ANALYSE VON UMKEHRPUNKTEN AUF GPS-TRAJEKTORIEN UNTER VERWENDUNG DER FRÉCHET-DISTANZ

Kolloquium zur Bachelorarbeit

Lukas Beckmann

September 27, 2015

Lehrstuhl für Informatik I: Effiziente Algorithmen und wissensbasierte Systeme

ÜBERSICHT

EINFÜHRUNG

WARUM?

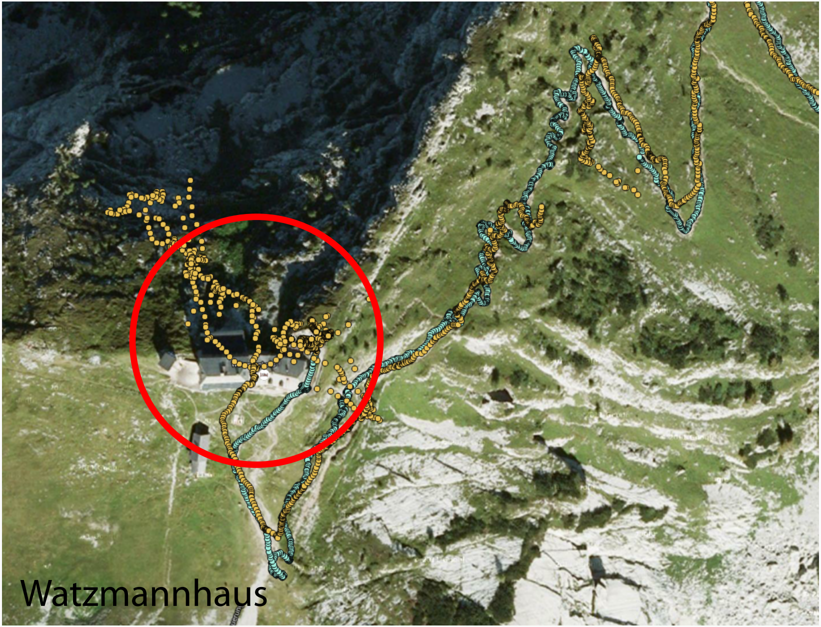
1. Tourismusforschung

WARUM?

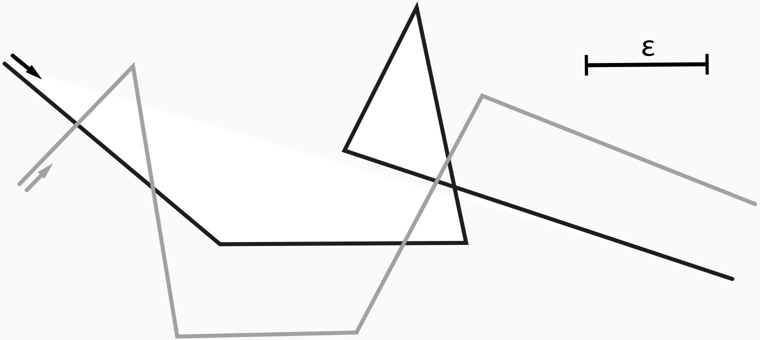
1. Tourismusforschung
2. Interesting-Point-Verfahren

INTERESTING-POINTS

INTERESTING-POINTS



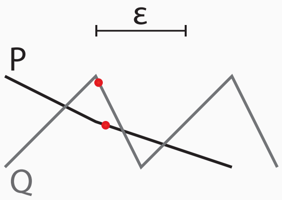
THEORETISCHE GRUNDLAGEN

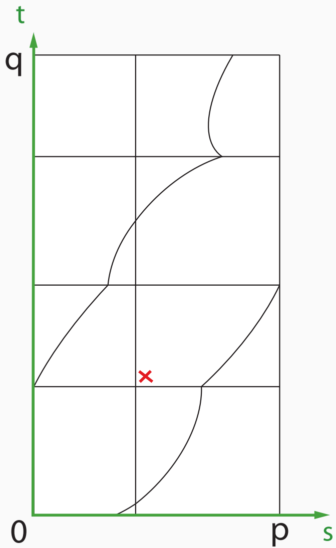

ε

Freiraum nach Alt und Godau

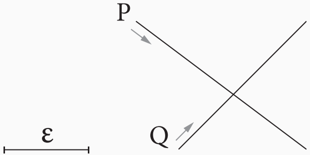
$$F_\varepsilon := \{(s,t) \in [0,p] \times [0,q] \mid d(P(s),Q(t)) \leq \varepsilon\}$$

