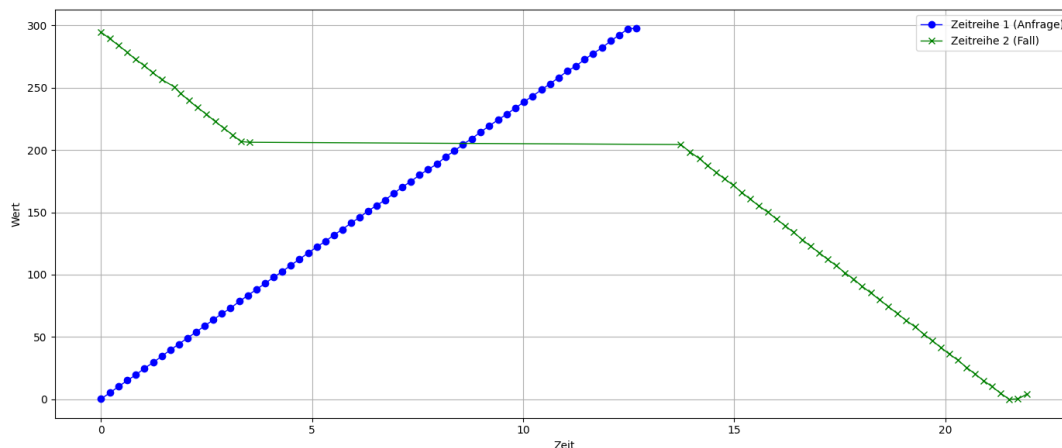


Generierter Erklärungstext und Prompt – Zeitreihen W11 und W397



LLM Output

Im vorliegenden Vergleich werden zwei Zeitreihen im Detail untersucht: Die Anfrage-Zeitreihe umfasst 63 Messpunkte und wurde über einen Zeitraum von etwa 12,7 Sekunden aufgezeichnet. Die Fall-Zeitreihe besitzt insgesamt 59 Punkte und erstreckt sich über mehr als 21 Sekunden. In der grafischen Darstellung wird deutlich, dass beide Reihen fast durchgehend mit ähnlichen Zeitabständen gemessen wurden.

Der Vergleich erfolgt mithilfe des Dynamic Time Warping (DTW)-Verfahrens. Dieser Algorithmus ermöglicht es, Unterschiede in der Länge oder dem zeitlichen Ablauf der Reihen auszugleichen und so selbst bei Verschiebungen oder verzerrten Abläufen eine optimale Zuordnung der jeweiligen Messwerte zu erzielen. Bei DTW wird zunächst eine Matrix erstellt, die sämtliche möglichen Kombinationen von Messpunkten aus beiden Zeitreihen erfasst. Für jedes Paar wird ein sogenannter lokaler Ähnlichkeitswert berechnet. Hierbei fließt hauptsächlich ein, wie ähnlich sich die beiden Werte an einer bestimmten Stelle sind; außerdem wird berücksichtigt, wie groß der zeitliche Abstand zwischen den gematchten Punkten ist. Ein perfekter Wert- oder Zeitunterschied ergibt die höchste Ähnlichkeit, größere Abstände verringern sie schrittweise, bis bei zu großem Unterschied keinerlei Übereinstimmung mehr erkannt wird.

In dieser Matrix prüft der Algorithmus für jeden Punkt, auf welchem Weg aus den vorherigen Schritten die höchste Summenähnlichkeit erreichbar ist. Ein diagonalen Schritt bedeutet dabei, dass jeweils ein Messpunkt aus beiden Reihen direkt zugeordnet wird, was als besonders aussagekräftig betrachtet und daher stärker gewichtet wird. Horizontale und vertikale Schritte gleichen hingegen Dehnungen oder Sprünge im Verlauf aus und zählen jeweils einfacher.

