B q Stufen.

Jede Stufe enthält gleich viele Messwerte (balancierte Varianzanalyse).

Die doppelte Varianzanalyse läßt sich z. B. zum Vergleichen von Analysenmethoden oder Analysengeräten einsetzen:

Wenn Sie eine Analysenmethode (oder ein Analysengerät) durch eine neue ersetzen wollen, werden Sie sich natürlich die Frage stellen, ob die neue Methode Ergebnisse liefert, die sich nicht von denen der alten unterscheiden.

(Statt nur zwei Methoden können Sie hier natürlich auch mehr Methoden vergleichen)

Dazu können Sie nun mehrere Chargen Ihres Produkts untersuchen, indem Sie mit beiden Methoden z. B. eine Doppel- oder Dreifach-Bestimmung durchführen.

Anschließend werten Sie die Daten mit der doppelten Varianzanalyse aus.

Die beiden Methoden sind dann der Faktor A, wobei jede Methode eine Stufe darstellt.

Die Chargen sind Faktor B und die einzelnen Chargen stellen die einzelnen Stufen dar.

		Stufen des Faktors B		
		1	j	q
Stufen	1	y_{111}	y_{1j1}	y_{1q1}
		.	.	.
		.	.	.
		y_{11v}	y_{1jv}	y_{1qv}
		.	.	.
des	i	y_{i11}	y_{ij1}	y_{iq1}
		.	.	.
		.	.	.
		y_{i1v}	y_{ijv}	y_{iqv}
		.	.	.
Faktors	q	y_{p11}	y_{pj1}	y_{pq1}
		.	.	.
		.	.	.
		y_{p1v}	y_{pjv}	y_{pqv}
		.	.	.
A	q	y_{p1n}	y_{pjn}	y_{pqn}
		.	.	.
		.	.	.
		y_{p1v}	y_{pjv}	y_{pqv}
		.	.	.

Allgemeines mathematisches Modell:

Es wird vorausgesetzt, daß sich jeder Messwert aus folgenden Anteilen additiv aufbaut:

$$y_{ijv} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijv}$$

- μ = Gesamtmittelwert
- α_i = Einfluß der Stufe i des Faktors A
- β_j = Einfluß der Stufe j des Faktors B
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Wechselwirkung zwischen den Stufen
- ϵ_{ijv} = Zufallsanteil

Bezüglich α_i , β_j und $(\alpha\beta)_{ij}$ wird zwischen dem Systematischem, Zufalls und Gemischtem Modell unterschieden.

Doppelte Varianzanalyse - Modell mit systematischen Komponenten

Es existieren nur die p untersuchten Stufen des Faktors A und nur die q untersuchten Stufen des Faktors B oder nur diese sind von Interesse. Ein Beispiel zum systematischen Modell finden Sie unter 'Einfache Varianzanalyse'.

Die Theorie:

Die α_i , β_j und $(\alpha\beta)_{ij}$ sind nichtzufällige (systematische) Komponenten in der oben angegebenen Zerlegungsgleichung, deren Mittelwerte sind:

$$\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \alpha_i = 0$$

$$\frac{1}{q} \sum_{j=1}^q \beta_j = 0$$

$$\frac{1}{pq} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

Das systematische Modell enthält $pq + 1$ unbekannte Parameter. Als da wären:

- Gesamtmittelwert μ
- $p - 1$ systematische Abweichungen α_i
- $q - 1$ systematische Abweichungen β_j
- $(p - 1)(q - 1)$ systematische Abweichungen $(\alpha\beta)_{ij}$
- die σ^2 (Varianz).

Die Nullhypothese lautet bei diesem Modell:

Weder Faktor A noch Faktor B haben einen Einfluß auf die Versuchsergebnisse:

$$H_0 : \sum_{i=1}^p \alpha_i^2 = 0$$

und

$$H_0 : \sum_{j=1}^q \beta_j^2 = 0$$

und

$$H_0 : \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\alpha\beta)_{ij}^2 = 0$$

Doppelte Varianzanalyse - Modell mit Zufallskomponenten

Bei den p untersuchten Stufen des Faktors A handelt es sich um eine Zufallsstichprobe aus $P \gg p$ tatsächlich vorhandenen Stufen des Faktors A.

Das gleiche gilt für die q Stufen des Faktors B. Diese entstammen einer Grundgesamtheit $Q \gg q$.

Ein Beispiel zum zufälligen Modell finden Sie unter 'Einfache Varianzanalyse'

Die Theorie:

Die α_i , β_j und $(\alpha\beta)_{ij}$ sind zufällige Komponenten in der oben genannten Zerlegungsgleichung mit den folgenden Erwartungswerten und Varianzen:

$$E(\alpha_i) = 0, V(\alpha_i) = \sigma_A^2$$

$$E(\beta_j) = 0, V(\beta_j) = \sigma_B^2$$

$$E(\alpha\beta) = 0, V(\alpha\beta)_{ij} = \sigma_{AB}^2$$

Das Modell enthält fünf unbekannte Parameter:

- Gesamtmittelwert μ
- σ^2_A
- σ^2_B
- σ^2_{AB}
- σ^2_E

Die Nullhypothese lautet:

Weder der Faktor A, noch der Faktor B haben einen Einfluß auf die Versuchsergebnisse und es existiert auch keine Wechselwirkung:

$$H_0 : \sigma_A^2 = 0$$

und

$$H_0 : \sigma_B^2 = 0$$

und

$$H_0 : \sigma_{AB}^2 = 0$$

Doppelte Varianzanalyse - Gemischtes Modell

Bei diesem Modell sind die p Stufen des Faktors A alle Stufen die existieren, bzw. von Interesse sind.

Bei den q Stufen des Faktors B stellen diese eine zufällige Auswahl aus den tatsächlich existierenden Stufen Q dar.

Es liegt also eine Mischform der beiden gerade besprochenen Modelle vor.

Wichtig bei der Dateneingabe ist, daß die Stufen der systematischen Komponente spaltenweise eingegeben werden müssen.

Die Stufen der zufälligen Komponente stellen dann die Zeilen dar.

Das Modell enthält $p + 3$ unbekannte Parameter:

- Gesamtmittelwert m
- $p - 1$ systematische Abweichungen α_j
- σ^2_B
- σ^2_{AB}
- σ^2_E

Die Nullhypothese lautet:

$$\sum_{j=1}^p \alpha_j^2 = 0$$

und

$$H_0 : \sigma_B^2 = 0$$

und

$$H_0 : \sigma_{AB}^2 = 0$$

Doppelte Varianzanalyse - Auswertung der Messreihe

Es werden die Summen der quadrierten Abweichungen ermittelt:

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{v=1}^n (y_{ijv} - \bar{y})^2$$

=

$$nq \sum_{i=1}^p (\bar{y}_i - \bar{y})^2$$

+

$$np \sum_{j=1}^q (\bar{y}_j - \bar{y})^2$$

+

$$n \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y})^2$$

+

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{v=1}^n (y_{ijv} - \bar{y}_{ij})^2$$

S.d.q.A. gesamt:

S.d.q.A. zwischen den Zeilen
 + S.d.q.A. zwischen den Spalten
 + S.d.q.A. Wechselwirkung
 + S.d.q.A. innerhalb der Zelle

Oder auch:

$$Q_{Total} = QA + QB + QAB + Q_{Res}$$

Freiheitsgrade wie folgt:

$$FO = f_{IV} + f_{III} + f_{II} + f_I$$

$$npq - 1 = p - 1 + q - 1 + (p - 1)(q - 1) + pq(n - 1)$$

Erklärungen:

Zellenmittelwert:

(Eine Zelle umfaßt alle Messwerte zu einer Stufe des Faktors A und einer Stufe des Faktors B)

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n y_{ijv}$$

Zeilenmittelwert:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{qn} \sum_{j=1}^q \sum_{v=1}^n y_{ijv}$$

Spaltenmittelwert:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{pn} \sum_{i=1}^p \sum_{v=1}^n y_{ijv}$$

Gesamtmittelwert:

$$\bar{y} = \frac{1}{npq} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{v=1}^n y_{ijv}$$

Zur Berechnung der S.d.q.A. benutzt man nicht die angegebenen Definitionsgleichungen, sondern geht folgenderweise vor:

Man schreibt ein dem Einzelwertschema entsprechendes Schema von Zellensummen:

$$A_{ij} = \sum_{v=1}^n y_{ijv}$$

und Zellenquadratsummen:

$$B_{ij} = \sum_{v=1}^n y_{ijv}^2$$

auf, in dem man die Hilfssummen A, B, C, D und E bestimmt.

	1 ... j q	$\sum_j A_{ij}$	$\sum_j B_{ij}$	$\left(\sum_j A_{ij}\right)^2$	$\sum_j A_{ij}^2$
1					
...					
i	$A_{ij} = \sum_{v=1}^n y_{ijv}$ $B_{ij} = \sum_{v=1}^n y_{ijv}^2$	A_{i1}	B_{i1}	C_{i1}	E_{i1}
...					
p					
$\sum_i A_{ij}$	A_{i1}	A		C	
$\sum_i B_{ij}$	B_{i1}		B		
$\left(\sum_i A_{ij}\right)^2$	D_{i1}	D			
$\sum_i A_{ij}^2$	E_{i1}				E

Mit den Hilfsgrößen A, B, C, D und E wird berechnet:

$$Q_A = \frac{C}{qn} - \frac{A^2}{pqn}$$

$$Q_B = \frac{D}{pn} - \frac{A^2}{pqn}$$

$$Q_{AB} = \frac{E}{n} - \frac{C}{qn} - \frac{D}{pn} - \frac{A^2}{pqn}$$

$$Q_{RES} = B - \frac{E}{n}$$

$$Q_{Total} = B - \frac{A^2}{pqn}$$

$$y = \frac{A}{pqn}$$

Standardabweichung zwischen den Zeilen:

$$S_{bl} = \sqrt{\frac{Q_A}{p-1}}$$

Standardabweichung zwischen den Spalten:

$$S_{bc} = \sqrt{\frac{Q_B}{q-1}}$$

Standardabweichung durch Wechselwirkungen:

$$S_i = \sqrt{\frac{Q_{AB}}{(p-1)(q-1)}}$$

Standardabweichung innerhalb der Zellen:

$$S_w = \sqrt{\frac{Q_{RES}}{pq(n-1)}}$$

Gesamtstandardabweichung:

$$S_t = \sqrt{\frac{Q_{Total}}{pqn-1}}$$

Die Prüfgrößen - mit denen in die F-Test-Tabelle gegangen wird - erhält man für die einzelnen Modelle durch:

Systematisches Modell

Einfluß Faktor A?	FA	$= (QA / f_{IV}) / (QRes / f_I)$
Einfluß Faktor B?	FB	$= (QB / f_{III}) / (QRes / f_I)$
Wechselwirkung AB?	FAB	$= (QAB / f_{II}) / (QRes / f_I)$

Den Tabellenwert wird über die Freiheitsgrade:

Einfluß Faktor A?	$f_1 = p - 1$	und $f_2 = pq (n - 1)$
Einfluß Faktor B?	$f_1 = q - 1$	und $f_2 = pq (n - 1)$
Wechselwirkung AB?	$f_1 = (p - 1) (q - 1)$	und $f_2 = pq (n - 1)$

bei der gewünschten Irrtumswahrscheinlichkeit α abgelesen.

