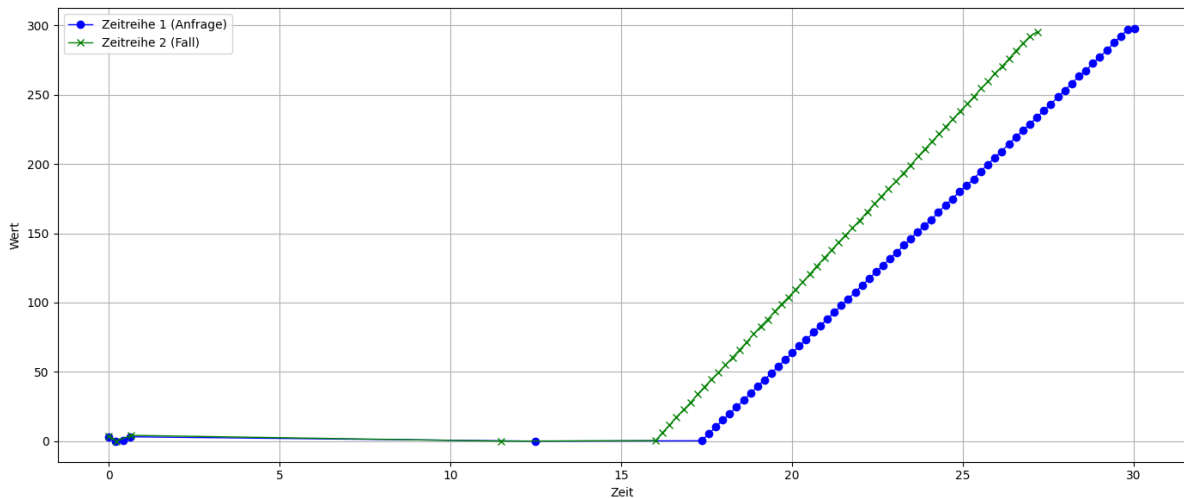


Generierter Erklärungstext und Prompt – Zeitreihen W07 und W391



LLM Output

Im Folgenden werden zwei Zeitreihen verglichen: Die erste, die Anfrage-Zeitreihe, besteht aus 68 Messpunkten, die sich über rund 30 Sekunden erstrecken. Die zweite, die Fall-Zeitreihe, umfasst 59 Messwerte innerhalb von etwa 27 Sekunden. Die Messwerte sind bei beiden Reihen größtenteils regelmäßig verteilt, mit durchschnittlich wenigen Zehntelsekunden Abstand, abgesehen von einer gut sichtbaren längeren Lücke zu Beginn beider Reihen – in der Anfrage-Zeitreihe zwischen 0,6 und 12,5 Sekunden, in der Fall-Zeitreihe zwischen 0,6 und 11,5 Sekunden, jeweils mit nur einem einzelnen Wert in dieser Zeitspanne.

Für den Vergleich wurde der Dynamic Time Warping (DTW) Algorithmus eingesetzt. Diese Methode ermöglicht es, auch Zeitreihen unterschiedlicher Länge oder mit unregelmäßiger Taktung bestmöglich aufeinander abzustimmen. Dabei wird jedem denkbaren Punktpaar aus beiden Reihen ein lokaler Ähnlichkeitswert zugewiesen, der sich zur Hälfte aus dem zeitlichen Abstand, zur anderen Hälfte aus dem Unterschied der Messwerte ermittelt – beide Anteile werden linear berücksichtigt, das heißt: je näher Zeit und Wert beieinander liegen, desto höher die Ähnlichkeit. Übersteigt der Zeitunterschied 100 Sekunden oder der Wertunterschied 200 Einheiten, ist die Ähnlichkeit gleich null.