FREIRAUM-DIAGRAMM

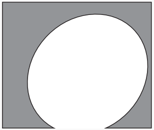




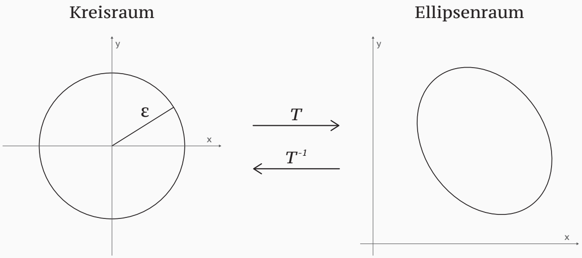
FREIRAUM-DIAGRAMM FÜR ZWEI STRECKEN P UND Q



(a) die Strecken P und Q



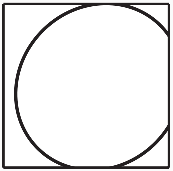
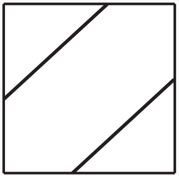
(b) Freiraum-Diagramm zu (a)



Affine Transformation: $T(x) = A_T(x) + t_T$
Rücktransformation: $T^{-1}(x) = A_T^{-1} \cdot (x - t_T)$.

$$A_T = \begin{pmatrix} -(B_x - A_x) & D_x - C_x \\ -(B_y - A_y) & D_y - C_y \end{pmatrix}$$

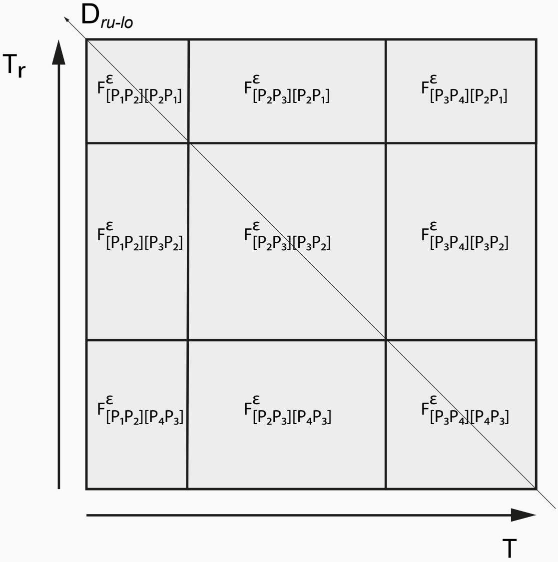
Falls $[AB] \parallel [CD]$, dann $P \parallel Q$ und A_T^{-1} nicht berechenbar.

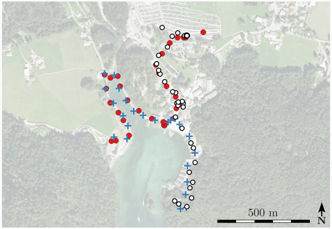
Ellipsenzelle	Parallelenzelle
P,Q sind nicht parallele Strecken.	P,Q sind parallele Strecken.
T^{-1} ist berechenbar.	T^{-1} nicht berechenbar.
Freiraum-Diagramm ist der Schnitt zwischen einer Ellipse und einem Rechteck:	Freiraum-Diagramm ist der Schnitt zwischen zwei parallelen Geraden und einem Rechteck:
	

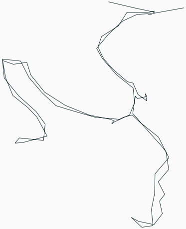
$$T = [P_1 P_2] \cup [P_2 P_3] \cup \ldots \cup [P_{n-1} P_n]$$