Zufälliges Modell

Einfluß Faktor A?	FA	$= (QA / f_{IV}) / (QAB / f_{II})$
Einfluß Faktor B?	FB	$= (QB / f_{III}) / (QAB / f_{II})$
Wechselwirkung AB?	FAB	$= (QAB / f_{II}) / (QRes / f_I)$

Den Tabellenwert wird über die Freiheitsgrade:

Einfluß Faktor A?	$f_1 = p - 1$	und $f_2 = (p - 1) (q - 1)$
Einfluß Faktor B?	$f_1 = q - 1$	und $f_2 = pq (n - 1)$
Wechselwirkung AB?	$f_1 = (p - 1) (q - 1)$	und $f_2 = pq (n - 1)$

bei der gewünschten Irrtumswahrscheinlichkeit α abgelesen.

Gemischtes Modell

Einfluß Faktor A?	FA	$= (QA / f_{IV}) / (QAB / f_{II})$
Einfluß Faktor B?	FB	$= (QB / f_{III}) / (QB / f_I)$
Wechselwirkung AB ?	FAB	$= (QAB / f_{II}) / (QRes / f_I)$

Den Tabellenwert wird über die Freiheitsgrade:

Einfluß Faktor A?	$f_1 = p - 1$	und $f_2 = (p - 1) (q - 1)$
Einfluß Faktor B?	$f_1 = q - 1$	und $f_2 = pq (n - 1)$
Wechselwirkung AB?	$f_1 = (p - 1) (q - 1)$	und $f_2 = pq (n - 1)$

bei der gewünschten Irrtumswahrscheinlichkeit α abgelesen.

Berechnung der Vertrauensbereiche (Systematisches Modell)

Wird die Nullhypothesen verworfen, dann werden die Vertrauensbereiche berechnet:

VB(Spalten):

$$t_{pq(n-1)\alpha} \times \frac{s_w}{\sqrt{nq}}$$

VB(Gesamt):

$$t_{pq(n-1)\alpha} \times \frac{s_w}{\sqrt{npq}}$$

VB(Zeilen):

$$t_{pq(n-1)\alpha} \times \frac{s_w}{\sqrt{np}}$$

Berechnung der Vertrauensbereiche (Zufälliges Modell)

Wird die Nullhypothesen verworfen, dann wird der Vertrauensbereich berechnet:

VB(Gesamt):

$$t_{(p-1)(q-1)\alpha} \times \frac{s_z}{\sqrt{npq}}$$

mit:

$$s_z^2 = \frac{1}{pqn} (s_{\delta L}^2 + s_{\delta C}^2 - s_i^2)$$

Berechnung der Vertrauensbereiche (Gemischtes Modell)

Wird die Nullhypothesen nicht verworfen, dann werden die Vertrauensbereiche berechnet:

VB(Spalten):

$$t_{(p-1)(n-1)\alpha} \times \frac{s_i}{\sqrt{nq}}$$

VB(Gesamt):

$$t_{pq(n-1)\alpha} \times \frac{s_w}{\sqrt{npq}}$$

Auswerteverfahren für die Varianzanalyse

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Test auf Normalverteilung nach David

Ein schneller und einfacher Test auf Vorliegen einer Normalverteilung geht auf David zurück.

Hier dient als Prüfgröße das Verhältnis von Spannweite R und der Standardabweichung s

Prüfgröße:

$$PG_D = \frac{R}{s}$$

Die systematische Untersuchung dieses Quotienten bei Stichproben mit N Daten, die einer normalverteilten Grundgesamtheit angehören, führt zu kritischen Schranken für diesen Test.

Hierbei ist zu beachten, daß jeweils eine obere und eine untere Schranke existiert.

Üblicherweise werden die numerischen Werte für diese Schranken für verschiedene Irrtumswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der Datenzahl tabelliert.

Test auf Normalverteilung nach Geary

Für eine Datenmenge läßt sich die mittlere absolute Abweichung **d** nach der folgenden Gleichung berechnen:

$$d = \frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}|$$

Als Prüfgröße **PGG** dient das Verhältnis **d/s**, das auf gleiches **N** korrigiert wird:

$$PG_G = \frac{d}{s} \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{N-1}}$$

Dieser Wert muß zwischen folgenden Grenzen liegen:

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} - \frac{1}{\sqrt{2\pi N}} \sqrt{\frac{N-1}{N}} \quad \text{und} \quad \sqrt{\frac{2}{\pi}} + \frac{1}{\sqrt{2\pi N}} \sqrt{\frac{N-1}{N}}$$

Prüfgröße

Die Prüfgröße **PG** wird nach den Gleichungen der statistischen Prüfverfahren berechnet. Sie ist in einem Zusammenhang mit einer Nullhypothese und einer Gegenhypothese zu sehen.

Anhand der Prüfgröße wird entschieden, ob eine Hypothese anerkannt oder abgelehnt wird.

Statistische Prüfverfahren

Statistische Prüfverfahren werden zur Interpretation von Analysenwerten herangezogen.

Sie geben eine von der persönlichen Meinung unbeeinflusste Antwort, ob sich beispielsweise zwei Standardabweichungen oder zwei Mittelwerte statistisch voneinander unterscheiden.

Die Entscheidung wird anhand entsprechender statistischer Schätzwerte getroffen, die aus den Messergebnissen der zu untersuchenden Grundgesamtheit gewonnen wurden.

Da der Wert des geschätzten Parameters gewissen zufälligen Schwankungen unterliegt, besteht auch eine gewisse Irrtumswahrscheinlichkeit für die getroffene Entscheidung.

Es ist allgemein darauf hinzuweisen, daß ein Test auf gewissen Voraussetzungen basiert, die zu erfüllen sind (z.B. Unabhängigkeit der Daten voneinander, Normalverteilung o.ä.).

Test auf Normalverteilung nach Kolmogoroff - Smirnov

Der Test von Kolmogoroff und Smirnov prüft die Anpassung einer beobachteten an eine theoretisch erwartete Verteilung.

Dieser Test ist verteilungsunabhängig.

Besonders beim Vorliegen kleiner Stichprobenumfänge entdeckt der Kolmogoroff-Smirnov eher Abweichungen von der Normalverteilung.

Man bestimmt die unter der Nullhypothese erwarteten absoluten Häufigkeiten E , bildet die Summenhäufigkeiten dieser Werte FE und der beobachteten absoluten Häufigkeiten B , also FB , bildet die Differenzen $FB - FE$ und dividiert die absolut größte Differenz durch den Stichprobenumfang n .

$$\hat{D} = \frac{\max |F_B - F_E|}{n}$$

Diese Prüfgröße wird anhand von tabellierten kritischen Werte beurteilt:

Eine beobachtete Prüfgröße, die den Tabellenwert erreicht oder überschreitet, ist auf dem entsprechenden Niveau statistisch signifikant. D.h. es liegt keine Normalverteilung vor.

Test auf Normalverteilung nach Chi - Quadrat

Das Grundprinzip beim Chi Quadrat- Anpassungstest ist recht einfach:

Man klassiert die Stichprobe, berechnet sich aus der angenommenen Verteilungsfunktion die theoretisch zu den Klassen gehörenden Wahrscheinlichkeiten (Erwartungswerte) und vergleicht diese mit den Klassenhäufigkeiten der gegebenen Stichprobe (Beobachtungswerte).

Voraussetzungen:

- Alle Erwartungswerte müssen größer als 1 sein.
- Es dürfen nicht mehr als 20% aller Erwartungswerte kleiner als 5 sein.
- Die Datenzahl **N** soll mindestens 40 betragen.

Nullhypothese: H_0

Die Stichprobe stammt aus der angenommenen Verteilung (z. B. Normalverteilung)

Alternativhypothese: H_1

Die Stichprobe stammt **nicht** aus einer Normalverteilung.

Die Nullhypothese wird zugunsten der Alternativhypothese verworfen falls:

$$\sum \frac{(\text{Beobachtungswert} - \text{Erwartungswert})^2}{\text{Erwartungswert}} > \chi^2_{f, 1-\alpha}$$

$$f = k - \alpha - 1$$

k = Klassenzahl

α = Anzahl der unbekannten Parameter die mit Hilfe der Stichprobe geschätzt wurden

Beim Test auf Normalverteilung ist **α** = 2 wenn die Kennwerte der Datenmenge für Mittelwerte und Standardabweichung gleichzeitig die Schätzwerte für **μ** und **σ** der Grundgesamtheit sind. Das ist in der Regel gegeben.

Auswerteverfahren für die Varianzanalyse

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Trendtest nach von Neumann

Bei diesem Trendtest berechnet man zunächst die Summe der quadrierten Abweichungen aufeinanderfolgender Daten ***S_d*** nach:

$$S_d = \sum (x_{i+1} - x_i)^2$$

Liegen trendfreie Zufallsvariablen einer Normalverteilung $X = N(x, s^2)$ vor, so ist ***S_d*** ungefähr doppelt so groß wie ***s*** bzw. ***S_d*** / (***N*** - 1) $\gg 2 s^2$. Sobald ein Trend vorliegt, werden im Mittel aufeinanderfolgende Differenzen kleiner und damit ***S_d*** < 2 ***s***. Hieraus resultiert die Prüfgröße ***PG_N*** nach:

$$PG_N = \frac{S_d}{s}$$

Als Schranke für den Trendtest nach von Neumann kann man ***V_N*** unter Zuhilfenahme der Schranke der Normalverteilung ***Z_α*** nach folgender Gleichung berechnen:

$$V_N = 2 - 2z_{\alpha} \frac{\sqrt{N-2}}{\sqrt{(N-1)(N+1)}}$$

Trendtest nach Wallis-Moore

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Phasenhäufigkeitstest.

Einen Bereich aufeinanderfolgender Differenzen mit gleichem Vorzeichen bezeichnet man als Phase.

Aus der Anzahl der Phasen p läßt sich eine Prüfgröße **PGWM** nach der unten angegebenen Gleichung berechnen.

Der Test läßt die Anfangs- und Endphase außer Betracht, deshalb steht in der Gleichung $p - 2$.

Berechnungsformel:

$$PG_{WM} = \frac{\left(\left| p - 2 - \frac{2N - 7}{3} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{(16N - 29)}{90}}}$$

Diese Prüfgröße **PGWM** läßt sich direkt mit der Standardnormalverteilung vergleichen.

Gilt hierbei $TWM > Z_{\alpha/2}$, so ist die Nullhypothese **H₀** zu verwerfen.

Die Datenzahl **N** soll mindestens 10 betragen.

Trendtest nach Cox-Stuart

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Vorzeichentrendtest.

