

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Einleitung</b>                                                    | <b>1</b>  |
| <b>I Tests auf Nichtlinearität</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>1 Tests auf Nichtlinearität</b>                                   | <b>7</b>  |
| 1.1 Einleitung . . . . .                                             | 7         |
| 1.2 Statistische Tests . . . . .                                     | 8         |
| 1.2.1 Maße für die Güte eines Tests: Size und Trennschärfe . . . . . | 9         |
| 1.3 Maße für Nichtlinearität . . . . .                               | 10        |
| 1.4 Die Surrogatmethode . . . . .                                    | 12        |
| 1.4.1 Typische Realisierung . . . . .                                | 13        |
| 1.4.2 Bedingte Realisierung . . . . .                                | 14        |
| 1.4.3 Tests mit Surrogaten . . . . .                                 | 14        |
| 1.5 Methoden im Frequenzraum . . . . .                               | 16        |
| 1.5.1 FT-Surrogate . . . . .                                         | 16        |
| 1.5.2 AAFT-Surrogate . . . . .                                       | 17        |
| 1.5.3 Iteratives Verfahren . . . . .                                 | 18        |
| <b>2 Flexible Methode zur Surrogaterzeugung</b>                      | <b>21</b> |
| 2.1 Probleme der Standardmethoden . . . . .                          | 21        |
| 2.1.1 Periodizität . . . . .                                         | 21        |
| 2.1.2 Nichtstationarität . . . . .                                   | 25        |
| 2.2 Simulated Annealing Methode . . . . .                            | 27        |

|           |                                                            |           |
|-----------|------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.1     | Minimierung der Kostenfunktion . . . . .                   | 29        |
| 2.2.2     | Wahl der Parameter . . . . .                               | 30        |
| 2.2.3     | Optimierung des Verfahrens . . . . .                       | 31        |
| 2.2.4     | Einfaches Beispiel . . . . .                               | 33        |
| 2.3       | Eigenschaften . . . . .                                    | 36        |
| 2.3.1     | Periodizität . . . . .                                     | 37        |
| 2.3.2     | Genauigkeit . . . . .                                      | 40        |
| 2.4       | Anwendungen . . . . .                                      | 43        |
| 2.4.1     | Nichtstationarität . . . . .                               | 44        |
| 2.4.2     | Multivariate Daten . . . . .                               | 47        |
| 2.4.3     | Zeitreihen mit unterschiedlichen Zeitintervallen . . . . . | 49        |
| <b>3</b>  | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>                        | <b>57</b> |
| <b>II</b> | <b>Abhängigkeiten zwischen Zeitreihen</b>                  | <b>59</b> |
| <b>4</b>  | <b>Maße für Abhängigkeiten</b>                             | <b>61</b> |
| 4.1       | Einleitung . . . . .                                       | 61        |
| 4.1.1     | Eigenschaften von Abhängigkeitsmaßen . . . . .             | 62        |
| 4.2       | Lineare Abhängigkeitsmaße . . . . .                        | 63        |
| 4.2.1     | Lineare Korrelationen . . . . .                            | 63        |
| 4.2.2     | Nichtlineare Verallgemeinerung . . . . .                   | 65        |
| 4.3       | Nichtlineare Abhängigkeitsmaße . . . . .                   | 65        |
| 4.3.1     | Kreuzkorrelationssumme . . . . .                           | 65        |
| 4.3.2     | Informationstheoretische Maße . . . . .                    | 67        |
| <b>5</b>  | <b>Zwei neue Ansätze</b>                                   | <b>71</b> |
| 5.1       | Transfer-Entropie . . . . .                                | 71        |
| 5.1.1     | Zeitverzögerte, gegenseitige Information . . . . .         | 71        |
| 5.1.2     | Bedingte Entropie . . . . .                                | 72        |
| 5.1.3     | Transfer-Entropie . . . . .                                | 73        |
| 5.2       | Interdependenzen . . . . .                                 | 77        |
| 5.2.1     | Motivation: Synchronisation . . . . .                      | 77        |
| 5.2.2     | Interdependenzmaße S und H . . . . .                       | 79        |

|          |                                                 |            |
|----------|-------------------------------------------------|------------|
| <b>6</b> | <b>Eigenschaften und Anwendungen</b>            | <b>83</b>  |
| 6.1      | Einfache, gekoppelte Systeme . . . . .          | 83         |
| 6.1.1    | Identische Synchronisation . . . . .            | 83         |
| 6.1.2    | Einfluss von Rauschen . . . . .                 | 92         |
| 6.1.3    | Schwache Synchronisation . . . . .              | 94         |
| 6.2      | Gekoppelte Abbildungen auf dem Gitter . . . . . | 99         |
| 6.2.1    | Einseitig gekoppelte Abbildungen . . . . .      | 100        |
| 6.3      | Anwendung auf gemessene Zeitreihen . . . . .    | 108        |
| 6.3.1    | Finanzdaten . . . . .                           | 108        |
| 6.3.2    | Physiologische Daten . . . . .                  | 112        |
| 6.3.3    | Klimadaten . . . . .                            | 118        |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>             | <b>121</b> |