Alle diese lokalen Ähnlichkeiten werden zu einer Matrix zusammengefasst. Aus dieser Matrix sucht DTW einen optimalen Pfad, mit dem Ziel, die Gesamtsumme aller zugeordneten Paarähnlichkeiten zu maximieren. Diagonale Schritte kennzeichnen die direkte Zuordnung eines Zeitpunkts aus beiden Reihen; sie werden doppelt gewichtet. Horizontale und Vertikale Schritte entstehen, wenn zu einem Messpunkt aus der einen Zeitreihe zwei benachbarte Punkte aus der anderen zugeordnet werden – dies dient zum Ausgleich von unterschiedlichen Messfrequenzen oder Längen der Reihen. Der tatsächliche DTW-Pfad zeigt im vorliegenden Fall für den überwiegenden Teil einen diagonalen Verlauf, was auf eine sehr enge Zuordnung zwischen den Punkten hinweist. Lediglich am Anfang sowie an einigen Stellen im weiteren Verlauf gibt es kurze Abschnitte mit horizontalen Schritten. Diese entstehen vor allem deshalb, weil die Anfrage-Zeitreihe ein paar Messpunkte mehr und einige zeitliche Überhänge aufweist.

Entscheidend für den berechneten DTW-Score ist, dass bei den meisten Zuordnungen die Messwerte sehr ähnlich sind, jedoch ein konstanter Zeitversatz von rund zwei Sekunden zwischen den beiden Reihen besteht – das ist sowohl im Zuordnungspfad als auch im Diagramm gut erkennbar. Obwohl die Positionen übereinstimmen, fällt dieser Zeitunterschied bei jedem einzelnen Paar ins Gewicht, da

sowohl Zeit- als auch Wertähnlichkeit gleich stark zur lokalen Ähnlichkeit beitragen. Die lokalen Werte bleiben daher überall leicht unter dem Maximalwert, da die Zeitdifferenz zu einem konstanten Abzug führt – und zwar nicht nur punktuell, sondern im gesamten Verlauf des steilen Anstiegsabschnittes.

Aus der Summe dieser lokalen Ähnlichkeiten errechnet sich ein DTW-Score von 0,987. Der Wert zeigt eine fast perfekte Übereinstimmung beider Zeitreihen an – einzig der kleine, aber systematische zeitliche Abstand senkt die Gesamtsumme minimal.

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 basiert zu je 50% auf:

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 200 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="200" default="false"/>
<AggregateAverage name="SMTimePositionPair" class="TimePositionPair">
  <AggWeight att="Timestamp" weight="0.5" similarityToUse="SMTime"/>
  <AggWeight att="Position" weight="0.5" 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: 3.15
q[1] -- Timestamp: 0.203, Value: 0.0
q[2] -- Timestamp: 0.406, Value: 0.45
q[3] -- Timestamp: 0.609, Value: 3.15
q[4] -- Timestamp: 12.469, Value: 0.0
q[5] -- Timestamp: 17.345, Value: 0.3
q[6] -- Timestamp: 17.563, Value: 5.4
```

q[7] -- Timestamp: 17.765, Value: 10.36
q[8] -- Timestamp: 17.969, Value: 15.16
q[9] -- Timestamp: 18.171, Value: 19.66
