

Inhalt	Seite
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Rainflow-Zählverfahren	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Zählalgorithmus	9
5.3 Berücksichtigung des Residuums	15
5.4 Verbinden von Umkehrpunktfolgen	20
5.5 Darstellung des Ergebnisses des Rainflow-Zählverfahrens	21
5.5.1 Allgemeines	21
5.5.2 Rainflow-Matrix „Startklasse – Zielklasse“	22
5.5.3 Rainflow-Halbmatrix „Maximum – Minimum“	23
5.5.4 Rainflow-Matrix „Mittelwert – Schwingweite“	24
5.6 Ableitung von weiteren Zählverfahren aus dem Ergebnis des Rainflow-Zählverfahrens	25
5.6.1 Allgemeines	25
5.6.2 Ableitung der Klassengrenzenüberschreitungszählung (KGÜZ)	25
5.6.3 Ableitung der Bereichspaarzählung	29
5.7 Unregelmäßigkeitsfaktor	32
Anhang A (informativ) Beispiel für die Anwendung des Rainflow-Zählverfahrens	33
A.1 Allgemeines	33
A.2 Umkehrpunktfolge	33
A.3 Anwendung des Rainflow-Zählverfahrens	35
A.3.1 Allgemeines	35
A.3.2 Schritt 1	36
A.3.3 Schritt 2	37
A.3.4 Schritt 3	39
A.3.5 Schritt 4	40
A.3.6 Schritt 5	41
A.3.7 Schritt 6	43
A.3.8 Schritt 7	44
A.3.9 Schritt 8	46
A.3.10 Schritt 9	48
A.3.11 Schritt 10	49
A.3.12 Schritt 11	51
A.3.13 Schritt 12	52
A.3.14 Schritt 13	54
A.3.15 Schritt 14	55
A.4 Berücksichtigung des Residuums	57
A.4.1 Allgemeines	57
A.4.2 Schritt 1	59
A.4.3 Schritt 2	61
A.4.4 Schritt 3	62
A.4.5 Schritt 4	64
A.4.6 Schritt 5	65
A.5 Erzeugen einer Rainflow-Matrix	67
A.6 Ableiten einparametrischer Zählverfahren aus der Rainflow-Matrix	69
A.6.1 Allgemeines	69
A.6.2 Ableiten der Klassengrenzenüberschreitungszählung	69

A.6.3	Ableiten der Bereichspaarzählung	71
A.7	Unregelmäßigkeitsfaktor	74
	Literaturhinweise	75

Bilder

Bild 1	— Fälle bei der mit dem Rainflow-Zählverfahren ein Schwingenspiel (Hysterese) erkannt wird [5]	11
Bild 2	— Algorithmus des Rainflow-Zählverfahrens [5]	12
Bild 3	— Halbschwingspiele, in denen aufsteigendes bzw. fallendes Halbschwingspiel einer Hysterese vorkommen, die nicht direkt aufeinander folgen müssen	14
Bild 4	— Residuum — Halbschwingspiele (die nicht geschlossen werden können)	16
Bild 5	— Schließen der Halbschwingspiele durch Duplizieren des Residuums	18
Bild 6	— Vorgehensweise beim Verbinden von 2 Umkehrpunktfolgen [5]	21
Bild 7	— Rainflow-Matrix „Startklasse — Zielklasse“, Residuum nicht in der Matrix enthalten	23
Bild 8	— Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“, Residuum nicht in der Matrix enthalten	24
Bild 9	— Rainflow-Matrix „Mittelwert — Schwingweite“, Residuum nicht in der Matrix enthalten	25
Bild 10	— Klassengrenzenüberschreitungszählung (KGÜZ)	26
Bild 11	— KGÜZ-Ableitung der aus der Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“ einschließlich Residuum	29
Bild 12	— Bereichspaarzählung	30
Bild 13	— Rainflow-Matrix „Mittelwert — Schwingweite“ mit Zählergebnis für die Häufigkeit derselben Schwingweiten	31
Bild 14	— Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“ mit Zählergebnis für die Häufigkeit derselben Schwingweiten	32
Bild A.1	— Eingangswerte für Rainflow-Klassierung	35
Bild A.2	— Schritt 1 im Rainflow-Zählverfahren	36
Bild A.3	— Schritt 2 im Rainflow-Zählverfahren	38
Bild A.4	— Schritt 3 im Rainflow-Zählverfahren	39
Bild A.5	— Schritt 4 im Rainflow-Zählverfahren	41
Bild A.6	— Schritt 5 im Rainflow-Zählverfahren	42
Bild A.7	— Schritt 6 im Rainflow-Zählverfahren	44
Bild A.8	— Schritt 7 im Rainflow-Zählverfahren	45
Bild A.9	— Schritt 8 im Rainflow-Zählverfahren	47
Bild A.10	— Schritt 9 im Rainflow-Zählverfahren	48
Bild A.11	— Schritt 10 im Rainflow-Zählverfahren	50
Bild A.12	— Schritt 11 im Rainflow-Zählverfahren	51
Bild A.13	— Schritt 12 im Rainflow-Zählverfahren	53
Bild A.14	— Schritt 13 im Rainflow-Zählverfahren	54
Bild A.15	— Schritt 14 im Rainflow-Zählverfahren	56
Bild A.16	— Umkehrpunktfolge des Residuums	57
Bild A.17	— Umkehrpunktfolge des duplizierten Residuums	58
Bild A.18	— Schritt 1 im Rainflow-Zählverfahren	60
Bild A.19	— Schritt 2 im Rainflow-Zählverfahren	61
Bild A.20	— Schritt 3 im Rainflow-Zählverfahren	63
Bild A.21	— Schritt 4 im Rainflow-Zählverfahren	64
Bild A.22	— Schritt 5 im Rainflow-Zählverfahren	66
Bild A.23	— Rainflow-Matrix „Startklasse — Zielklasse“, Residuum in der Matrix enthalten	68
Bild A.24	— Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“, Residuum in der Matrix enthalten	68
Bild A.25	— Rainflow-Matrix „Mittelwert — Schwingweite“, Residuum in der Matrix enthalten	69
Bild A.26	— Ableiten der Klassengrenzenüberschreitungszählung aus der Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“	70
Bild A.27	— Klassengrenzenüberschreitungszählung	71
Bild A.28	— Ableiten der Bereichspaarzählung aus der Rainflow-Halbmatrix „Maximum — Minimum“	72