Liegen N Messwerte vor, so werden diese in drei Gruppen mit jeweils $N/3$ Daten aufgeteilt.

Ist N nicht durch 3 teilbar, so wird die mittlere Gruppe entsprechend verringert.

Verglichen wird die erste und dritte Gruppe, wobei elementweise die Vorzeichen der Differenzen gebildet werden.

Dabei wird die Anzahl der positiven Vorzeichen mit N_+ , die der negativen mit N_- bezeichnet.

Ist $N_+ > N_-$, so besteht der Verdacht eines positiven, bei $N_- > N_+$ eines negativen Trends.

Bezeichnet man die Anzahl der überwiegenden Vorzeichen mit N_h , so berechnet sich die Prüfgröße PG_{CS} wie folgt:

$$PG_{CS} = \frac{\left(\left| N_h - \frac{N}{2} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{N}{12}}}$$

Ist $PG_{CS} > Z_{\alpha} / 2$, so ist die Nullhypothese H_0 zu verwerfen.

Die Datenzahl N soll mindestens 10 betragen.

Auswerteverfahren für die Varianzanalyse

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Ausreißertest nach 4 - Sigma

Liegen mehr als zehn Messungen vor, so gilt überschlägig der Wert als Ausreißer, wenn er mehr als vierfache Standardabweichung ($4 \cdot \text{sdv}(y)$) vom Mittelwert entfernt liegt.

Im Intervall **4** liegen bei einer Normalverteilung 99,99 % aller Werte.

Somit kann mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß ein Wert außerhalb des (**4** Bereichs) ein Ausreißer ist.

Ausreißertest nach Grubbs

Das Aufdecken einzelner Ausreißerwerte kann z.B. nach dem Grubbs-Test erfolgen.

Hierzu werden zunächst der Mittelwert \bar{x} und die Standardabweichung s der Messdaten berechnet.

Aus der Datenmenge wird derjenige Werte x^* mit der größten Differenz zum Mittelwert gesucht und nach der folgenden Bedingungsgleichung getestet:

$$PG_G = \frac{|x^* - \bar{x}|}{s}$$

Die Prüfgröße **PGG** wird mit dem Grubbs-Tabellenwert **rm(N,P%)** verglichen, der seinerseits von der Anzahl **N** der Daten und der Irrtumswahrscheinlichkeit **α** abhängt.

Ist die Prüfgröße größer als **rm**, so wird der untersuchte Datenwert angezeigt.

Weitere ausreißerverdächtige Einzeldaten werden mit jeweils neu berechnetem Mittelwert und Standardabweichung nacheinander getestet.

Für die Datenzahl gilt: $4 < N < 147$.

Ausreißertest nach Dixon

Beim Ausreißertest nach Dixon wird getestet, ob ein verdächtiger Ausreißer einer Grundgesamtheit angehört oder nicht.

Ermittlung der Prüfgröße

Die Messwerte \mathbf{X} werden aufsteigend geordnet.

Ermittlung folgender Werte:

kleinster Wert	(Kurzschreibweise $\mathbf{X1}$)
zweitkleinster Wert	(Kurzschreibweise $\mathbf{X2}$)
drittkleinster Wert	(Kurzschreibweise $\mathbf{X3}$)
größter Wert	(Kurzschreibweise \mathbf{Xg})
zweitgrößter Wert	(Kurzschreibweise $\mathbf{Xg-1}$)
drittgrößter Wert	(Kurzschreibweise $\mathbf{Xg-2}$)

a) Liegt \mathbf{n} im Bereich 3-7, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_g - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-1}}{X_g - X_1}$$

b) Liegt \mathbf{n} im Bereich 8-10, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_{g-1} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-1}}{X_g - X_2}$$

c) Liegt \mathbf{n} im Bereich 11-13, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_3 - X_1}{X_{g-1} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-2}}{X_g - X_2}$$

d) Liegt \mathbf{n} im Bereich 14-29, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_3 - X_1}{X_{g-2} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-2}}{X_g - X_3}$$

Die Prüfgröße ist der größere der beiden nach a) bzw. b, c, d) ermittelten Quotienten.
Vergleich der Prüfgröße mit dem zu \mathbf{n} gehörenden Tabellenwert.

Wenn der Wert der Prüfgröße größer als der Tabellenwert ist, wird - sofern der erste der beide Quotienten größer ist - der kleinste Messwert als Ausreißer betrachtet, andernfalls der Größte.

Ausreißertest nach Nalimov

Ein bewährter Test ist der Nalimov-Ausreißertest.

Es werden mindestens drei Wiederholungs- oder Vergleichsmessungen benötigt.

Nach der Formel

$$y^* = \frac{|x^* - \bar{x}|}{s} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

wird r^* für den ausreißerverdächtigen Wert x^* berechnet und mit dem Wert in der Tabelle verglichen.

Der ausreißerverdächtigen Wert x^* ist der Wert mit der größten Abweichung von Mittelwert.

Ist r^* größer $r(95)$, so gilt dieser Wert wahrscheinlich als Ausreißer.

Für r^* zwischen $r(99)$ und $r(99,9)$ ist dieser Wert signifikant ein Ausreißer, größer $r(99,9)$ ist er hochsignifikant ein Ausreißer.

Signifikanz

Das Signifikanzniveau α gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine bestimmte Aussage nicht zutreffend ist (Irrtumswahrscheinlichkeit).

Bezogen auf den 'Vertrauensbereich des Mittelwertes' bedeutet z.B. die Vereinbarung von $\alpha = 5\%$, daß der gesuchte 'Erwartungswert' μ in 5% aller Fälle außerhalb des Bereiches (Mittelwert $\bar{x} \pm$ Vertrauensbereich **VBx**) um den gefundenen Mittelwert \bar{x} einer Reihe von Parallelbestimmungen derselben Probe erwarten werden kann.

Je kleiner der Wert von α gewählt wird, desto größer wird der Wert für den Vertrauensbereich **VBx**

D.h. um so weiter ist der Bereich, in dem der wahre Wert zu erwarten ist.

Auswerteverfahren für den Ringversuch

Statistische Kenngrößen

- Wiederholstandardabweichung
- Wiederholgrenze
- Vergleichsstandardabweichung
- Vergleichbarkeit
- Kenndaten der Labors

Varianzenvergleich

- Bartlett
- Cochran
- Einfache Varianzanalyse
- Kruskal - Wallis

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Auswerteverfahren für den Ringversuch

Statistische Kenngrößen

- Wiederholstandardabweichung
- Wiederholgrenze
- Vergleichsstandardabweichung
- Vergleichbarkeit
- Kenndaten der Labors

Statistische Kenngrößen - Wiederholstandardabweichung

Die Wiederholstandardabweichung s_r ergibt sich zu:

$$s_r = s_I = \sqrt{\frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n(i)} (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}$$

bzw.

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^m f(i) s_i^2}$$

Wiederholgrenze

Wert, unter dem oder gleich dem der Betrag der Differenz zwischen zwei unter Wiederholbedingungen gewonnenen Ermittlungsergebnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erwartet werden kann.

(Das benutzte Symbol ist r)

Die Wiederholgrenze r kann aus der Wiederholstandardabweichung S_y berechnet werden.

Für r gilt gemäß DIN ISO 5725 [3]: Wiederholgrenze $r = 2,8 S_y$

wobei S_y als Schätzwert für die wahre Standardabweichung σ_y zu betrachten ist.

Statistische Kenngrößen - Vergleichsstandardabweichung

Die Vergleichsstandardabweichung **SR** ergibt sich zu:

$$s_R = \sqrt{\frac{1}{\alpha} [s_z^2 + (\alpha - 1)s_I^2]}$$

mit:

$$\alpha = \frac{1}{m-1} \left[N - \sum_{i=1}^m \frac{n(i)^2}{N} \right]$$

Sofern die **n (i)** alle gleich sind, gilt:

$$\alpha = \frac{N}{m}$$

und **SR** vereinfacht sich zu:

$$s_R = \sqrt{\frac{N}{m} s_z^2 + \frac{N-m}{N} s_i^2}$$

Statistische Kenngrößen - Vergleichbarkeit

Aus der Vergleichsstandardabweichung ***SR*** kann die sich auf die Differenz von zwei Messwerten unter Vergleichsbedingungen beziehende Kenngröße Vergleichbarkeit ***R*** abgeleitet werden.

Irrtumswahrscheinlichkeit 0,5% ***R*** = 2,83 ***SR***

Irrtumswahrscheinlichkeit 1,0% ***R*** = 3,65 ***SR***

Irrtumswahrscheinlichkeit 0,1% ***R*** = 4,66 ***SR***

Statistische Kenngrößen - Kenndaten der Labors

Die Gesamtzahl der Messungen in allen m Labors wird mit N bezeichnet.

$$N = \sum_{i=1}^m n(i)$$

im Falle, daß die Anzahl der Messwerte in jedem Labor n beträgt, folgt für N :

$$N = m \cdot n$$

Das arithmetische Mittel im i -ten Labor wird mit \bar{x}_i bezeichnet und die Standardabweichung im i -ten Labor mit s_i .

Es gilt:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n(i)} \sum_{k=1}^{n(i)} x_{ik}$$

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n(i) - 1} \sum_{k=1}^{n(i)} (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}$$

Auswerteverfahren für den Ringversuch

Varianzenvergleich

- Bartlett
- Cochran
- Einfache Varianzanalyse
- Kruskal - Wallis

Varianzenvergleich - Bartlett -Test

Der Bartlett-Test ist ein zweiseitiger Test auf Homogenität der Varianzen.

Er setzt nicht voraus, daß die Anzahl der Messwerte in allen Laboratorien gleich ist; es sollten aber mindestens fünf Messwerte je Labor vorliegen.

Der Test ist nicht anwendbar, wenn eine der Varianzen null ist.

Er ist außerdem sehr empfindlich gegenüber der kleinsten Varianz, was zu beachten ist, wenn durch Rundungen der Messwerte sehr kleine Varianzen existieren.

Ermittlung der Prüfgröße

$$C = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{1}{f(i)} - \frac{1}{N-m}}{3(m-1)} + 1$$

wobei $f(i) = n(i) - 1$ die Anzahl der Freiheitsgrade bezeichnet.

$$s^{*2} = \frac{\sum_{i=1}^m f(i) s_i^2}{N-m}$$

$$PG = \frac{1}{C} \left[(N-m) \ln s^{*2} - \sum_{i=1}^m f(i) \ln s_i^2 \right]$$

Verglichen wird die Prüfgröße **PG** mit dem Tabellenwert aus der χ^2 -Verteilung mit $f = m - 1$ Freiheitsgraden.

Wenn der Wert der Prüfgröße größer als der Tabellenwert ist, kann geschlossen werden, daß die Varianzen nicht alle gleich sind.

Varianzenvergleich - Cochran -Test

Der Cochran -Test überprüft, ob die Varianz eines Labors wesentlich größer als die der anderen; er ist auf Höchstwerte ausgerichtet und damit ein einseitiger Test.