Der DTW-Pfad, also die tatsächlich ermittelte optimale Zuordnung der Messpunkte, spiegelt die Strukturunterschiede der beiden Zeitreihen deutlich wider. Zu Beginn bewegen sich beide Reihen noch weitgehend gemeinsam, jedoch zeigt sich direkt im weiteren Verlauf ein starkes Auseinanderdriften: Praktisch alle Werte der ersten Zeitreihe im Bereich von etwa Messwert 12 bis etwa 36 werden ausschließlich demselben Messpunkt der zweiten Zeitreihe zugeordnet. Es folgt eine weitere Phase, in der jeweils ein Messwert aus der ersten Zeitreihe dem jeweils folgenden Messwert der zweiten Zeitreihe zugeordnet wird. Der DTW-Pfad ist dadurch über weite Strecken nicht diagonal, sondern enthält lange horizontale und vertikale Abschnitte. Dies deutet auf fehlende Entsprechungen und großflächige Abweichungen zwischen den Zeitreihen hin.

In der Grafik ist auch klar zu erkennen, dass sich die Reihen an keinem Punkt wirklich begegnen – die Anfrage-Reihe steigt an, während die Fall-Reihe bereits abfällt.

Durch diese anhaltend hohen Wertdifferenzen erreicht die DTW-Analyse nur einen sehr niedrigen Gesamtähnlichkeitswert von 0,18 auf einer Skala von 0 bis 1. Das Ergebnis zeigt eindeutig, dass eine starke strukturelle Verschiedenheit zwischen den Zeitreihen besteht und kaum Gemeinsamkeiten sowohl im Werteverlauf als auch im zeitlichen Verlauf vorhanden sind. Entsprechend bestätigt die grafische Darstellung, dass die beiden Reihen zu keiner Phase ähnliche Werte oder ähnliche Kurvenformen aufweisen.

Prompt

Du bist ein hilfreicher Assistent mit Fachwissen im Bereich Zeitreihenanalyse, insbesondere zum Algorithmus Dynamic Time Warping (DTW).

Es werden folgende Daten bereitgestellt:

- Zwei Zeitreihen: die Anfrage-Zeitreihe (erste) und die Fall-Zeitreihe (zweite)
- Der DTW-Zuordnungspfad in Form einer Liste gematchter Punktpaare.
- Der zugehörige DTW-Ähnlichkeitswert
- Ein Diagramm, das den Verlauf beider Zeitreihe visualisiert, DTW Pfad ist nicht von Diagramm zu verstehen, aber man kann Zeitliche Unterschiede im Verlauf deutliche sehen.
- Ein Beispiel mit Erklärungstext zur Orientierung.

Deine Aufgabe ist es, auf Grundlage der bereitgestellten Informationen eine einheitlich formulierte, fachlich korrekte und kompakte Erklärung zur Ähnlichkeit der beiden Zeitreihen mithilfe des DTW-Algorithmus zu verfassen, orientiert am vorherigen Beispiel. Gehe dabei Schritt für Schritt vor und prüfe alle Dateien sorgfältig, bevor du antwortest.

Beachte dabei folgende Anforderungen:

1. Die Erklärung richtet sich an eine Zielgruppe ohne Vorkenntnisse, daher soll der Text klar, nachvollziehbar und leicht zu lesen sein. Fachbegriffe, Technische Abläufe müssen verständlich erklärt werden. Formeln, Gleichungen, Variablen und Index-Bezeichnungen (z. B. $q[i]$, H_{ij}) sollen im Haupttext nicht verwendet werden. Stattdessen sollen die Zusammenhänge in verständlicher Sprache beschrieben werden.
2. Die Erklärung soll klar und kompakt sein, ohne irrelevante Informationen. Jede Feststellung muss unmittelbar aus den gegebenen Zahlen, dem Pfad oder dem Diagramm abgeleitet werden. Es darf nicht spekuliert oder halluziniert werden.
3. Jeder inhaltliche Aspekt soll exakt einmal, möglichst im sinnvollen Abschnitt des Texts, behandelt werden. Eine doppelte Begründung, Wiederholung, oder Umformulierungen desselben inhaltlichen Arguments ist zu vermeiden.
4. Verzichte bitte auf eine ausführliche Beschreibung der Zeitreihenverläufe. Beschreibe stattdessen nur kurz das relevante Muster und konzentriere dich auf die Interpretation der Ähnlichkeit.
5. Nenne alle zentralen Komponenten des DTW-Algorithmus zur Ähnlichkeitsberechnung: Distanzmatrix, Pfad und lokale Ähnlichkeitswerte.
6. Keine Zusammenfassung am Ende.
7. Die Darstellung soll einer logischen, gut strukturierten Reihenfolge folgen.
8. Der Text soll flüssig und zusammenhängend formuliert sein.

