

# DIN EN 15433-4:2008-02 (D)

## Transportbelastungen - Messen und Auswerten von mechanisch-dynamischen Belastungen - Teil 4: Datenauswertung; Deutsche Fassung EN 15433-4:2007

---

| Inhalt  | Seite |
|---|-------|
| Vorwort .....   | 8     |
| Einleitung .....  | 9     |
| 1 Anwendungsbereich .....   | 10    |
| 2 Normative Verweisungen .....                                      | 11    |
| 3 Gemessene Signale.....  | 11    |
| 3.1 Momentanwerte .....   | 12    |
| 3.2 Mittelwerte .....   | 12    |
| 3.2.1 Allgemeines .....   | 12    |
| 3.2.2 Instrumente und Softwareprogramme .....                       | 12    |
| 3.2.3 Arten von Mittelungen.....                                    | 13    |
| 3.2.4 Mittelungszeit und Abtastfehler .....                         | 13    |
| 3.3 Synchronisierte Mittelung .....                                 | 15    |
| 3.3.1 Allgemeines .....   | 15    |
| 3.3.2 Instrumente und Software .....                                | 15    |
| 3.3.3 Auslöseverfahren .....  | 15    |
| 3.3.4 Verbesserung des Signal-Stör-Abstandes .....                  | 15    |
| 3.4 Gefilterte Signale .....  | 18    |
| 3.4.1 Allgemeines .....   | 18    |
| 3.4.2 Analoge Filterung .....                                       | 18    |
| 3.4.3 Digitale Filterung .....                                      | 19    |
| 4 Datenklassifizierung.....   | 19    |
| 4.1 Allgemeines .....   | 19    |
| 4.2 Zeitabhängigkeit .....  | 19    |
| 4.2.1 Allgemeines .....   | 19    |
| 4.2.2 Stationäre oder quasistationäre Daten .....                   | 19    |
| 4.2.3 Instationäre Daten .....                                      | 21    |
| 4.2.4 Transiente Daten .....  | 22    |
| 4.2.5 Physikalische Überlegungen .....                              | 23    |
| 4.3 Stochastizität .....  | 23    |
| 4.3.1 Allgemeines .....   | 23    |
| 4.3.2 Erkennen periodischer Komponenten .....                       | 23    |
| 4.3.3 Trennung von stochastischen und periodischen Komponenten..... | 24    |
| 4.4 Normalität .....  | 24    |
| 4.4.1 Allgemeines .....   | 24    |
| 4.4.2 Prüfung auf Normalität.....                                   | 24    |
| 4.4.3 Pseudo-Abweichungen von der Normalverteilung.....             | 25    |
| 5 Einkanal-Spektralanalyse/Periodische und stochastische Daten..... | 25    |
| 5.1 Algorithmen der Fourier-Transformation.....                     | 25    |
| 5.1.1 Allgemeines .....   | 25    |
| 5.1.2 Anzahl von Datenwerten.....                                   | 26    |
| 5.1.3 Redundante Komponenten .....                                  | 27    |
| 5.1.4 Übersprechen und Abflachen .....                              | 27    |
| 5.1.5 Spektrale Bandbreite.....                                     | 29    |
| 5.2 Periodische Daten .....   | 29    |
| 5.2.1 Allgemeines .....   | 29    |
| 5.2.2 Instrumente und Software .....                                | 30    |
| 5.2.3 Anti-Aliasing-Filter .....                                    | 30    |
| 5.2.4 Übersprechen und Abflachen .....                              | 30    |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 5.2.5  | Frequenzauflösung.....                          | 31 |
| 5.2.6  | Korrektur der Auflösungsfehler .....            | 31 |
| 5.2.7  | Statistische Abtastfehler.....                  | 33 |
| 5.2.8  | Aufzeichnen.....                                | 33 |
| 5.3    | Stationäre stochastische Daten .....            | 34 |
| 5.3.1  | Allgemeines.....                                | 34 |
| 5.3.2  | Instrumente und Software .....                  | 37 |