Er setzt voraus, daß die Anzahl der Messwerte in allen Laboratorien gleich ist.

Ermittlung der Prüfgröße:

- Berechnung der S^2_j für alle Laboratorien
- Ermittlung der größten Varianz (S^2_{\max}).
- Berechnung der Prüfgröße

$$C = \frac{S^2_{\max}}{\sum_{i=1}^m S_i^2}$$

Wenn der Wert der Prüfgröße größer als der zu m und n gehörende Tabellenwert ist, kann geschlossen werden, daß die Varianz des Labors größer als die der anderen Laboratorien ist.

Varianzenvergleich - Einfache Varianzanalyse

Voraussetzung: Zwischen den Varianzen S^2_j besteht kein Unterschied.

Ermittlung der Prüfgröße

- Berechnung der \bar{x}_i für alle Laboratorien
- Berechnung des Gesamtmittelwertes

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n(i)} x_{ik}$$

- Berechnung von

$$s_x^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m n(i) (\bar{x}_i - \bar{\bar{x}})^2$$

- Berechnung von

$$s_f^2 = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n(i)} (x_{ik} - \bar{x}_i)^2$$

- Berechnung der Prüfgröße

$$\frac{s_x^2}{s_f^2}$$

Vergleich der Prüfgröße mit dem Tabellenwert der F-Verteilung mit $f1 = m - 1$ und $f2 = N - m$.

Ist die **PG** größer als der Tabellenwert, kann auf Mittelwertunterschiede geschlossen werden.

Varianzenvergleich - Kruskal - Wallis -Test

Voraussetzung: Die Anzahl der Messwerte beträgt für alle Laboratorien $n(i) \geq 5$.

Ermittlung der Prüfgröße

- Alle N Messwerte werden sortiert, und eine Rangzahl von 1- N zugeordnet.
- Für jedes Labor wird die Summe der Rangzahlen ermittelt; und mit R_i bezeichnet.

Berechnung der Prüfgröße:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^m \frac{R_i^2}{n(i)} - 3(N+1)$$

Vergleich von H mit dem Tabellenwert aus der χ^2 -Verteilung mit $f = m-1$ Freiheitsgraden.

Ist die PG größer als der Tabellenwert, kann auf Mittelwertunterschiede geschlossen werden.

Auswerteverfahren für den Ringversuch

Tests auf Normalverteilung

- David
- Geary
- Kolmogoroff - Smirnov
- Chi - Quadrat

Test auf Normalverteilung nach David

Ein schneller und einfacher Test auf Vorliegen einer Normalverteilung geht auf David zurück.

Hier dient als Prüfgröße das Verhältnis von Spannweite R und der Standardabweichung s

Prüfgröße:

$$PG_D = \frac{R}{s}$$

Die systematische Untersuchung dieses Quotienten bei Stichproben mit N Daten, die einer normalverteilten Grundgesamtheit angehören, führt zu kritischen Schranken für diesen Test.

Hierbei ist zu beachten, daß jeweils eine obere und eine untere Schranke existiert.

Üblicherweise werden die numerischen Werte für diese Schranken für verschiedene Irrtumswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von der Datenzahl tabelliert.

Test auf Normalverteilung nach Geary

Für eine Datenmenge läßt sich die mittlere absolute Abweichung **d** nach der folgenden Gleichung berechnen:

$$d = \frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}|$$

Als Prüfgröße **PGG** dient das Verhältnis **d/s**, das auf gleiches **N** korrigiert wird:

$$PG_G = \frac{d}{s} \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{N-1}}$$

Dieser Wert muß zwischen folgenden Grenzen liegen:

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} - \frac{1}{\sqrt{2\pi N}} \sqrt{\frac{N-1}{N}} \quad \text{und} \quad \sqrt{\frac{2}{\pi}} + \frac{1}{\sqrt{2\pi N}} \sqrt{\frac{N-1}{N}}$$

Prüfgröße

Die Prüfgröße **PG** wird nach den Gleichungen der statistischen Prüfverfahren berechnet. Sie ist in einem Zusammenhang mit einer Nullhypothese und einer Gegenhypothese zu sehen.

Anhand der Prüfgröße wird entschieden, ob eine Hypothese anerkannt oder abgelehnt wird.

Statistische Prüfverfahren

Statistische Prüfverfahren werden zur Interpretation von Analysenwerten herangezogen.

Sie geben eine von der persönlichen Meinung unbeeinflusste Antwort, ob sich beispielsweise zwei Standardabweichungen oder zwei Mittelwerte statistisch voneinander unterscheiden.

Die Entscheidung wird anhand entsprechender statistischer Schätzwerte getroffen, die aus den Messergebnissen der zu untersuchenden Grundgesamtheit gewonnen wurden.

Da der Wert des geschätzten Parameters gewissen zufälligen Schwankungen unterliegt, besteht auch eine gewisse Irrtumswahrscheinlichkeit für die getroffene Entscheidung.

Es ist allgemein darauf hinzuweisen, daß ein Test auf gewissen Voraussetzungen basiert, die zu erfüllen sind (z.B. Unabhängigkeit der Daten voneinander, Normalverteilung o.ä.).

Test auf Normalverteilung nach Kolmogoroff - Smirnov

Der Test von Kolmogoroff und Smirnov prüft die Anpassung einer beobachteten an eine theoretisch erwartete Verteilung.

Dieser Test ist verteilungsunabhängig.

Besonders beim Vorliegen kleiner Stichprobenumfänge entdeckt der Kolmogoroff-Smirnov eher Abweichungen von der Normalverteilung.

Man bestimmt die unter der Nullhypothese erwarteten absoluten Häufigkeiten E , bildet die Summenhäufigkeiten dieser Werte FE und der beobachteten absoluten Häufigkeiten B , also FB , bildet die Differenzen $FB - FE$ und dividiert die absolut größte Differenz durch den Stichprobenumfang n .

$$\hat{D} = \frac{\max |F_B - F_E|}{n}$$

Diese Prüfgröße wird anhand von tabellierten kritischen Werte beurteilt:

Eine beobachtete Prüfgröße, die den Tabellenwert erreicht oder überschreitet, ist auf dem entsprechenden Niveau statistisch signifikant. D.h. es liegt keine Normalverteilung vor.

Test auf Normalverteilung nach Chi - Quadrat

Das Grundprinzip beim Chi Quadrat- Anpassungstest ist recht einfach:

Man klassiert die Stichprobe, berechnet sich aus der angenommenen Verteilungsfunktion die theoretisch zu den Klassen gehörenden Wahrscheinlichkeiten (Erwartungswerte) und vergleicht diese mit den Klassenhäufigkeiten der gegebenen Stichprobe (Beobachtungswerte).

Voraussetzungen:

- Alle Erwartungswerte müssen größer als 1 sein.
- Es dürfen nicht mehr als 20% aller Erwartungswerte kleiner als 5 sein.
- Die Datenzahl **N** soll mindestens 40 betragen.

Nullhypothese: H_0

Die Stichprobe stammt aus der angenommenen Verteilung (z. B. Normalverteilung)

Alternativhypothese: H_1

Die Stichprobe stammt **nicht** aus einer Normalverteilung.

Die Nullhypothese wird zugunsten der Alternativhypothese verworfen falls:

$$\sum \frac{(\text{Beobachtungswert} - \text{Erwartungswert})^2}{\text{Erwartungswert}} > \chi^2_{f, 1-\alpha}$$

$$f = k - \alpha - 1$$

k = Klassenzahl

α = Anzahl der unbekannten Parameter die mit Hilfe der Stichprobe geschätzt wurden

Beim Test auf Normalverteilung ist **α** = 2 wenn die Kennwerte der Datenmenge für Mittelwerte und Standardabweichung gleichzeitig die Schätzwerte für **μ** und **σ** der Grundgesamtheit sind. Das ist in der Regel gegeben.

Auswerteverfahren für den Ringversuch

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Trendtest nach von Neumann

Bei diesem Trendtest berechnet man zunächst die Summe der quadrierten Abweichungen aufeinanderfolgender Daten **S_d** nach:

$$S_d = \sum (x_{i+1} - x_i)^2$$

Liegen trendfreie Zufallsvariablen einer Normalverteilung $X = N(x, s^2)$ vor, so ist **S_d** ungefähr doppelt so groß wie s bzw. **$S_d / (N - 1) \gg 2 s^2$** . Sobald ein Trend vorliegt, werden im Mittel aufeinanderfolgende Differenzen kleiner und damit **$S_d < 2 s$** . Hieraus resultiert die Prüfgröße **PG_N** nach:

$$PG_N = \frac{S_d}{s}$$

Als Schranke für den Trendtest nach von Neumann kann man **V_N** unter Zuhilfenahme der Schranke der Normalverteilung **Z_α** nach folgender Gleichung berechnen:

$$V_N = 2 - 2z_\alpha \frac{\sqrt{N-2}}{\sqrt{(N-1)(N+1)}}$$

Trendtest nach Wallis-Moore

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Phasenhäufigkeitstest.

Einen Bereich aufeinanderfolgender Differenzen mit gleichem Vorzeichen bezeichnet man als Phase.

Aus der Anzahl der Phasen p lässt sich eine Prüfgröße **PGWM** nach der unten angegebenen Gleichung berechnen.

Der Test lässt die Anfangs- und Endphase außer Betracht, deshalb steht in der Gleichung $p - 2$.

Berechnungsformel:

$$PG_{WM} = \frac{\left(\left| p - 2 - \frac{2N - 7}{3} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{(16N - 29)}{90}}}$$

Diese Prüfgröße **PGWM** lässt sich direkt mit der Standardnormalverteilung vergleichen.

Gilt hierbei $TWM > Z_{\alpha/2}$, so ist die Nullhypothese **H₀** zu verwerfen.

Die Datenzahl **N** soll mindestens 10 betragen.

Trendtest nach Cox-Stuart

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Vorzeichentrendtest.

Liegen N Messwerte vor, so werden diese in drei Gruppen mit jeweils $N/3$ Daten aufgeteilt.

Ist N nicht durch 3 teilbar, so wird die mittlere Gruppe entsprechend verringert.

Verglichen wird die erste und dritte Gruppe, wobei elementweise die Vorzeichen der Differenzen gebildet werden.

Dabei wird die Anzahl der positiven Vorzeichen mit N_+ , die der negativen mit N_- bezeichnet.

Ist $N_+ > N_-$, so besteht der Verdacht eines positiven, bei $N_- > N_+$ eines negativen Trends.

Bezeichnet man die Anzahl der überwiegenden Vorzeichen mit N_h , so berechnet sich die Prüfgröße PG_{CS} wie folgt:

$$PG_{CS} = \frac{\left(\left| N_h - \frac{N}{2} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{N}{12}}}$$

Ist $PG_{CS} > Z_{\alpha} / 2$, so ist die Nullhypothese H_0 zu verwerfen.

Die Datenzahl N soll mindestens 10 betragen.