q[10] -- Timestamp: 18.375, Value: 24.91
q[11] -- Timestamp: 18.578, Value: 29.42
q[12] -- Timestamp: 18.781, Value: 34.52
q[13] -- Timestamp: 18.984, Value: 39.47
q[14] -- Timestamp: 19.186, Value: 44.27
q[15] -- Timestamp: 19.389, Value: 49.08
q[16] -- Timestamp: 19.599, Value: 54.03
q[17] -- Timestamp: 19.797, Value: 58.83
q[18] -- Timestamp: 19.999, Value: 63.63
q[19] -- Timestamp: 20.202, Value: 68.59
q[20] -- Timestamp: 20.406, Value: 72.94
q[21] -- Timestamp: 20.625, Value: 78.64
q[22] -- Timestamp: 20.828, Value: 83.44
q[23] -- Timestamp: 21.031, Value: 88.25
q[24] -- Timestamp: 21.234, Value: 93.05
q[25] -- Timestamp: 21.437, Value: 98.0
q[26] -- Timestamp: 21.64, Value: 102.5
q[27] -- Timestamp: 21.844, Value: 107.61
q[28] -- Timestamp: 22.047, Value: 112.41
q[29] -- Timestamp: 22.25, Value: 117.36
q[30] -- Timestamp: 22.453, Value: 122.16
q[31] -- Timestamp: 22.657, Value: 126.67
q[32] -- Timestamp: 22.859, Value: 131.77
q[33] -- Timestamp: 23.062, Value: 136.27
q[34] -- Timestamp: 23.265, Value: 141.37
q[35] -- Timestamp: 23.469, Value: 145.88
q[36] -- Timestamp: 23.671, Value: 151.13
q[37] -- Timestamp: 23.874, Value: 155.48
q[38] -- Timestamp: 24.077, Value: 159.98

q[39] -- Timestamp: 24.281, Value: 165.24
q[40] -- Timestamp: 24.484, Value: 170.34
q[41] -- Timestamp: 24.687, Value: 174.84
q[42] -- Timestamp: 24.891, Value: 179.94
q[43] -- Timestamp: 25.094, Value: 184.45
q[44] -- Timestamp: 25.313, Value: 188.95
q[45] -- Timestamp: 25.515, Value: 194.8
q[46] -- Timestamp: 25.718, Value: 199.3
q[47] -- Timestamp: 25.921, Value: 204.56
q[48] -- Timestamp: 26.126, Value: 209.06
q[49] -- Timestamp: 26.344, Value: 214.61
q[50] -- Timestamp: 26.546, Value: 219.42
q[51] -- Timestamp: 26.75, Value: 224.22
q[52] -- Timestamp: 26.953, Value: 228.72
q[53] -- Timestamp: 27.156, Value: 233.52
q[54] -- Timestamp: 27.359, Value: 238.48
q[55] -- Timestamp: 27.569, Value: 243.28
q[56] -- Timestamp: 27.782, Value: 248.38
q[57] -- Timestamp: 27.984, Value: 253.18
q[58] -- Timestamp: 28.187, Value: 258.14
q[59] -- Timestamp: 28.39, Value: 263.24
q[60] -- Timestamp: 28.593, Value: 267.29
q[61] -- Timestamp: 28.797, Value: 272.54
q[62] -- Timestamp: 28.999, Value: 277.35
q[63] -- Timestamp: 29.219, Value: 282.15
q[64] -- Timestamp: 29.422, Value: 287.55
q[65] -- Timestamp: 29.624, Value: 292.35
q[66] -- Timestamp: 29.827, Value: 297.16
q[67] -- Timestamp: 30.031, Value: 297.76

Fall, Zeitreihe 2:

c[0] -- Timestamp: 0.0, Value: 3.9
c[1] -- Timestamp: 0.221, Value: 0.0

c[2] -- Timestamp: 0.642, Value: 4.2
c[3] -- Timestamp: 11.486, Value: 0.0
c[4] -- Timestamp: 16.003, Value: 0.45
c[5] -- Timestamp: 16.204, Value: 6.15
c[6] -- Timestamp: 16.407, Value: 11.56