Kontext zu Ähnlichkeitsberechnung:

Die Ähnlichkeit wurde mithilfe von DTW berechnet. Die Matrix wurde nach folgender Regel aufgebaut:

$$H_{i,j} = \max \{ \\ H_{i-1,j-1} + 2 * \text{sim}_{q_i,c_j} \text{ [diagonal schritt]}, \\ H_{i-1,j} + \text{sim}_{q_i,c_j} \text{ [horizontal]}, \\ H_{i,j-1} + \text{sim}_{q_i,c_j} \text{ [vertikal]} \\ \}$$

Die Funktion sim_{q_i,c_j} gibt den lokalen Ähnlichkeitswert zwischen zwei Messpunkten an. Sie setzt sich zu 90 % aus der Ähnlichkeit der Positionswerte und zu 10 % aus der zeitlichen Übereinstimmung zusammen.

Zeitähnlichkeit: Maximale Ähnlichkeit besteht bei einem Zeitunterschied von 0 Sekunden; ab einer Differenz von mehr als 100 Sekunden wird keine Ähnlichkeit mehr angenommen.

Positionsähnlichkeit: Maximale Ähnlichkeit besteht bei einem Positionsunterschied von 0 Einheiten; bei mehr als 20 Einheiten Unterschied ist die Ähnlichkeit gleich null.

Zwischen diesen Schwellenwerten erfolgt die Berechnung der Ähnlichkeit linear nach folgender Formel: $(\max - d(q,c)) / (\max - \min)$

Dabei ist $d(q,c)$ der jeweilige Zeit- bzw. Positionsunterschied, und \max bzw. \min definieren die Grenzen für maximale bzw. minimale Ähnlichkeit.

Im Folgenden der relevante Code aus ProCake, der die Berechnung der lokalen Ähnlichkeit veranschaulicht:

```
<NumericLinear name="SMTime" class="Double" min="0.0" max="100.0" default="true"/>
<NumericLinear name="SMPosition" class="Double" min="0" max="20" default="false"/>
<AggregateAverage name="SMTimePositionPair" class="TimePositionPair">
  <AggWeight att="Timestamp" weight="0.1" similarityToUse="SMTime"/>
  <AggWeight att="Position" weight="0.9" similarityToUse="SMPosition"/>
</AggregateAverage>
```

Daten:

Die Zeitreihe ist im folgenden Format dargestellt: Index, Zeitstempel (Timestamp), Messwert (Value)

Anfrage, Zeitreihe 1:

```
q[0] -- Timestamp: 0.0, Value: 0.3
q[1] -- Timestamp: 0.218, Value: 5.4
q[2] -- Timestamp: 0.42, Value: 10.36
q[3] -- Timestamp: 0.624, Value: 15.16
q[4] -- Timestamp: 0.826, Value: 19.66
```