Auswerteverfahren für den Ringversuch

Ausreißertests

- 4 - Sigma
- Grubbs
- Dixon
- Nalimov

Ausreißertest nach 4 - Sigma

Liegen mehr als zehn Messungen vor, so gilt überschlägig der Wert als Ausreißer, wenn er mehr als vierfache Standardabweichung ($4 \cdot \text{sdv}(y)$) vom Mittelwert entfernt liegt.

Im Intervall **4** liegen bei einer Normalverteilung 99,99 % aller Werte.

Somit kann mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß ein Wert außerhalb des (**4** Bereichs) ein Ausreißer ist.

Ausreißertest nach Grubbs

Das Aufdecken einzelner Ausreißerwerte kann z.B. nach dem Grubbs-Test erfolgen.

Hierzu werden zunächst der Mittelwert \bar{x} und die Standardabweichung s der Messdaten berechnet.

Aus der Datenmenge wird derjenige Werte x^* mit der größten Differenz zum Mittelwert gesucht und nach der folgenden Bedingungsgleichung getestet:

$$PG_G = \frac{|x^* - \bar{x}|}{s}$$

Die Prüfgröße **PGG** wird mit dem Grubbs-Tabellenwert **rm(N,P%)** verglichen, der seinerseits von der Anzahl **N** der Daten und der Irrtumswahrscheinlichkeit **α** abhängt.

Ist die Prüfgröße größer als **rm**, so wird der untersuchte Datenwert angezeigt.

Weitere ausreißerverdächtige Einzeldaten werden mit jeweils neu berechnetem Mittelwert und Standardabweichung nacheinander getestet.

Für die Datenzahl gilt: $4 < N < 147$.

Ausreißertest nach Dixon

Beim Ausreißertest nach Dixon wird getestet, ob ein verdächtiger Ausreißer einer Grundgesamtheit angehört oder nicht.

Ermittlung der Prüfgröße

Die Messwerte X werden aufsteigend geordnet.

Ermittlung folgender Werte:

kleinster Wert	(Kurzschreibweise X_1)
zweitkleinster Wert	(Kurzschreibweise X_2)
drittkleinster Wert	(Kurzschreibweise X_3)
größter Wert	(Kurzschreibweise X_g)
zweitgrößter Wert	(Kurzschreibweise X_{g-1})
drittgrößter Wert	(Kurzschreibweise X_{g-2})

a) Liegt n im Bereich 3-7, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_g - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-1}}{X_g - X_1}$$

b) Liegt n im Bereich 8-10, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_2 - X_1}{X_{g-1} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-1}}{X_g - X_2}$$

c) Liegt n im Bereich 11-13, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_3 - X_1}{X_{g-1} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-2}}{X_g - X_2}$$

d) Liegt n im Bereich 14-29, werden folgende Quotienten gebildet:

$$\frac{X_3 - X_1}{X_{g-2} - X_1} \quad \text{und} \quad \frac{X_g - X_{g-2}}{X_g - X_3}$$

Die Prüfgröße ist der größere der beiden nach a) bzw. b, c, d) ermittelten Quotienten.
Vergleich der Prüfgröße mit dem zu n gehörenden Tabellenwert.

Wenn der Wert der Prüfgröße größer als der Tabellenwert ist, wird - sofern der erste der beide Quotienten größer ist - der kleinste Messwert als Ausreißer betrachtet, andernfalls der Größte.

Ausreißertest nach Nalimov

Ein bewährter Test ist der Nalimov-Ausreißertest.

Es werden mindestens drei Wiederholungs- oder Vergleichsmessungen benötigt.

Nach der Formel

$$y^* = \frac{|x^* - \bar{x}|}{s} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

wird r^* für den ausreißerverdächtigen Wert x^* berechnet und mit dem Wert in der Tabelle verglichen.

Der ausreißerverdächtigen Wert x^* ist der Wert mit der größten Abweichung von Mittelwert.

Ist r^* größer $r(95)$, so gilt dieser Wert wahrscheinlich als Ausreißer.

Für r^* zwischen $r(99)$ und $r(99,9)$ ist dieser Wert signifikant ein Ausreißer, größer $r(99,9)$ ist er hochsignifikant ein Ausreißer.

Signifikanz

Das Signifikanzniveau α gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine bestimmte Aussage nicht zutreffend ist (Irrtumswahrscheinlichkeit).

Bezogen auf den 'Vertrauensbereich des Mittelwertes' bedeutet z.B. die Vereinbarung von $\alpha = 5\%$, daß der gesuchte 'Erwartungswert' μ in 5% aller Fälle außerhalb des Bereiches (Mittelwert $\bar{x} \pm$ Vertrauensbereich **VBx**) um den gefundenen Mittelwert \bar{x} einer Reihe von Parallelbestimmungen derselben Probe erwarten werden kann.

Je kleiner der Wert von α gewählt wird, desto größer wird der Wert für den Vertrauensbereich **VBx**

D.h. um so weiter ist der Bereich, in dem der wahre Wert zu erwarten ist.

Auswerteverfahren für Raqs

Kartentyp

- Urwertkarte
- Mittelwertkarte
- Blindwertkarte
- Wiederfindungskarte
- Differenzkarte
- Cusumkarte
- Relative Spannweitenkarte
- Standardabweichungskarte
- Relative Spannweiten-Mittelwertkarte
- Standardabweichungs-Mittelwertkarte

Kartengrenzen

- Grenzen woher
- Grenzen wie
- Grenzen Lagemaße
- Grenzen Streumaße
- Ausschluß / Spezifikationsgrenzen

Auffällige Werte

- Auffällige Werte

Kartenvergleich

- Vergleich von Karten

Prozeßfähigkeit

- Prozeßfähigkeit - Prüfmittelfähigkeit

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox

Signifikanzniveau

- Signifikanz

Graphische Darstellung

- Regelkarte
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Kartenübersicht

Auswerteverfahren für Raqs

Kartentyp

- Urwertkarte
- Mittelwertkarte
- Blindwertkarte
- Wiederfindungskarte
- Differenzkarte
- Cusumkarte
- Relative Spannweitenkarte
- Standardabweichungskarte
- Relative Spannweiten-Mittelwertkarte
- Standardabweichungs-Mittelwertkarte

Kartentyp - Urwertkarte

In dieser Regelkarte werden die einzelnen Werte dargestellt.

Es wird mit den Daten vorher keine Berechnung durchgeführt und dann die berechneten Werte in die Regelkarte eingetragen, wie sonst bei den anderen Regelkartentypen.

Diese Vorgehensweise erhöht in bestimmten Fällen den Informationsgehalt der Kontrollperioden.

Sie wird auch als Extremwertkarte bezeichnet.

In diese Karte werden ohne jede weitere Berechnung einfach die einzelnen Werte einer Mehrfachbestimmung übereinander eingetragen.

Der Vorteil einer solchen Karte ist, daß in einer Karte sowohl die Lage der Messwerte als auch die Streuung abgelesen werden kann.

Im Zeitalter der EDV wird diese Karte jedoch kaum noch benutzt, da mit kombinierten Mittelwert und Standardabweichungskarten gearbeitet werden.

Die einzelnen Werte einer Mehrfachbestimmung liegen naturgemäß weiter auseinander, als der Mittelwert dieser Werte.

Aus dieser Überlegung kann geschlossen werden, daß die Kartengrenzen bei einer Urwertkarte weiter auseinander liegen, als bei einer Mittelwertkarte.

Es dürfen also keine Mittelwerte eingetragen werden.

Wird nur eine Einzelbestimmung durchgeführt, liegt der einfachste Fall der Urwertkarte vor.

In diesem Fall ist die Lage der Kartengrenzen identisch mit der Mittelwertkarte mit $n = 1$.

Bei diesem Regelkartentyp werden in der Regelkarte keine Verbindungslinien eingezeichnet.



Kartentyp - Mittelwertkarte

Dieser Kartentyp stellt den Mittelwert der zu einer Probe eingegebenen Einzelwerte dar.

Wenn Sie also von einer Probe z. B. eine Dreifachmessung machen, werden die drei Werte auf der Karteikarte Daten eingetragen.

RAQS errechnet aus diesen Werten den Mittelwert und stellt ihn in der Regelkarte dar.

Wurde unter Auswerteverfahren die Berechnung der Kartengrenzen über **2s** bzw. **3s** festgelegt, errechnen sich die Grenzwerte wie folgt:

$$\begin{aligned}\text{Obere Kontrollgrenze} &= \bar{\bar{x}} + 3 * s \\ \text{Obere Warngrenze} &= \bar{\bar{x}} + 2 * s \\ \text{Untere Warngrenze} &= \bar{\bar{x}} - 2 * s \\ \text{Untere Kontrollgrenze} &= \bar{\bar{x}} - 3 * s\end{aligned}$$

Werden die Grenzen über den **95%** - bzw. **99%** Vertrauensbereich errechnet, erhält man die Grenzen durch folgende Formeln:

$$\begin{aligned}\text{Obere Kontrollgrenze} &= \bar{\bar{x}} + AK * s \\ \text{Obere Warngrenze} &= \bar{\bar{x}} + AW * s \\ \text{Untere Warngrenze} &= \bar{\bar{x}} - AW * s \\ \text{Untere Kontrollgrenze} &= \bar{\bar{x}} - AK * s\end{aligned}$$

$\bar{\bar{x}}$ = Mittelwert über alle Mittelwerte

s = Standardabweichung über alle Mittelwerte

Wobei:

Werte	AW	AK
2	1,960	2,576
3	1,386	1,821
4	1,132	1,487
5	0,980	1,288

Aus je mehr Einzelwerten sich ein Eintrag der Regelkarte zusammensetzt, desto enger also die Grenzen.

Das funktioniert natürlich auch dann, wenn Sie nur einen Messwert zu einer Probe eingeben.

Kartentyp - Blindwertkarte

Dieser Kartentyp entspricht vom Prinzip her der Mittelwertkarte.

Lediglich die Bezeichnung der Karte bei der Darstellung der Regelkarte und im Report ist eine andere.

(Blindwertkarte statt Mittelwertkarte).

Während in der Mittelwertkarte Messwerte von Proben dargestellt werden, enthält die Blindwertkarte die Werte von Blindwert-Messungen.

Wurde unter Auswerteverfahren die Berechnung der Kartengrenzen über **2s** bzw. **3s** festgelegt, errechnen sich die Grenzwerte wie folgt:

$$\begin{aligned}\text{Obere Kontrollgrenze} &= \bar{\bar{x}} + 3 * s \\ \text{Obere Warngrenze} &= \bar{\bar{x}} + 2 * s \\ \text{Untere Warngrenze} &= \bar{\bar{x}} - 2 * s \\ \text{Untere Kontrollgrenze} &= \bar{\bar{x}} - 3 * s\end{aligned}$$

Werden die Grenzen über den **95%** - bzw. **99%** Vertrauensbereich errechnet, erhält man die Grenzen durch folgende Formeln:

$$\begin{aligned}\text{Obere Kontrollgrenze} &= \bar{\bar{x}} + AK * s \\ \text{Obere Warngrenze} &= \bar{\bar{x}} + AW * s \\ \text{Untere Warngrenze} &= \bar{\bar{x}} - AW * s \\ \text{Untere Kontrollgrenze} &= \bar{\bar{x}} - AK * s\end{aligned}$$

$\bar{\bar{x}}$ = Mittelwert über alle Mittelwerte

s = Standardabweichung über alle Mittelwerte

Wobei:

Werte	AW	AK
2	1,960	2,576
3	1,386	1,821
4	1,132	1,487
5	0,980	1,288

Aus je mehr Einzelwerten sich ein Eintrag der Regelkarte zusammensetzt, desto enger also die Grenzen.