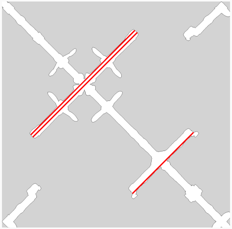
$$T_r = [P_n P_{n-1}] \cup [P_{n-1} P_{n-2}] \cup \ldots \cup [P_2 P_1]$$

KONSTRUKTION



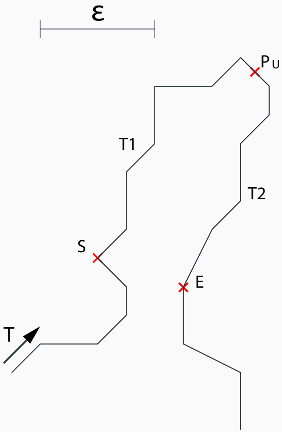

500 m
N

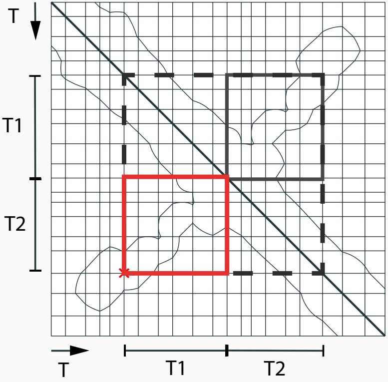




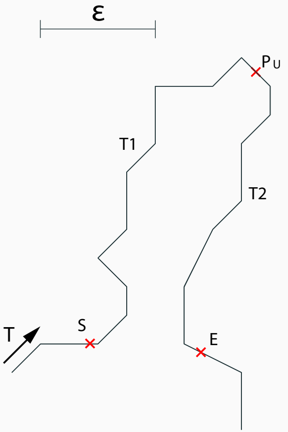
KRITERIEN FÜR UMKEHRPUNKTE

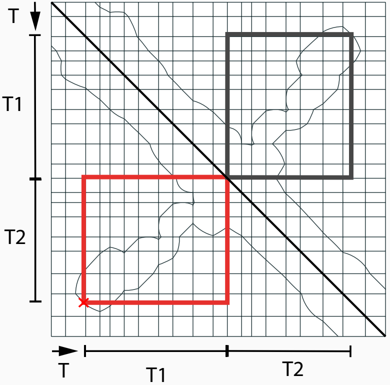
ÄHNLICHKEIT DER POLYLINE IN DER NÄHE DES UMKEHRPUNKTES