q[5] -- Timestamp: 1.03, Value: 24.91
q[6] -- Timestamp: 1.233, Value: 29.42
q[7] -- Timestamp: 1.436, Value: 34.52
q[8] -- Timestamp: 1.639, Value: 39.47
q[9] -- Timestamp: 1.841, Value: 44.27
q[10] -- Timestamp: 2.044, Value: 49.08
q[11] -- Timestamp: 2.254, Value: 54.03
q[12] -- Timestamp: 2.452, Value: 58.83
q[13] -- Timestamp: 2.654, Value: 63.63
q[14] -- Timestamp: 2.857, Value: 68.59
q[15] -- Timestamp: 3.061, Value: 72.94
q[16] -- Timestamp: 3.28, Value: 78.64
q[17] -- Timestamp: 3.483, Value: 83.44
q[18] -- Timestamp: 3.686, Value: 88.25
q[19] -- Timestamp: 3.889, Value: 93.05
q[20] -- Timestamp: 4.092, Value: 98.0
q[21] -- Timestamp: 4.295, Value: 102.5
q[22] -- Timestamp: 4.499, Value: 107.61
q[23] -- Timestamp: 4.702, Value: 112.41
q[24] -- Timestamp: 4.905, Value: 117.36
q[25] -- Timestamp: 5.108, Value: 122.16
q[26] -- Timestamp: 5.312, Value: 126.67
q[27] -- Timestamp: 5.514, Value: 131.77
q[28] -- Timestamp: 5.717, Value: 136.27
q[29] -- Timestamp: 5.92, Value: 141.37
q[30] -- Timestamp: 6.124, Value: 145.88
q[31] -- Timestamp: 6.326, Value: 151.13
q[32] -- Timestamp: 6.529, Value: 155.48
q[33] -- Timestamp: 6.732, Value: 159.98
q[34] -- Timestamp: 6.936, Value: 165.24
q[35] -- Timestamp: 7.139, Value: 170.34
q[36] -- Timestamp: 7.342, Value: 174.84

q[37] -- Timestamp: 7.546, Value: 179.94
q[38] -- Timestamp: 7.749, Value: 184.45
q[39] -- Timestamp: 7.968, Value: 188.95
q[40] -- Timestamp: 8.17, Value: 194.8
q[41] -- Timestamp: 8.373, Value: 199.3
q[42] -- Timestamp: 8.576, Value: 204.56
q[43] -- Timestamp: 8.781, Value: 209.06
q[44] -- Timestamp: 8.999, Value: 214.61
q[45] -- Timestamp: 9.201, Value: 219.42
q[46] -- Timestamp: 9.405, Value: 224.22
q[47] -- Timestamp: 9.608, Value: 228.72
q[48] -- Timestamp: 9.811, Value: 233.52
q[49] -- Timestamp: 10.014, Value: 238.48
q[50] -- Timestamp: 10.224, Value: 243.28
q[51] -- Timestamp: 10.437, Value: 248.38
q[52] -- Timestamp: 10.639, Value: 253.18
q[53] -- Timestamp: 10.842, Value: 258.14
q[54] -- Timestamp: 11.045, Value: 263.24
q[55] -- Timestamp: 11.248, Value: 267.29
q[56] -- Timestamp: 11.452, Value: 272.54
q[57] -- Timestamp: 11.654, Value: 277.35
q[58] -- Timestamp: 11.874, Value: 282.15
q[59] -- Timestamp: 12.077, Value: 287.55
q[60] -- Timestamp: 12.279, Value: 292.35
q[61] -- Timestamp: 12.482, Value: 297.16
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76

Fall, Zeitreihe 2:

c[0] -- Timestamp: 0.0, Value: 294.61
c[1] -- Timestamp: 0.204, Value: 289.35
c[2] -- Timestamp: 0.408, Value: 284.1
c[3] -- Timestamp: 0.61, Value: 278.7