Das funktioniert natürlich auch dann, wenn Sie nur einen Messwert zu einer Probe eingeben.

Kartentyp - Wiederfindungskarte

Diese Karte dient der Kontrolle von Analysenläufen mittels Proben bekannten Gehalts oder mittels dotierter Proben.

Es sind also zwei Wege möglich, mit diesem Kartentyp zu arbeiten:

Wenn Sie während der Messreihe eine Probe bekannten Gehalts mitmessen (z. B. eine Standardlösung), tragen Sie in der Karteikarte Daten in der Zeile **Zuwaage/Soll** den Sollwert ein, und in der Zeile **Probe/Ist** den gefundenen Wert.

RAQS errechnet die Wiederfindungsrate in Prozent.

Überprüfen Sie die Analyse durch Zuwägen einer definierten Menge des zu bestimmenden Parameters zu einer der Proben, dann geben Sie die Zuwaage in Zeile **Zuwaage/Soll**, den Messwert der aufgestockten Probe in Zeile **Probe + Zuwaage** und den Messwert der nicht aufgestockten Probe in Zeile **Probe/Ist** ein.

RAQS errechnet auch hier die Wiederfindung.

Wurde unter Auswerteverfahren die Berechnung der Kartengrenzen über **2s** bzw. **3s** festgelegt, errechnen sich die Grenzwerte wie folgt:

Obere Kontrollgrenze =	$\bar{x} + 3 * s$
Obere Warngrenze =	$\bar{x} + 2 * s$
Untere Warngrenze =	$\bar{x} - 2 * s$
Untere Kontrollgrenze =	$\bar{x} - 3 * s$

Werden die Grenzen über den **95%** - bzw. **99%** Vertrauensbereich errechnet, erhält man die Grenzen durch folgende Formeln:

Obere Kontrollgrenze =	$\bar{x} + 2,576 * s$
Obere Warngrenze =	$\bar{x} + 1,960 * s$
Untere Warngrenze =	$\bar{x} - 1,960 * s$
Untere Kontrollgrenze =	$\bar{x} - 2,576 * s$

\bar{x} = Mittelwert der Wiederfindungsraten

s = Standardabweichung über alle Mittelwerte

Kartentyp - Differenzkarte

Dieser Kartentyp stellt im Prinzip eine Spannweitenkarte dar.

Der Unterschied ist der, daß bei der Differenzkarte nur zwei Werte eingegeben werden und diese Werte auch anders gewonnen werden.

Die Daten für die Differenzkarte erhält man, in dem zu Beginn und am Ende einer Analysenserie eine Probe bekannten Gehalts bestimmt wird.

Der erste Wert wird auf der Karteikarte Daten in die Zeile **Wert 1**, der zweite Wert in die Zeile **Wert 2** eingegeben.

Die Grenzen der Differenzkarte werden gemäß AQS-Richtlinien nach Rees und Henry [Accuracy, Precision, Quality and Miscellaneous Statistics, Clinical Chemistry Principles and Technics, Chapter 12, 287-341] wie folgt berechnet:

$$\begin{array}{ll} \text{Obere Kontrollgrenze} = & 2,65 * \bar{x} \\ \text{Obere Warngrenze} = & 1,77 * \bar{x} \\ \text{Untere Warngrenze} = & -1,77 * \bar{x} \\ \text{Untere Kontrollgrenze} = & -2,65 * \bar{x} \end{array}$$

\bar{x} = Mittelwert über die **Beträge** aller Differenzen

Die Standardabweichung der Differenzkarte wird gegen den normalen Mittelwert errechnet.

Wer die Daten dieser Art der Überprüfung einer Analysenmethode lieber wie eine Spannweite auswerten möchte, wählt bitte diesen Regelkartentyp an.

Kartentyp - Cusumkarte

Unter der cumulativen Summe **S** (Cusum) wird die Summe der Abweichungen von einem Zielwert verstanden.

Der Zielwert kann beispielsweise dem in einer Vorperiode bestimmten Mittelwert einer Kontrollperiode entsprechen.

Dieser Mittelwert, auch als Referenzwert **k** bezeichnet, wird von jeder Kontrollanalyse **x_j** subtrahiert und die Differenz wiederum zu der Summe aller vorhergehenden Differenzen hinzuaddiert.

Cumulative Summe:

$$\begin{aligned} S_1 &= (x_1 - k) \\ S_2 &= S_1 + (x_2 - k) \\ S_3 &= S_2 + (x_3 - k) \\ S_4 &= S_3 + (x_4 - k) \\ &\vdots \\ SN &= SN-1 + (x_n - k) \end{aligned}$$

Die Cusum-Werte **SN** (Ordinate) werden kann gegen die Anzahl der beobachteten Ergebnisse **N** (Abzisse) in eine Kontrollkarte eingetragen.

Zur Festlegung einer Außer-Kontrollsituation wird die Steigung der Cusum-Linie beurteilt.

Läuft der Prozeß unter Kontrolle, schwanken die Ergebnisse der Kontrollanalysen zufällig um den Referenzwert **k**, die cumulativen Summen liegen um den Wert 0 angeordnet.

Eine Änderung des Verfahrens führt zu einem Ansteigen oder Abnehmen der cumulativen Summe, die Steigung der Cusum-Linie ändert sich, und eine Außer-Kontroll-Situation wird angezeigt.

Kartentyp - Relative Spannweitenkarte

Dieser Kartentyp dient der Überwachung der Streuung von Messwerten. Sofern Sie an einer Probe eine Mehrfachbestimmung durchführen, geben Sie die einzelnen Werte auf der Karteikarte Daten in den Zeilen ein. RAQS ermittelt den größten und kleinsten Wert und bildet die Differenz ***Xmin - Xmax*** und außerdem den Mittelwert \bar{x} der Werte:

$$R_{rel} = \frac{x_{min} - x_{max}}{\bar{x}} \cdot 100$$

mit

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i$$

x_j = Einzelanalysenergebnis der jeweilige Kontrollprobe

n = Anzahl der Mehrfachbestimmungen der jeweiligen Kontrollprobe

Die Grenzwerte errechnen sich wie folgt:

Obere Kontrollgrenze = $\bar{R}_{rel} \cdot D_{Ko}$

\bar{R}_{rel} = Mittelwert über alle relativen Spannweiten

D_{Ko} hängt von der Anzahl der Einzelwerte und von der Art der Berechnung ab. Wird die Berechnung der Kartengrenzen über **2s** bzw. **3s** festgelegt, errechnen sich die Grenzwerte wie folgt:

Werte	<i>D_{Ko}</i>
2	3,267
3	2,575
4	2,282
5	2,115

Werden die Grenzen über **95% / 99%** Vertrauensbereich errechnet, erhält man die Grenzen durch:

Obere Kontrollgrenze =	$\bar{R}_{rel} \cdot D_{Ko}$
Obere Warngrenze =	$\bar{R}_{rel} \cdot D_{Wo}$
Untere Warngrenze =	$\bar{R}_{rel} \cdot D_{Wu}$
Untere Kontrollgrenze =	$\bar{R}_{rel} \cdot D_{Ku}$

Werte	<i>D_{Ko}</i>	<i>D_{Wo}</i>	<i>D_{Wu}</i>	<i>D_{Ku}</i>
2	3,518	2,809	0,039	0,008
3	2,614	2,176	0,179	0,080
4	2,280	1,935	0,289	0,166
5	2,100	1,804	0,365	0,239

Kartentyp - Standardabweichungskarte

Dieser Kartentyp dient der Überwachung der Streuung von Messwerten. Sofern Sie an einer Probe eine Mehrfachbestimmung durchführen, geben Sie die einzelnen Werte auf der Karteikarte Daten in den Spalten **Wert 1** bis **Wert 5** ein.

RAQS ermittelt die Standardabweichung der zu einer Probe eingegebenen Werte und stellt diese in der Regelkarte dar.

Sofern Sie nur eine Einfachmessung an einer Probe machen, macht diese Kartenart keinen Sinn. Ein Wert kann nicht streuen...

Die Grenzwerte errechnen sich wie folgt:

$$\text{Obere Kontrollgrenze} = \bar{s} * W_{Ko}$$

\bar{s} = Mittelwert über alle Standardabweichungen

W_{Ko} hängt von der Anzahl der Einzelwerte pro Kartenwert (Datenzeile) und von der Art der Berechnung ab.

Wurde unter Auswerteverfahren die Berechnung der Kartengrenzen über **2s** bzw. **3s** festgelegt, errechnen sich die Grenzwerte wie folgt:

Werte	W_{Ko}
2	3,267
3	2,568
4	2,266
5	2,089

Werden die Grenzen über **95% / 99%** Vertrauensbereich errechnet, erhält man die Grenzen durch:

Obere Kontrollgrenze =	$\bar{s} * W_{Ko}$
Obere Warngrenze =	$\bar{s} * W_{Wo}$
Untere Warngrenze =	$\bar{s} * W_{Wu}$
Untere Kontrollgrenze =	$\bar{s} * W_{Ku}$

\bar{s} = Mittelwert über alle Standardabweichungen

Wobei:

Werte	W_{Ko}	W_{Wo}	W_{Wu}	W_{Ku}
2	3,518	2,809	0,039	0,008
3	2,597	2,167	0,180	0,080
4	2,245	1,916	0,291	0,168
5	2,050	1,776	0,370	0,242



Kartentyp - Relative Spannweiten-Mittelwertkarte

Dieser Kartentyp stellt gleichzeitig eine Mittelwert- und eine relative Spannweitenkarte als Regelkarte dar.

Kartentyp - Standardabweichungs-Mittelwertkarte

Dieser Kartentyp stellt gleichzeitig eine Mittelwert- und eine Standardabweichungskarte als Regelkarte dar.

Kartentyp - Anzahl der Messwerte und Kartengrenzen

Beim Führen von Regelkarten muß u. a. folgendes beachtet werden:

Alle Karten müssen die gleiche Anzahl von Messwerten pro Probe haben!

Je mehr Messungen an einer Probe durchgeführt werden, desto enger liegen die Kartengrenzen.

Beispiel:

Für den Vorlauf untersuchen Sie 20 Proben.

Da Sie gründlich sind, wird jede Probe 4 mal gemessen.

Alle vier Werte tragen Sie in RAQS ein oder verwenden sie, um die Kartengrenzen zu berechnen.