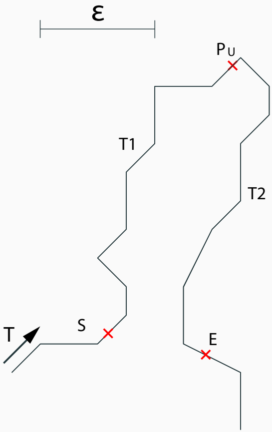


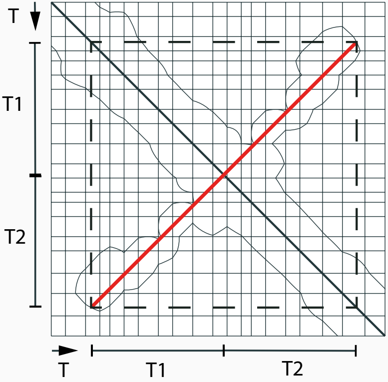
MAXIMALE INTERVALLE



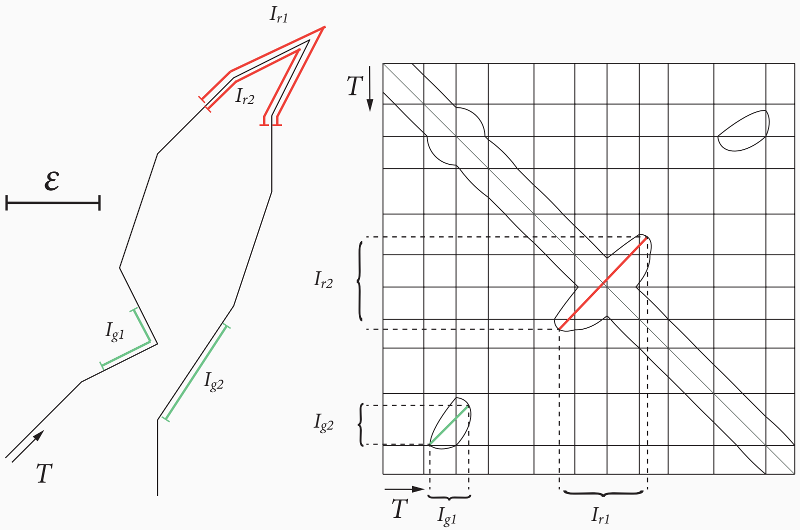


GLEICHLANGE INTERVALLHÄLFTEN

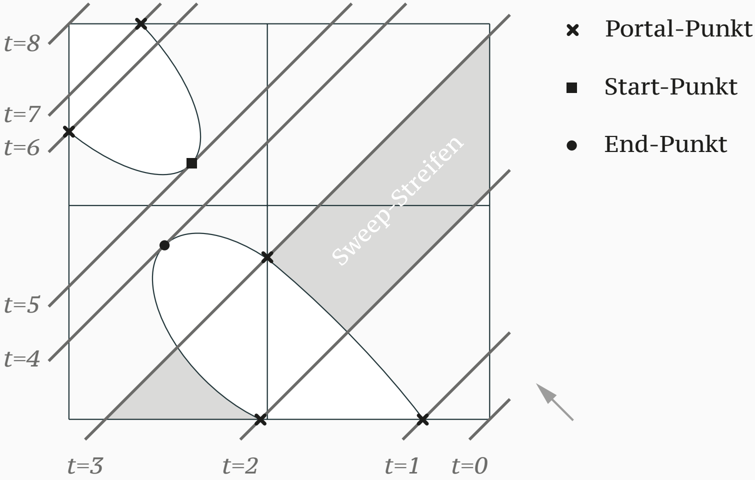


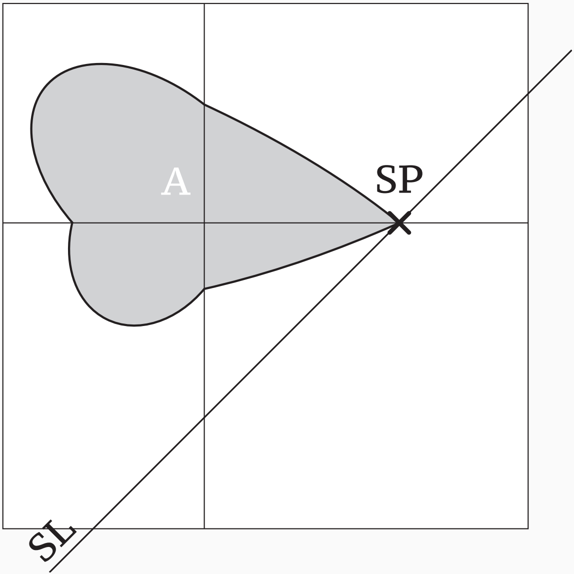