c[7] -- Timestamp: 16.611, Value: 17.41
c[8] -- Timestamp: 16.829, Value: 22.81
c[9] -- Timestamp: 17.032, Value: 28.06
c[10] -- Timestamp: 17.235, Value: 33.92
c[11] -- Timestamp: 17.439, Value: 39.32
c[12] -- Timestamp: 17.641, Value: 44.72
c[13] -- Timestamp: 17.844, Value: 49.68
c[14] -- Timestamp: 18.048, Value: 54.93
c[15] -- Timestamp: 18.251, Value: 60.33
c[16] -- Timestamp: 18.453, Value: 65.73
c[17] -- Timestamp: 18.658, Value: 71.14
c[18] -- Timestamp: 18.876, Value: 77.44
c[19] -- Timestamp: 19.08, Value: 82.84
c[20] -- Timestamp: 19.282, Value: 87.8
c[21] -- Timestamp: 19.486, Value: 93.5
c[22] -- Timestamp: 19.688, Value: 98.9
c[23] -- Timestamp: 19.891, Value: 103.85
c[24] -- Timestamp: 20.094, Value: 109.26
c[25] -- Timestamp: 20.3, Value: 114.66
c[26] -- Timestamp: 20.517, Value: 120.51
c[27] -- Timestamp: 20.721, Value: 126.37
c[28] -- Timestamp: 20.94, Value: 132.22
c[29] -- Timestamp: 21.143, Value: 137.62
c[30] -- Timestamp: 21.36, Value: 143.48
c[31] -- Timestamp: 21.563, Value: 148.73
c[32] -- Timestamp: 21.767, Value: 153.83
c[33] -- Timestamp: 21.971, Value: 159.23

c[34] -- Timestamp: 22.197, Value: 165.39
c[35] -- Timestamp: 22.407, Value: 171.24
c[36] -- Timestamp: 22.612, Value: 176.64
c[37] -- Timestamp: 22.814, Value: 182.05
c[38] -- Timestamp: 23.036, Value: 187.45
c[39] -- Timestamp: 23.255, Value: 193.3
c[40] -- Timestamp: 23.471, Value: 199.15
c[41] -- Timestamp: 23.69, Value: 205.46
c[42] -- Timestamp: 23.891, Value: 210.86
c[43] -- Timestamp: 24.095, Value: 216.26
c[44] -- Timestamp: 24.298, Value: 221.67
c[45] -- Timestamp: 24.501, Value: 227.07
c[46] -- Timestamp: 24.704, Value: 232.47
c[47] -- Timestamp: 24.91, Value: 237.88
c[48] -- Timestamp: 25.126, Value: 243.43
c[49] -- Timestamp: 25.329, Value: 248.83
c[50] -- Timestamp: 25.532, Value: 254.68
c[51] -- Timestamp: 25.735, Value: 259.64
c[52] -- Timestamp: 25.938, Value: 265.49
c[53] -- Timestamp: 26.142, Value: 270.44
c[54] -- Timestamp: 26.345, Value: 275.85
c[55] -- Timestamp: 26.548, Value: 281.7
c[56] -- Timestamp: 26.751, Value: 286.95
c[57] -- Timestamp: 26.957, Value: 292.05
c[58] -- Timestamp: 27.173, Value: 295.51

DTW-Pfad:

q[0] -- Timestamp: 0.0, Value: 3.15 : c[0] -- Timestamp: 0.0, Value: 3.9
q[1] -- Timestamp: 0.203, Value: 0.0 : c[1] -- Timestamp: 0.221, Value: 0.0
q[2] -- Timestamp: 0.406, Value: 0.45 : c[1] -- Timestamp: 0.221, Value: 0.0
q[3] -- Timestamp: 0.609, Value: 3.15 : c[2] -- Timestamp: 0.642, Value: 4.2
q[4] -- Timestamp: 12.469, Value: 0.0 : c[3] -- Timestamp: 11.486, Value: 0.0
q[5] -- Timestamp: 17.345, Value: 0.3 : c[4] -- Timestamp: 16.003, Value: 0.45

q[6] -- Timestamp: 17.563, Value: 5.4 : c[5] -- Timestamp: 16.204, Value: 6.15