Für alle folgenden Regelkarten **muß** nun ebenfalls eine Vierfachbestimmung durchgeführt werden.

Auf Grund der Vierfachbestimmung wird die Streuung des einzelnen Wertes als geringer angenommen, als bei einer Einfachbestimmung.

Das führt zu engen Grenzen, die Ihnen sicherlich Probleme bereiten werden, wenn Sie in den folgenden Karten nur eine Einfachbestimmung durchführen.

In der Vorperiode eine Einfachbestimmung durchzuführen und in den Folgekarten eine Mehrfachbestimmung, macht Grenzverletzungen unwahrscheinlicher, ist aber statistisch absolut nicht in Ordnung.

Dies gilt in RAQS nicht für Wiederfindungs- und Differenzkarten, da dort generell mit nur einem Wert gerechnet wird.

Im ersten Fall wird aus den Eingaben **ein** Wert der Wiederfindung errechnet, im zweiten Fall liegen immer zwei Werte zugrunde, deren Differenz verwendet wird.

Auswerteverfahren für Raqs

Kartengrenzen

- Grenzen woher
- Grenzen wie
- Grenzen Lagemaße
- Grenzen Streumaße
- Ausschluß / Spezifikationsgrenzen

Kartengrenzen - Grenzen woher

Wie die Kartengrenzen ermittelt werden, hängt vom Modus (Grenzen woher und Grenzen wie) ab, den Sie unter **Auswerteverfahren** einstellen können.

1) Die Kartengrenzen werden aus der jeweils vorherigen Karte berechnet:

Die Grenzen, die in die Regelkarte eingezeichnet werden, resultieren aus den Werten der vorherigen Karte.

Wenn Sie in die Karte Nr. 3 Werte eingeben, werden die Grenzwerte für diese Karte aus den Werten der Karte Nr. 2 errechnet.

Wenn Sie in die Karte Nr. 4 Werte eingeben, werden die Grenzwerte für diese Karte aus den Werten der Karte Nr. 3 errechnet. usw.

Für die Karte 1 werden die Werte dieser (1.Karte) Karte zugrunde gelegt, da es keine vorherige Karte gibt.

Unter **Grenzen wie** kann der Vertrauensbereich gewählt werden.

Anmerkung:

Dies ist der Modus für AQS gemäß dem Merkblatt 11 des Landesamtes für Wasser und Abfall, aus NRW.

Unter **Grenzen wie** wird **2s** bzw. **3s** (Grenzen aus 2 mal, bzw. 3 mal der Standardabweichung) ausgewählt, um es genau wie vorgeschrieben zu machen. In diesem Fall würde bei den Streukarten nur die obere Kontrollgrenze errechnet und angezeigt.

Wird statt dessen **95%** bzw. **99%** (Grenzen gemäß 95% bzw. 99% Vertrauensbereich) angewählt, werden alle vier Kartengrenzen errechnet und angezeigt (Warn- und Kontrollgrenzen).

2) Die Kartengrenzen werden immer aus der Vorperiode berechnet:

Die Grenzen, die in die Regelkarte eingezeichnet werden, resultieren grundsätzlich aus den Werten der 1.Karte.

Unter **Grenzen wie** kann der Vertrauensbereich gewählt werden.

3) Die Kartengrenzen werden manuell eingegeben:

Die Grenzen, die in die Regelkarte eingezeichnet werden, resultieren grundsätzlich aus den unter **Grenzen Lagemaße** bzw. **Grenzen Streumaße** eingegeben Werten.

Eine Auswahl des Vertrauensbereiches ist in diesem Fall nicht möglich.

Kartengrenzen - Grenzen wie

Sofern die Kartengrenzen aus der **Vorperiode** oder der **Vorgängerkarte** errechnet werden, wird hier festgelegt, ob die Kartengrenzen aus dem zweifachen bzw. dreifachen der Standardabweichung errechnet werden, oder über den 95 % - bzw. 99 % Vertrauensbereich.

Wird **2s** bzw. **3s** gewählt, wird bei **Streukarten** nur die obere Kontrollgrenze eingezeichnet.

Bei Wahl von **95%** bzw. **99%** werden alle vier Grenzen (Warn- und Kontrollgrenze) eingezeichnet.

Falls die Kartengrenzen manuell eingegeben werden, stehen diese Optionen nicht zur Verfügung.

Kartengrenzen - Grenzen Lagemaße

Ist unter **Auswerteverfahren** die Option **Grenzen eingeben** ausgewählt können hier die Kartengrenzen der Lagemaße eingegeben werden.

In den fünf Eingabefeldern werden die Grenzen bzw. der Sollwert eingegeben.

Es müssen nicht alle Felder gefüllt sein, Sie können auch alle Felder leer lassen.

Derart können Regelkarten ohne Grenzen erzeugt werden.

Die eingegebenen Werte auf korrekte Reihenfolge (die Werte müssen von oben nach unten kleiner werden) überprüft und es wird gegebenenfalls eine Warnung ausgegeben.

Das Feld **s** nimmt die Standardabweichung der Vorperiode auf. **n** steht für die Anzahl der Messwerte der Vorperiode.

Beide Angaben sind wichtig, wenn ein Vergleich der aktuellen Regelkarte mit der Vorperiode per **F-Test** und **t-Test** gewünscht wird.

Kartengrenzen - Grenzen Streumaße

Ist unter **Auswerteverfahren** die Option **Grenzen eingeben** ausgewählt können hier die Kartengrenzen der Streumaße eingegeben werden.

In den fünf Eingabefeldern werden die Grenzen bzw. der Sollwert eingegeben.

Es müssen nicht alle Felder gefüllt sein, Sie können auch alle Felder leer lassen.

Derart können Regelkarten ohne Grenzen erzeugt werden.

Die eingegebenen Werte auf korrekte Reihenfolge (die Werte müssen von oben nach unten kleiner werden) überprüft und es wird gegebenenfalls eine Warnung ausgegeben.

Das Feld **s** nimmt die Standardabweichung der Vorperiode auf. **n** steht für die Anzahl der Messwerte der Vorperiode.

Beide Angaben sind wichtig, wenn ein Vergleich der aktuellen Regelkarte mit der Vorperiode per **F-Test** und **t-Test** gewünscht wird.

Kartengrenzen - Ausschluß - Spezifikationsgrenzen

Mitunter ist es nötig, weitere Grenzen in die Regelkarte einzuzeichnen.

Das ist der Fall, wenn Sie Spezifikationsgrenzen berücksichtigen wollen, die nicht über- bzw. unterschritten werden dürfen.

In einigen Vorschriften ist die Rede von Ausschlußgrenzen.

In diesem Fall dürfen die Werte nicht unter bzw. über einem bestimmten Prozentsatz des Mittelwertes liegen.

Sie haben Sie die Möglichkeit zwischen den Spezifikationsgrenzen und den Ausschlußgrenzen zu wählen.

Bei den Spezifikationsgrenzen müssen Sie noch die obere und die untere Grenze eingeben.

Bei den Ausschlußgrenzen müssen Sie den Prozentsatz eingeben.

Auffällige Werte

Die eingegebenen Daten werden auf auffällige Werte untersucht.

Folgende Kriterien werden berücksichtigt:

- Fünf aufeinander folgende Werte zeigen steigende Tendenz
- Fünf aufeinander folgende Werte zeigen fallende Tendenz
- Fünf aufeinander folgende Werte liegen oberhalb des Mittelwertes
- Fünf aufeinander folgende Werte liegen unterhalb des Mittelwertes
- Sieben aufeinander folgende Werte zeigen steigende Tendenz
- Sieben aufeinander folgende Werte zeigen fallende Tendenz
- Sieben aufeinander folgende Werte liegen oberhalb des Mittelwertes
- Sieben aufeinander folgende Werte liegen unterhalb des Mittelwertes
- Ein Wert liegt außerhalb der Kontrollgrenzen
- Mehr als 1/3 aller Werte liegen außerhalb der Warngrenzen
- 2 von 3 aufeinander folgende Werte liegen außerhalb der Warngrenzen
- 10 von 11 aufeinander folgende Werte liegen außerhalb der Warngrenzen

Im Report werden die auffälligen Werte aufgelistet.

In der Darstellung der Regelkarte werden die auffälligen Werte durch besondere Farben und Symbole dargestellt.

Aus der Seite **Auswerteverfahren** können die einzelnen Kriterien aus bzw., ausgewählt werden.

Vergleich von Karten

Wenn unter Auswerteverfahren die Option Kartenvergleich ausgewählt ist, wird im Report unter anderem die aktuelle Karte mit der Referenzkarte verglichen. Dies geschieht in Abhängigkeit vom Kartenmodus.

Sofern die Kartengrenzen der aktuellen Karte aus den Werten der vorherigen Karte errechnet werden, wird die Streuung und die Lage des Mittelwertes der aktuellen Karte mit den korrespondierenden Daten der vorherigen Karte verglichen.

Die jeweils vorherige Karte ist in diesem Modus die Referenzkarte.

Wurden die Kartengrenzen eingegeben, so wird die erste Karte mit den eingegebenen Parameter verglichen. Stammen die Kartengrenzen aller Karten aus der Vorperiode, so wird jede Karte mit der ersten Karte verglichen, da diese nun die Referenzkarte ist.

Wurden die aus der Vorperiode ermittelten Grenzen eingegeben, so werden alle Karten - auch die erste Karte - mit den eingegebenen Parameter verglichen.

Verglichen werden die Mittelwerte der Karten über den zweiseitigen **t-Test**, und die Standardabweichung der Karten mit dem zweiseitigen **F-Test**. Das Konfidenz-Niveau ist jeweils **99%**.

Das Ergebnis dieses Vergleichs wird kommentiert, d. h. es erscheint ein Text, der angibt, ob die Mittelwerte bzw. Standardabweichungen verschieden sind oder nicht.

Anmerkung:

Wenn Sie auf die Idee kommen sollten, das Beispiel aus dem AQS-Merkblatt nachzurechnen, werden Sie merken, daß der Vergleich der Regelkarten beim F-Test andere Werte liefert.

Zum einen sollten Sie beachten, daß für den Vergleich im Merkblatt nur mit den ersten 20 Werten der zweiten Karte gerechnet wird.

Zum anderen wird im Merkblatt mit einem einseitigen F-Test gearbeitet, obwohl der zweiseitige verwendet werden muß.

Wenn Sie testen wollen, ob die Kartenmittelwerte verschieden sind, ist dies eine zweiseitige Betrachtung und genau das ist hier die Fragestellung.

Wenn Sie jedoch fragen, ob der Mittelwert von Karte 2 höher ist als der von Karte 1, ist dies eine einseitige Betrachtung.

Gleiches gilt, wenn Sie sich fragen, ob der Mittelwert der Karte 2 niedriger ist als der der Karte 1.

RAQS arbeitet also mit der zweiseitigen Fragestellung auf einem Konfidenzniveau von 99 %.