c[4] -- Timestamp: 0.814, Value: 272.84
c[5] -- Timestamp: 1.017, Value: 267.89
c[6] -- Timestamp: 1.221, Value: 262.19
c[7] -- Timestamp: 1.44, Value: 256.48
c[8] -- Timestamp: 1.74, Value: 250.63
c[9] -- Timestamp: 1.876, Value: 245.68
c[10] -- Timestamp: 2.079, Value: 239.83
c[11] -- Timestamp: 2.282, Value: 234.12
c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
c[13] -- Timestamp: 2.704, Value: 222.87
c[14] -- Timestamp: 2.907, Value: 217.61
c[15] -- Timestamp: 3.112, Value: 212.21
c[16] -- Timestamp: 3.313, Value: 206.81
c[17] -- Timestamp: 3.517, Value: 206.21
c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
c[19] -- Timestamp: 13.955, Value: 198.4
c[20] -- Timestamp: 14.182, Value: 193.0
c[21] -- Timestamp: 14.361, Value: 187.6
c[22] -- Timestamp: 14.563, Value: 182.35
c[23] -- Timestamp: 14.767, Value: 176.94
c[24] -- Timestamp: 14.97, Value: 171.99
c[25] -- Timestamp: 15.173, Value: 166.14
c[26] -- Timestamp: 15.376, Value: 160.73
c[27] -- Timestamp: 15.58, Value: 155.33
c[28] -- Timestamp: 15.798, Value: 150.08
c[29] -- Timestamp: 16.002, Value: 144.68
c[30] -- Timestamp: 16.204, Value: 139.27
c[31] -- Timestamp: 16.407, Value: 134.02
c[32] -- Timestamp: 16.61, Value: 128.17
c[33] -- Timestamp: 16.813, Value: 122.76
c[34] -- Timestamp: 17.017, Value: 117.51
c[35] -- Timestamp: 17.22, Value: 112.11

c[36] -- Timestamp: 17.423, Value: 107.16
c[37] -- Timestamp: 17.626, Value: 101.45
c[38] -- Timestamp: 17.828, Value: 96.5
c[39] -- Timestamp: 18.032, Value: 90.65
c[40] -- Timestamp: 18.236, Value: 85.39
c[41] -- Timestamp: 18.438, Value: 79.99
c[42] -- Timestamp: 18.644, Value: 74.59
c[43] -- Timestamp: 18.861, Value: 68.89
c[44] -- Timestamp: 19.066, Value: 63.48
c[45] -- Timestamp: 19.282, Value: 58.23
c[46] -- Timestamp: 19.488, Value: 52.38
c[47] -- Timestamp: 19.688, Value: 47.12
c[48] -- Timestamp: 19.892, Value: 41.72
c[49] -- Timestamp: 20.094, Value: 36.32
c[50] -- Timestamp: 20.298, Value: 31.52
c[51] -- Timestamp: 20.501, Value: 25.66
c[52] -- Timestamp: 20.704, Value: 20.41
c[53] -- Timestamp: 20.907, Value: 15.01
c[54] -- Timestamp: 21.11, Value: 10.21
c[55] -- Timestamp: 21.313, Value: 4.8
c[56] -- Timestamp: 21.516, Value: 0.0
c[57] -- Timestamp: 21.723, Value: 0.3
c[58] -- Timestamp: 21.94, Value: 4.2

DTW-Pfad:

q[0] -- Timestamp: 0.0, Value: 0.3 : c[0] -- Timestamp: 0.0, Value: 294.61
q[1] -- Timestamp: 0.218, Value: 5.4 : c[1] -- Timestamp: 0.204, Value: 289.35
q[2] -- Timestamp: 0.42, Value: 10.36 : c[2] -- Timestamp: 0.408, Value: 284.1
q[3] -- Timestamp: 0.624, Value: 15.16 : c[3] -- Timestamp: 0.61, Value: 278.7
q[4] -- Timestamp: 0.826, Value: 19.66 : c[4] -- Timestamp: 0.814, Value: 272.84
q[5] -- Timestamp: 1.03, Value: 24.91 : c[5] -- Timestamp: 1.017, Value: 267.89
q[6] -- Timestamp: 1.233, Value: 29.42 : c[6] -- Timestamp: 1.221, Value: 262.19