q[7] -- Timestamp: 17.765, Value: 10.36 : c[6] -- Timestamp: 16.407, Value: 11.56
q[8] -- Timestamp: 17.969, Value: 15.16 : c[7] -- Timestamp: 16.611, Value: 17.41
q[9] -- Timestamp: 18.171, Value: 19.66 : c[7] -- Timestamp: 16.611, Value: 17.41
q[10] -- Timestamp: 18.375, Value: 24.91 : c[8] -- Timestamp: 16.829, Value: 22.81
q[11] -- Timestamp: 18.578, Value: 29.42 : c[9] -- Timestamp: 17.032, Value: 28.06
q[12] -- Timestamp: 18.781, Value: 34.52 : c[10] -- Timestamp: 17.235, Value: 33.92
q[13] -- Timestamp: 18.984, Value: 39.47 : c[11] -- Timestamp: 17.439, Value: 39.32
q[14] -- Timestamp: 19.186, Value: 44.27 : c[12] -- Timestamp: 17.641, Value: 44.72
q[15] -- Timestamp: 19.389, Value: 49.08 : c[13] -- Timestamp: 17.844, Value: 49.68
q[16] -- Timestamp: 19.599, Value: 54.03 : c[14] -- Timestamp: 18.048, Value: 54.93
q[17] -- Timestamp: 19.797, Value: 58.83 : c[15] -- Timestamp: 18.251, Value: 60.33
q[18] -- Timestamp: 19.999, Value: 63.63 : c[16] -- Timestamp: 18.453, Value: 65.73
q[19] -- Timestamp: 20.202, Value: 68.59 : c[17] -- Timestamp: 18.658, Value: 71.14
q[20] -- Timestamp: 20.406, Value: 72.94 : c[17] -- Timestamp: 18.658, Value: 71.14
q[21] -- Timestamp: 20.625, Value: 78.64 : c[18] -- Timestamp: 18.876, Value: 77.44
q[22] -- Timestamp: 20.828, Value: 83.44 : c[19] -- Timestamp: 19.08, Value: 82.84
q[23] -- Timestamp: 21.031, Value: 88.25 : c[20] -- Timestamp: 19.282, Value: 87.8
q[24] -- Timestamp: 21.234, Value: 93.05 : c[21] -- Timestamp: 19.486, Value: 93.5
q[25] -- Timestamp: 21.437, Value: 98.0 : c[22] -- Timestamp: 19.688, Value: 98.9
q[26] -- Timestamp: 21.64, Value: 102.5 : c[23] -- Timestamp: 19.891, Value: 103.85
q[27] -- Timestamp: 21.844, Value: 107.61 : c[24] -- Timestamp: 20.094, Value: 109.26
q[28] -- Timestamp: 22.047, Value: 112.41 : c[25] -- Timestamp: 20.3, Value: 114.66
q[29] -- Timestamp: 22.25, Value: 117.36 : c[25] -- Timestamp: 20.3, Value: 114.66
q[30] -- Timestamp: 22.453, Value: 122.16 : c[26] -- Timestamp: 20.517, Value: 120.51
q[31] -- Timestamp: 22.657, Value: 126.67 : c[27] -- Timestamp: 20.721, Value: 126.37
q[32] -- Timestamp: 22.859, Value: 131.77 : c[28] -- Timestamp: 20.94, Value: 132.22
q[33] -- Timestamp: 23.062, Value: 136.27 : c[29] -- Timestamp: 21.143, Value: 137.62
q[34] -- Timestamp: 23.265, Value: 141.37 : c[30] -- Timestamp: 21.36, Value: 143.48
q[35] -- Timestamp: 23.469, Value: 145.88 : c[30] -- Timestamp: 21.36, Value: 143.48
q[36] -- Timestamp: 23.671, Value: 151.13 : c[31] -- Timestamp: 21.563, Value: 148.73
q[37] -- Timestamp: 23.874, Value: 155.48 : c[32] -- Timestamp: 21.767, Value: 153.83

q[38] -- Timestamp: 24.077, Value: 159.98 : c[33] -- Timestamp: 21.971, Value: 159.23