Prozeßfähigkeit - Prüfmittelfähigkeit

Wenn Qualitätsregelkarten mit Toleranzgrenzen geführt werden, läßt sich eine Fähigkeit errechnen. Diese Größe ist ein Maß dafür, ob z.B. ein Prüfmittel fähig ist, seine Aufgabe zu erfüllen.

Dazu wird die Streuung des Prozesses (der Wert der Überprüfung) gegen die Toleranzen verglichen:

$$C_p = T / 6 s$$

C_p muß größer **1** (in der Regel **1,33**) sein, damit die Toleranzgrenzen weiter auseinander liegen als die natürliche Prozeßstreuung.

Das ist aber nur eine Bedingung.

Die andere Bedingung ist, daß der Prozeß in der Mitte der Toleranzen zentriert ist.

Dies stellt man durch folgende Vorgehensweise fest:

$$C_{pu} = (m - T_{un}) / 3 s$$

$$C_{po} = (T_{ob} - m) / 3 s$$

Der kleinere dieser beiden Werte wird als C_{pk} als Maß für die Zentrierung verwendet.

Auch er muß mindestens **1**, besser größer **1,33** sein.

Dann gilt ein Prozeß als fähig und kann gefahren werden.

Auswerteverfahren für Raqs

Trendtests

- Neumann
- Wallis
- Cox



Trendtest nach von Neumann

Bei diesem Trendtest berechnet man zunächst die Summe der quadrierten Abweichungen aufeinanderfolgender Daten ***S_d*** nach:

$$S_d = \sum (x_{i+1} - x_i)^2$$

Liegen trendfreie Zufallsvariablen einer Normalverteilung $X = N(x, s^2)$ vor, so ist ***S_d*** ungefähr doppelt so groß wie ***s*** bzw. ***S_d*** / (***N*** - 1) $\gg 2 s^2$. Sobald ein Trend vorliegt, werden im Mittel aufeinanderfolgende Differenzen kleiner und damit ***S_d*** $< 2 s$. Hieraus resultiert die Prüfgröße ***PG_N*** nach:

$$PG_N = \frac{S_d}{s}$$

Als Schranke für den Trendtest nach von Neumann kann man ***V_N*** unter Zuhilfenahme der Schranke der Normalverteilung ***Z_α*** nach folgender Gleichung berechnen:

$$V_N = 2 - 2z_{\alpha} \frac{\sqrt{N-2}}{\sqrt{(N-1)(N+1)}}$$

Trendtest nach Wallis-Moore

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Phasenhäufigkeitstest.

Einen Bereich aufeinanderfolgender Differenzen mit gleichem Vorzeichen bezeichnet man als Phase.

Aus der Anzahl der Phasen p läßt sich eine Prüfgröße **PGWM** nach der unten angegebenen Gleichung berechnen.

Der Test läßt die Anfangs- und Endphase außer Betracht, deshalb steht in der Gleichung $p - 2$.

Berechnungsformel:

$$PG_{WM} = \frac{\left(\left| p - 2 - \frac{2N - 7}{3} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{(16N - 29)}{90}}}$$

Diese Prüfgröße **PGWM** läßt sich direkt mit der Standardnormalverteilung vergleichen.

Gilt hierbei $TWM > Z_{\alpha/2}$, so ist die Nullhypothese **H₀** zu verwerfen.

Die Datenzahl **N** soll mindestens 10 betragen.

Trendtest nach Cox-Stuart

Beim diesem Trendtest handelt es sich um einen Vorzeichentrendtest.

Liegen N Messwerte vor, so werden diese in drei Gruppen mit jeweils $N/3$ Daten aufgeteilt.

Ist N nicht durch 3 teilbar, so wird die mittlere Gruppe entsprechend verringert.

Verglichen wird die erste und dritte Gruppe, wobei elementweise die Vorzeichen der Differenzen gebildet werden.

Dabei wird die Anzahl der positiven Vorzeichen mit N_+ , die der negativen mit N_- bezeichnet.

Ist $N_+ > N_-$, so besteht der Verdacht eines positiven, bei $N_- > N_+$ eines negativen Trends.

Bezeichnet man die Anzahl der überwiegenden Vorzeichen mit N_h , so berechnet sich die Prüfgröße PG_{CS} wie folgt:

$$PG_{CS} = \frac{\left(\left| N_h - \frac{N}{2} \right| - \frac{1}{2} \right)}{\sqrt{\frac{N}{12}}}$$

Ist $PG_{CS} > Z_{\alpha} / 2$, so ist die Nullhypothese H_0 zu verwerfen.

Die Datenzahl N soll mindestens 10 betragen.

Signifikanz

Das Signifikanzniveau α gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine bestimmte Aussage nicht zutreffend ist (Irrtumswahrscheinlichkeit).

Bezogen auf den 'Vertrauensbereich des Mittelwertes' bedeutet z.B. die Vereinbarung von $\alpha = 5\%$, daß der gesuchte 'Erwartungswert' μ in 5% aller Fälle außerhalb des Bereiches (Mittelwert $\bar{x} \pm$ Vertrauensbereich **VBx**) um den gefundenen Mittelwert \bar{x} einer Reihe von Parallelbestimmungen derselben Probe erwartet werden kann.

Je kleiner der Wert von α gewählt wird, desto größer wird der Wert für den Vertrauensbereich **VBx**

D.h. um so weiter ist der Bereich, in dem der wahre Wert zu erwarten ist.

Auswerteverfahren für Raqs

Graphische Darstellung

- Regelkarte
- Gauß-Verteilung
- Box-Whisker
- Kartenübersicht

Graphische Darstellung - Regelkarte

In der Regelkarte werden die Kartenwerte, die Kartengrenzen und auffälligen Werte dargestellt.

Sofern eine obere Kontrollgrenze oder eine obere Warngrenze existiert (per Berechnung oder per Eingabe), so wird diese als oberer darzustellender Wert verwendet.

Existieren keine oberen Grenzen, so wird der größte Messwert als größter darzustellender Wert angenommen.

Für die untere Grenze des darzustellenden Bereichs gilt das gerade beschriebene analog.

Manchmal ist es sinnvoll, sich Teile der Regelkarte genauer anzuschauen.

Zu diesem Zweck können Sie den gewünschten Bereich zoomen.

Sofern ein Regelkartentyp mit nur einer Darstellung gewählt wurde, füllt diese Regelkarte die gesamte Karteikarte aus.

Haben Sie eine Mittelwert - Spannweiten oder Mittelwert - Standardabweichungskarte gewählt, sehen Sie oben die Mittelwertkarte und darunter die Karte mit den Streumaßen.

Über den Menüpunkt **Bearbeiten / Kopieren** kann die Regelkarte in die Zwischenablage kopiert werden.

Von dort aus kann sie in andere Windowsanwendungen (z. B. Textverarbeitungsprogramme) übernommen werden.

Basierend auf den Grenzen dieser Regelkarte kann eine Leerkarte ausgedruckt werden.

Graphische Darstellung - Gauß-Verteilung

Die Präzision eines Verfahrens wird als Standardabweichung angegeben, als Quadratwurzel aus den mittleren Fehlerquadraten.

Die Standardabweichung erhält die gleiche Dimension wie der Mittelwert.

Je kleiner die Standardabweichung ist, um so größer die Präzision.

Bei einer großen Anzahl von Messungen kann die Messwert große in Abhängigkeit von der Häufigkeit des Auftretens in vielen Fällen in Form der Gauß- oder Normalverteilung dargestellt werden.

Das Kurvenmaximum, **m** ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel aller Messwerte.

Die Breite der Kurve, die durch den Abstand der beiden Wendetangenten gegeben ist, stellt die Standardabweichung **s** dar.

68% aller Messwerte liegen in diesem Bereich **Mittelwert s** .

Die Wahrscheinlichkeit (statistische Sicherheit), daß ein mit einem Zufallsfehler behafteter Messwert innerhalb des Bereiches **Mittelwert $2s$** liegt, beträgt bereits über 95%.

Die relative Häufigkeit von Messwerten mit großer Abweichung vom Mittelwert ist dagegen gering:

Außerhalb von **Mittelwert $3s$** liegen nur 0,26% der Messwerte.

Die Darstellung Gauß-Glocke kann nur bei Lage-Regelkartenkartentypen gewählt werden.

Graphische Darstellung - Box-Whisker

Eine Box-Whisker-Grafik dient zum besserem Verstehen der einzelnen statistischen Größen, wie Mittelwert, Standardabweichung und Vertrauensbereich, und vor allem das Verhältnis dieser Größen zueinander.

Die Höhe der Box stellt die Standardabweichung dar, die mittlere Linie den Mittelwert.

Der Vertrauensbereich bei der zweiseitigen Irrtumswahrscheinlichkeit, 0,05 wird auch eingezeichnet.

Die Box-Whisker-Grafik kann nur bei Lage-Regelkartenkartentypen angewählt werden.

Graphische Darstellung - Kartenübersicht

Hier werden alle Karten als eine Box-Whisker-Grafik einzelner Stichproben dargestellt.

Mit Hilfe dieser Übersicht behält man den Überblick über alle Karten.

So kann frühzeitig erkannt werden, ob ein Parameter zu entschwinden droht.

Vor allem, wenn Sie die Grenzen aus der vorherigen Kontrollperiode heranziehen, kann es passieren, daß ein systematischer Fehler zu einem Wegdriften der Werte führt.

Das Problem bei dieser Art der Grenzen ist, daß der Vergleich der Karten miteinander eine schleichende Veränderung nicht aufdecken kann.

Hier kann eine Regelkartenübersicht eine große Hilfe sein.

Hilfe Menü – Tipps und Anleitungen

Hier können Sie Tipps und Anleitungen zur grundlegenden Arbeitsweise von Valoo anschauen. Die Anleitungen sind als PowerPoint Präsentationen vorhanden. Außerdem besteht die Möglichkeit die Anleitungen als Video auf der analytik software Homepage anzuschauen.

Folgende PowerPoint Präsentationen stehen zur Verfügung:

- Statistikprojekt Messreihe
- Statistikprojekt Kalibrierung
- Statistikprojekt RAQS / Regelkarte
- Einstellungen für die Dateneingabe
- Auswerteverfahren Speichern / Laden
- Kommentare erstellen und bearbeiten
- Zeilen / Spalten bei der Dateneingabe
- Tipps und Hinweise zum Modul RAQS

VALOO – STATISTIKPROJEKT KALIBRIERUNG

Berechnung der Nachweis- und Bestimmungsgrenze nach DIN 32645

1 Erstellen Sie ein neues Projektes für eine Kalibrierung	2 Eingabe der Daten. Geben Sie Kopf- und Messdaten ein	3 Auswählen der gewünschten Auswerteverfahren	4 Ergebnis im Report und in der Grafik anschauen
---	--	---	--

So erreichen Sie uns

So erreichen Sie uns

analytik-software
Sonnentauweg 11
D-26789 Leer



Telefon: 0491 9921919



Fax: 0491 97968238



Internet: <https://www.analytik-software.de>



Email: info@analytik-software.de