| 5.3.3  | Anti-Aliasing-Filter.....                       | 38 |
| 5.3.4  | Übersprechen und Abflachen.....                 | 38 |
| 5.3.5  | Frequenzauflösung.....                          | 38 |
| 5.3.6  | Korrektur der Auflösungsfehler .....            | 40 |
| 5.3.7  | Statistische Abtastfehler.....                  | 40 |
| 5.3.8  | Überlappende Verarbeitung.....                  | 42 |
| 5.3.9  | Zoom-Transformierte .....                       | 42 |
| 5.3.10 | Aufzeichnen.....                                | 42 |
| 5.4    | Instationäre Daten.....                         | 43 |
| 5.4.1  | Allgemeines.....                                | 43 |
| 5.4.2  | Stochastische Signale.....                      | 43 |
| 5.4.3  | Zeitcodes .....                                 | 43 |
| 5.5    | Proportionale Bandbreitenspektren .....         | 46 |
| 5.5.1  | Allgemeines.....                                | 46 |
| 5.5.2  | Terzband-Spektren .....                         | 47 |
| 5.5.3  | Andere proportionale Bandbreitenspektren .....  | 47 |
| 6      | Einkanal-Spektralanalyse/transiente Daten ..... | 47 |
| 6.1    | Allgemeines.....                                | 47 |
| 6.2    | Fourier-Spektren .....                          | 47 |
| 6.2.1  | Allgemeines.....                                | 47 |
| 6.2.2  | Instrumente und Software .....                  | 48 |
| 6.2.3  | Anti-Aliasing-Filter.....                       | 48 |
| 6.2.4  | Übersprechen und Abflachen.....                 | 48 |
| 6.2.5  | Frequenzauflösung.....                          | 49 |
| 6.2.6  | Korrektur der Auflösungsfehler .....            | 50 |
| 6.2.7  | Statistische Abtastfehler.....                  | 50 |
| 6.2.8  | Aufzeichnen.....                                | 50 |
| 6.3    | Energiespektren.....                            | 50 |
| 6.3.1  | Allgemeines.....                                | 50 |
| 6.3.2  | Instrumente und Software .....                  | 51 |
| 6.3.3  | Anti-Aliasing-Filter.....                       | 51 |
| 6.3.4  | Übersprechen und Abflachen.....                 | 51 |
| 6.3.5  | Frequenzauflösung.....                          | 51 |
| 6.3.6  | Korrektur der Auflösungsfehler .....            | 51 |
| 6.3.7  | Statistische Abtastfehler.....                  | 51 |
| 6.3.8  | Aufzeichnen.....                                | 51 |
| 6.4    | Schockantwortspektren (SAS) .....               | 52 |
| 6.4.1  | Allgemeines.....                                | 52 |
| 6.4.2  | Auswertung von SAS-Ergebnissen .....            | 54 |
| 6.4.3  | Darstellung von SAS-Ergebnissen .....           | 55 |
| 6.4.4  | Instrumente und Software .....                  | 55 |
| 6.4.5  | Anti-Aliasing-Filter.....                       | 55 |
| 6.4.6  | Abtastrate .....                                | 55 |
| 6.4.7  | Abbruchfehler .....                             | 55 |
| 6.4.8  | Ausgangsbedingungen.....                        | 56 |
| 6.4.9  | Frequenzauflösung.....                          | 56 |
| 6.4.10 | Korrektur der Auflösungsfehler .....            | 56 |
| 6.4.11 | Statistische Abtastfehler.....                  | 56 |
| 6.4.12 | Aufzeichnen.....                                | 56 |
| 6.4.13 | Andere SAS-Berechnungen.....                    | 56 |
| 7      | Zweikanal-Analyse.....                          | 57 |
| 7.1    | Allgemeines.....                                | 57 |
| 7.2    | Kreuzspektren .....                             | 57 |
| 7.2.1  | Allgemeines.....                                | 57 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 7.2.2  | Instrumente und Software .....                      | 58 |