q[39] -- Timestamp: 24.281, Value: 165.24 : c[34] -- Timestamp: 22.197, Value: 165.39
q[40] -- Timestamp: 24.484, Value: 170.34 : c[35] -- Timestamp: 22.407, Value: 171.24
q[41] -- Timestamp: 24.687, Value: 174.84 : c[36] -- Timestamp: 22.612, Value: 176.64
q[42] -- Timestamp: 24.891, Value: 179.94 : c[37] -- Timestamp: 22.814, Value: 182.05
q[43] -- Timestamp: 25.094, Value: 184.45 : c[37] -- Timestamp: 22.814, Value: 182.05
q[44] -- Timestamp: 25.313, Value: 188.95 : c[38] -- Timestamp: 23.036, Value: 187.45
q[45] -- Timestamp: 25.515, Value: 194.8 : c[39] -- Timestamp: 23.255, Value: 193.3
q[46] -- Timestamp: 25.718, Value: 199.3 : c[40] -- Timestamp: 23.471, Value: 199.15
q[47] -- Timestamp: 25.921, Value: 204.56 : c[41] -- Timestamp: 23.69, Value: 205.46
q[48] -- Timestamp: 26.126, Value: 209.06 : c[42] -- Timestamp: 23.891, Value: 210.86
q[49] -- Timestamp: 26.344, Value: 214.61 : c[43] -- Timestamp: 24.095, Value: 216.26
q[50] -- Timestamp: 26.546, Value: 219.42 : c[44] -- Timestamp: 24.298, Value: 221.67
q[51] -- Timestamp: 26.75, Value: 224.22 : c[44] -- Timestamp: 24.298, Value: 221.67
q[52] -- Timestamp: 26.953, Value: 228.72 : c[45] -- Timestamp: 24.501, Value: 227.07
q[53] -- Timestamp: 27.156, Value: 233.52 : c[46] -- Timestamp: 24.704, Value: 232.47
q[54] -- Timestamp: 27.359, Value: 238.48 : c[47] -- Timestamp: 24.91, Value: 237.88
q[55] -- Timestamp: 27.569, Value: 243.28 : c[48] -- Timestamp: 25.126, Value: 243.43
q[56] -- Timestamp: 27.782, Value: 248.38 : c[49] -- Timestamp: 25.329, Value: 248.83
q[57] -- Timestamp: 27.984, Value: 253.18 : c[50] -- Timestamp: 25.532, Value: 254.68
q[58] -- Timestamp: 28.187, Value: 258.14 : c[51] -- Timestamp: 25.735, Value: 259.64
q[59] -- Timestamp: 28.39, Value: 263.24 : c[52] -- Timestamp: 25.938, Value: 265.49
q[60] -- Timestamp: 28.593, Value: 267.29 : c[52] -- Timestamp: 25.938, Value: 265.49
q[61] -- Timestamp: 28.797, Value: 272.54 : c[53] -- Timestamp: 26.142, Value: 270.44
q[62] -- Timestamp: 28.999, Value: 277.35 : c[54] -- Timestamp: 26.345, Value: 275.85
q[63] -- Timestamp: 29.219, Value: 282.15 : c[55] -- Timestamp: 26.548, Value: 281.7
q[64] -- Timestamp: 29.422, Value: 287.55 : c[56] -- Timestamp: 26.751, Value: 286.95
q[65] -- Timestamp: 29.624, Value: 292.35 : c[57] -- Timestamp: 26.957, Value: 292.05
q[66] -- Timestamp: 29.827, Value: 297.16 : c[58] -- Timestamp: 27.173, Value: 295.51
q[67] -- Timestamp: 30.031, Value: 297.76 : c[58] -- Timestamp: 27.173, Value: 295.51

DTW Ähnlichkeitsmaß: 0.9874616929133857

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 Schritart. 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 Ergebnis, 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.