UMKEHRINTERVALLE UND UMKEHRPUNKTE

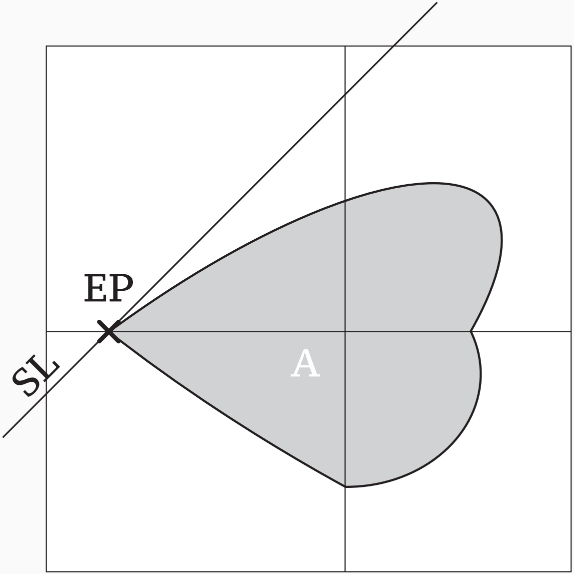


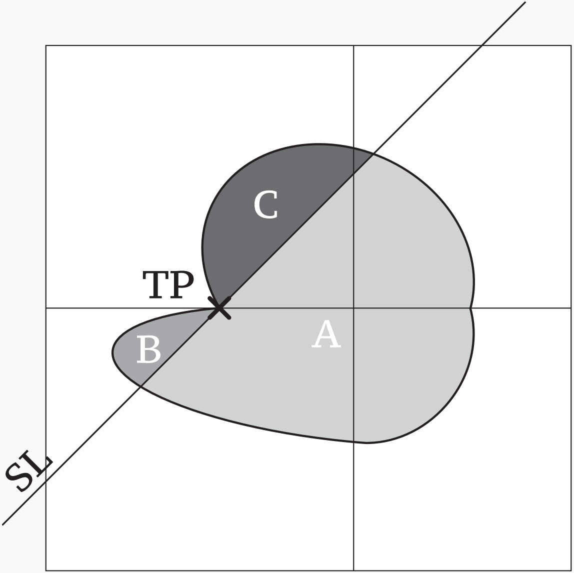
BERECHNUNG DER UMKEHRPUNKTE


t=8
t=7
t=6
t=5
t=4
t=3
t=2
t=1
t=0
Sweep-Streifen
Portal-Punkt
Start-Punkt
End-Punkt