q[7] -- Timestamp: 1.436, Value: 34.52 : c[7] -- Timestamp: 1.44, Value: 256.48
q[8] -- Timestamp: 1.639, Value: 39.47 : c[8] -- Timestamp: 1.74, Value: 250.63
q[9] -- Timestamp: 1.841, Value: 44.27 : c[9] -- Timestamp: 1.876, Value: 245.68
q[10] -- Timestamp: 2.044, Value: 49.08 : c[10] -- Timestamp: 2.079, Value: 239.83
q[11] -- Timestamp: 2.254, Value: 54.03 : c[11] -- Timestamp: 2.282, Value: 234.12
q[12] -- Timestamp: 2.452, Value: 58.83 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[13] -- Timestamp: 2.654, Value: 63.63 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[14] -- Timestamp: 2.857, Value: 68.59 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[15] -- Timestamp: 3.061, Value: 72.94 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[16] -- Timestamp: 3.28, Value: 78.64 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[17] -- Timestamp: 3.483, Value: 83.44 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[18] -- Timestamp: 3.686, Value: 88.25 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[19] -- Timestamp: 3.889, Value: 93.05 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[20] -- Timestamp: 4.092, Value: 98.0 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[21] -- Timestamp: 4.295, Value: 102.5 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[22] -- Timestamp: 4.499, Value: 107.61 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[23] -- Timestamp: 4.702, Value: 112.41 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[24] -- Timestamp: 4.905, Value: 117.36 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[25] -- Timestamp: 5.108, Value: 122.16 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[26] -- Timestamp: 5.312, Value: 126.67 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[27] -- Timestamp: 5.514, Value: 131.77 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[28] -- Timestamp: 5.717, Value: 136.27 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[29] -- Timestamp: 5.92, Value: 141.37 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[30] -- Timestamp: 6.124, Value: 145.88 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[31] -- Timestamp: 6.326, Value: 151.13 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[32] -- Timestamp: 6.529, Value: 155.48 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[33] -- Timestamp: 6.732, Value: 159.98 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[34] -- Timestamp: 6.936, Value: 165.24 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[35] -- Timestamp: 7.139, Value: 170.34 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[36] -- Timestamp: 7.342, Value: 174.84 : c[12] -- Timestamp: 2.497, Value: 228.72
q[37] -- Timestamp: 7.546, Value: 179.94 : c[13] -- Timestamp: 2.704, Value: 222.87
q[38] -- Timestamp: 7.749, Value: 184.45 : c[14] -- Timestamp: 2.907, Value: 217.61

q[39] -- Timestamp: 7.968, Value: 188.95 : c[15] -- Timestamp: 3.112, Value: 212.21
q[40] -- Timestamp: 8.17, Value: 194.8 : c[16] -- Timestamp: 3.313, Value: 206.81
q[41] -- Timestamp: 8.373, Value: 199.3 : c[16] -- Timestamp: 3.313, Value: 206.81
q[42] -- Timestamp: 8.576, Value: 204.56 : c[17] -- Timestamp: 3.517, Value: 206.21
q[42] -- Timestamp: 8.576, Value: 204.56 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[43] -- Timestamp: 8.781, Value: 209.06 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[44] -- Timestamp: 8.999, Value: 214.61 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[45] -- Timestamp: 9.201, Value: 219.42 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[46] -- Timestamp: 9.405, Value: 224.22 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[47] -- Timestamp: 9.608, Value: 228.72 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[48] -- Timestamp: 9.811, Value: 233.52 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[49] -- Timestamp: 10.014, Value: 238.48 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[50] -- Timestamp: 10.224, Value: 243.28 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[51] -- Timestamp: 10.437, Value: 248.38 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[52] -- Timestamp: 10.639, Value: 253.18 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[53] -- Timestamp: 10.842, Value: 258.14 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[54] -- Timestamp: 11.045, Value: 263.24 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[55] -- Timestamp: 11.248, Value: 267.29 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[56] -- Timestamp: 11.452, Value: 272.54 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[57] -- Timestamp: 11.654, Value: 277.35 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[58] -- Timestamp: 11.874, Value: 282.15 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[59] -- Timestamp: 12.077, Value: 287.55 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[60] -- Timestamp: 12.279, Value: 292.35 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[61] -- Timestamp: 12.482, Value: 297.16 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[18] -- Timestamp: 13.736, Value: 204.41
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[19] -- Timestamp: 13.955, Value: 198.4
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[20] -- Timestamp: 14.182, Value: 193.0
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[21] -- Timestamp: 14.361, Value: 187.6
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[22] -- Timestamp: 14.563, Value: 182.35
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[23] -- Timestamp: 14.767, Value: 176.94
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[24] -- Timestamp: 14.97, Value: 171.99
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[25] -- Timestamp: 15.173, Value: 166.14