| 7.2.3  | Anti-Aliasing-Filter .....                          | 59 |
| 7.2.4  | Übersprechen und Abflachen .....                    | 59 |
| 7.2.5  | Frequenzauflösung .....                             | 59 |
| 7.2.6  | Korrektur der Auflösungsfehler .....                | 59 |
| 7.2.7  | Systematischer Zeitverzögerungsfehler .....         | 59 |
| 7.2.8  | Systematischer Mehrwegfehler (Nachhallfehler) ..... | 60 |
| 7.2.9  | Statistische Abtastfehler .....                     | 61 |
| 7.2.10 | Überlappende Verarbeitung .....                     | 62 |
| 7.2.11 | Zoom-Transformierte .....                           | 62 |
| 7.2.12 | Aufzeichnen .....                                   | 62 |
| 7.3    | Kohärenz .....                                      | 62 |
| 7.3.1  | Allgemeines .....                                   | 62 |
| 7.3.2  | Instrumente und Software .....                      | 63 |
| 7.3.3  | Anti-Aliasing-Filter .....                          | 63 |
| 7.3.4  | Übersprechen und Abflachen .....                    | 63 |
| 7.3.5  | Frequenzauflösung .....                             | 63 |
| 7.3.6  | Systematischer Zeitverzögerungsfehler .....         | 63 |
| 7.3.7  | Systematischer Mehrwegfehler (Nachhallfehler) ..... | 64 |
| 7.3.8  | Statistische Abtastfehler .....                     | 65 |
| 7.3.9  | Überlappende Verarbeitung .....                     | 66 |
| 7.3.10 | Zoom-Transformierte .....                           | 66 |
| 7.3.11 | Aufzeichnen .....                                   | 66 |
| 7.4    | Frequenzantwort.....                                | 66 |
| 7.4.1  | Allgemeines .....                                   | 66 |
| 7.4.2  | Instrumente und Software .....                      | 66 |
| 7.4.3  | Anti-Aliasing-Filter .....                          | 67 |
| 7.4.4  | Übersprechen und Abflachen .....                    | 67 |
| 7.4.5  | Frequenzauflösung .....                             | 67 |
| 7.4.6  | Statistische Abtastfehler .....                     | 67 |
| 7.4.7  | Überlappende Verarbeitung .....                     | 68 |
| 7.4.8  | Zoom-Transformierte .....                           | 68 |
| 7.4.9  | Aufzeichnen .....                                   | 68 |
| 7.5    | Kreuzkorrelation .....                              | 68 |
| 7.5.1  | Allgemeines .....                                   | 68 |
| 7.5.2  | Instrumente und Software .....                      | 69 |
| 7.5.3  | Anti-Aliasing-Filter .....                          | 69 |
| 7.5.4  | Übersprechen und Abflachen .....                    | 69 |
| 7.5.5  | Zeitauflösung .....                                 | 69 |
| 7.5.6  | Systematischer Zeitverzögerungsfehler .....         | 69 |
| 7.5.7  | Statistische Abtastfehler .....                     | 70 |
| 7.5.8  | Überlappende Verarbeitung .....                     | 71 |
| 7.5.9  | Aufzeichnen .....                                   | 71 |
| 7.6    | Korrelationskoeffizient.....                        | 71 |
| 7.7    | Einheitsimpulsantwort.....                          | 71 |
| 8      | Andere Auswertungen .....                           | 71 |
| 8.1    | Allgemeines .....                                   | 71 |
| 8.2    | Wahrscheinlichkeitsdichte .....                     | 72 |
| 8.2.1  | Allgemeines .....                                   | 72 |
| 8.2.2  | Momentane Wahrscheinlichkeitsdichte .....           | 72 |
| 8.2.3  | Spitzen-Wahrscheinlichkeitsdichte .....             | 73 |
|        | Literaturhinweise.....                              | 76 |