Bild A.29 — Bereichspaarzählung	73
---	----

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen	8
Tabelle 2 — Ablauf für den Zählalgorithmus der Umkehrpunktfolge aus Bild 3	14
Tabelle 3 — Ergebnis der Anwendung des Zählalgorithmus auf die Umkehrpunktfolge aus Bild 4, die keine geschlossene Hysterese enthalten	17
Tabelle 4 — Ablauf des Zählalgorithmus für das duplizierte Residuum aus Bild 5	18
Tabelle 5 — Verbinden von Umkehrpunktfolgen	20
Tabelle 6 — Aufbereitung des Zählergebnisses für die Umkehrpunktfolge in Bild 3 zum Eintrag in eine Matrize	22
Tabelle A.1 — Umkehrpunktfolge [5]	33
Tabelle A.2 — Aus der Umkehrpunktfolge extrahierte Hysteresen und Umkehrpunktfolge des Residuums	35
Tabelle A.3 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	37
Tabelle A.4 — Extrahierte Hysterese	37
Tabelle A.5 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	38
Tabelle A.6 — Extrahierte Hysterese	38
Tabelle A.7 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	40
Tabelle A.8 — Extrahierte Hysterese	40
Tabelle A.9 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	41
Tabelle A.10 — Extrahierte Hysterese	41
Tabelle A.11 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	43
Tabelle A.12 — Extrahierte Hysterese	43
Tabelle A.13 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	44
Tabelle A.14 — Extrahierte Hysterese	44
Tabelle A.15 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	46
Tabelle A.16 — Extrahierte Hysterese	46
Tabelle A.17 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	47
Tabelle A.18 — Extrahierte Hysterese	47
Tabelle A.19 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	49
Tabelle A.20 — Extrahierte Hysterese	49
Tabelle A.21 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	50
Tabelle A.22 — Extrahierte Hysterese	50
Tabelle A.23 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	52
Tabelle A.24 — Extrahierte Hysterese	52
Tabelle A.25 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	53
Tabelle A.26 — Extrahierte Hysterese	53
Tabelle A.27 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	55
Tabelle A.28 — Extrahierte Hysterese	55
Tabelle A.29 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	56
Tabelle A.30 — Extrahierte Hysterese	56
Tabelle A.31 — Umkehrpunktfolge dupliziertes Residuum	57
Tabelle A.32 — Aus dem duplizierten Residuum extrahierte Hysteresen	59
Tabelle A.33 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	60
Tabelle A.34 — Extrahierte Hysterese	60
Tabelle A.35 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	62
Tabelle A.36 — Extrahierte Hysterese	62
Tabelle A.37 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	63
Tabelle A.38 — Extrahierte Hysterese	63
Tabelle A.39 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	65
Tabelle A.40 — Extrahierte Hysterese	65
Tabelle A.41 — Überprüfung, ob Bedingung für Hysterese erfüllt ist	66
Tabelle A.42 — Extrahierte Hysterese	66
Tabelle A.43 — Aufbereitung des Zählergebnisses für den Eintrag in eine Matrize	67