q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[26] -- Timestamp: 15.376, Value: 160.73
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[27] -- Timestamp: 15.58, Value: 155.33
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[28] -- Timestamp: 15.798, Value: 150.08
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[29] -- Timestamp: 16.002, Value: 144.68
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[30] -- Timestamp: 16.204, Value: 139.27
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[31] -- Timestamp: 16.407, Value: 134.02
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[32] -- Timestamp: 16.61, Value: 128.17
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[33] -- Timestamp: 16.813, Value: 122.76
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[34] -- Timestamp: 17.017, Value: 117.51
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[35] -- Timestamp: 17.22, Value: 112.11
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[36] -- Timestamp: 17.423, Value: 107.16
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[37] -- Timestamp: 17.626, Value: 101.45
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[38] -- Timestamp: 17.828, Value: 96.5
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[39] -- Timestamp: 18.032, Value: 90.65
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[40] -- Timestamp: 18.236, Value: 85.39
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[41] -- Timestamp: 18.438, Value: 79.99
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[42] -- Timestamp: 18.644, Value: 74.59
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[43] -- Timestamp: 18.861, Value: 68.89
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[44] -- Timestamp: 19.066, Value: 63.48
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[45] -- Timestamp: 19.282, Value: 58.23
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[46] -- Timestamp: 19.488, Value: 52.38
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[47] -- Timestamp: 19.688, Value: 47.12
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[48] -- Timestamp: 19.892, Value: 41.72
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[49] -- Timestamp: 20.094, Value: 36.32
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[50] -- Timestamp: 20.298, Value: 31.52
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[51] -- Timestamp: 20.501, Value: 25.66
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[52] -- Timestamp: 20.704, Value: 20.41
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[53] -- Timestamp: 20.907, Value: 15.01
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[54] -- Timestamp: 21.11, Value: 10.21
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[55] -- Timestamp: 21.313, Value: 4.8
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[56] -- Timestamp: 21.516, Value: 0.0
q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[57] -- Timestamp: 21.723, Value: 0.3

q[62] -- Timestamp: 12.686, Value: 297.76 : c[58] -- Timestamp: 21.94, Value: 4.2

DTW Ähnlichkeitsmaß: 0.1849656885245901

Beispiel:

Erklärung:

Im folgenden Beispiel werden zwei Zeitreihen miteinander verglichen:

Die erste, die Anfrage-Zeitreihe, besteht aus 108 Messwerten, aufgezeichnet über etwa 33,4 Sekunden.

Die zweite, die Fall-Zeitreihe, ist, wie auch im Diagramm deutlich zu erkennen, wesentlich kürzer, mit 41 Messwerten über 8,2 Sekunden.

Beide Reihen wurden in unregelmäßigen Abständen erfasst, im Durchschnitt alle 0,2 Sekunden – mit Ausnahme eines etwa 10-sekündigen Sprungs in der Mitte der Anfrage-Zeitreihe

Zum Vergleich der Zeitreihen wurde der DTW-Algorithmus (Dynamic Time Warping) verwendet. Ziel von DTW-Methode ist es, selbst dann eine optimale Zuordnung zwischen den Messpunkten beider Reihen zu finden, wenn deren Verläufe zeitlich verschoben, unterschiedlich lang oder verzerrt sind.

Der Algorithmus vergleicht Schritt für Schritt jeden Messpunkt der einen Zeitreihe mit allen Punkten der anderen Zeitreihe und sucht dabei nach einer Kombination, die die größtmögliche Übereinstimmung ergibt. Hierbei wird die lokale Ähnlichkeit zwischen einzelnen Punktpaaren bewertet. Im konkreten Fall wurde sie sowohl anhand ihres Abstandes in der Zeit als auch ihres Wertunterschieds berechnet – jeweils mit gleicher Gewichtung. Die Bewertung erfolgt in beiden Fällen linear, das heißt: Je größer der Unterschied, desto geringer der jeweilige Beitrag zur Ähnlichkeit.

Aus diesen lokalen Ähnlichkeitswerten wird eine Ähnlichkeitsmatrix gebildet – ein Raster, in dem der Algorithmus in jedem Schritt prüft, ob der Pfad zur aktuellen Zelle horizontal, vertikal oder diagonal verläuft: Diagonale Schritte bedeuten eine direkte Zuordnung zweier Messpunkte und werden doppelt gewichtet, da sie besonders aussagekräftig sind. Sie sind daher der bevorzugte Pfad. Horizontale oder vertikale Schritte gleichen zeitliche Verschiebungen oder Dehnungen aus und werden einfach gewichtet.

Auf diese Weise ergibt sich in jeder Zelle die bisher beste erreichbare Gesamtsumme der lokalen Ähnlichkeiten, jeweils unter Berücksichtigung der Schrittart. Der optimale Ausrichtungspfad wird ermittelt, indem vom höchsten Wert in der letzten Spalte aus rückwärts zum Anfang zurückverfolgt wird. Dieser Pfad legt fest, welche Punkte aus beiden Reihen einander am ähnlichsten sind und wie diese optimal zugeordnet werden.

Der berechnete gesamte Ähnlichkeitswert beträgt 0,818. Die Skala des DTW-Ähnlichkeitswerts reicht von 0 (völlig unähnlich) bis 1 (perfekt identisch).

In der vorliegenden Messung zeigt sich insgesamt eine hohe Ähnlichkeit zwischen den beiden Zeitreihen. Allerdings weicht der Beginn der Anfrage-Zeitreihe deutlich vom Startverlauf der Fall-Zeitreihe ab. In diesem Abschnitt führt der DTW-Algorithmus eine starke zeitliche Verzerrung durch, um spätere Übereinstimmungen zu ermöglichen: Die ersten 70 Messpunkte der blaue Zeitreihe werden dabei ausschließlich dem ersten Punkt der grüne Zeitreihe zugeordnet. Diese Phase äußert

sich im DTW-Pfad in Form horizontaler Schritte und kompensiert das Fehlen direkter Entsprechungen.

Nach diesem initialen Dehnungsbereich verläuft der DTW-Pfad ab dem 70. Punkt nahezu diagonal. Ab diesem Punkt beginnt die eigentliche Phase hoher Übereinstimmung. Die Werte beider Zeitreihen sind ab hier nahezu identisch. Wie auch im Diagramm gut erkennbar ist, zeigt die grüne Zeitreihe denselben Abfall wie die blaue, allerdings zeitlich versetzt, etwas früher. Die lokale Ähnlichkeit wird durch einen Zeitversatz von etwa 25 Sekunden zwischen den beiden Reihen beeinträchtigt. Dieser zeitliche Unterschied führt zu einer geringeren aggregierten lokalen Ähnlichkeit, was auch der Grund dafür ist, dass die gesamte Ähnlichkeit etwas niedriger ausfällt.

Die finale DTW Ähnlichkeit stellt somit ein Ergebniss, aus der Kombination übereinstimmender Werte und zeitlicher Verschiebung dar. Der Zeitunterschied mindert die Ähnlichkeit, Auch wenn die Werte weitgehend übereinstimmen.

Wie es auch im Diagramm ganz deutlich sehen kann, grüne Zeitreihe hat gleiche Abfall wie blaue, aber in andere Zeit, etwas früher.