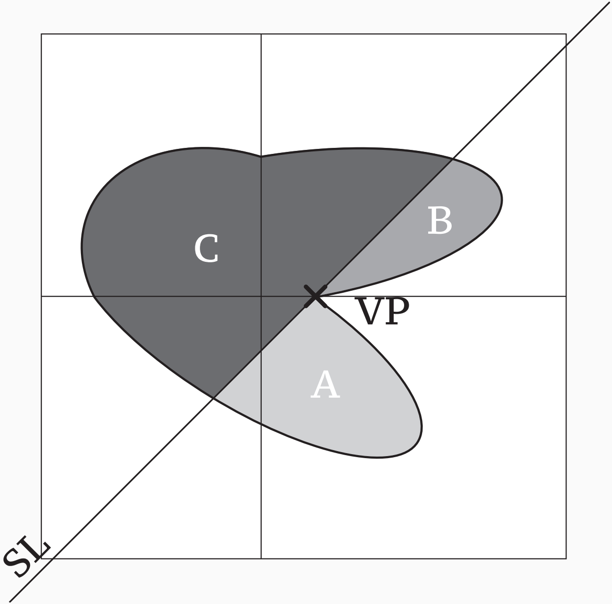

A
SP
SL

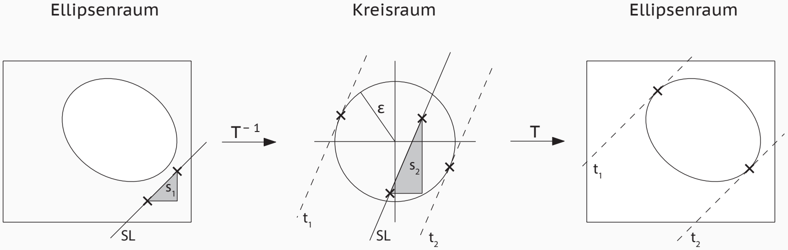
ENDPUNKT



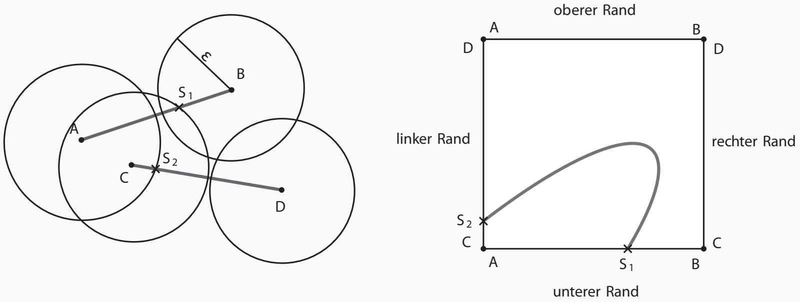

C
TP
A
B
SL

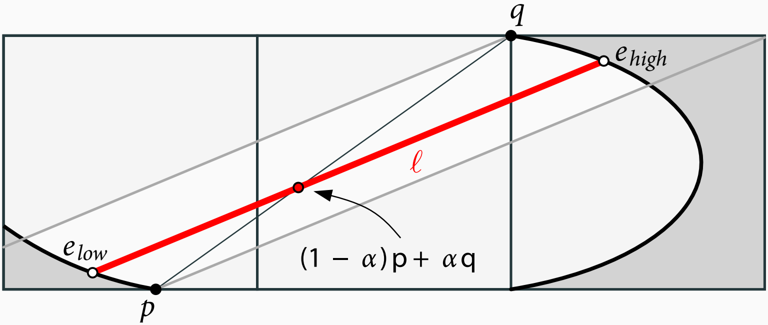
MERGE



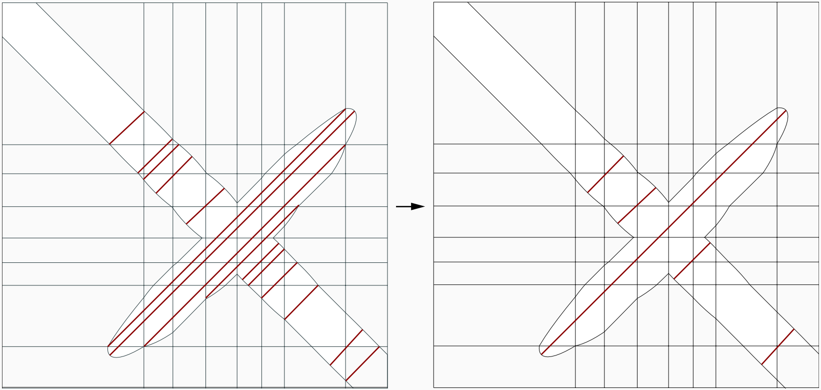

Ellipsenraum
Kreisraum
Ellipsenraum
s1
SL
T − 1
ε
s2
t1
SL
t2
T
t1
t2

BERECHNUNG DER KRITISCHEN PUNKTE




q
e_{high}
ℓ
e_{low}
$(1-\alpha)p + \alpha q$
p

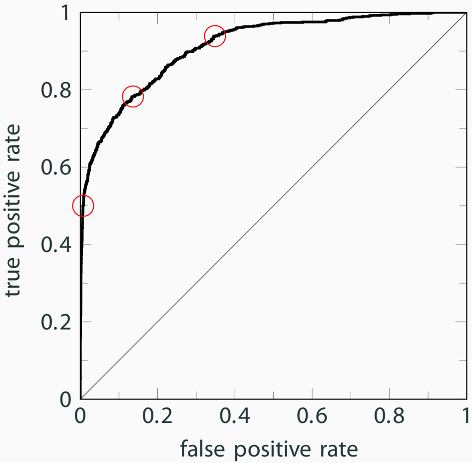
BERECHNUNG DER MAXIMALEN STRECKEN



FALLSTUDIE

QUALITÄT DER UMKEHRINTERVALLE

- true positive: Ein Intervall enthält einen echten Umkehrpunkt und wird auch als ein solches erkannt.
- false positive: Ein Intervall enthält keinen echten Umkehrpunkt, wird aber als ein solches erkannt.
- false negative: Es existiert ein echter Umkehrpunkt, aber es wird kein Intervall gefunden, das diesen abdeckt.



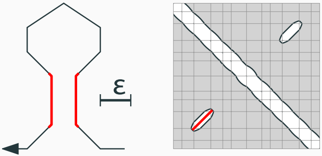
$\text{AUC} = 0.914$

QUALITÄT DER UMKEHRINTERVALLE

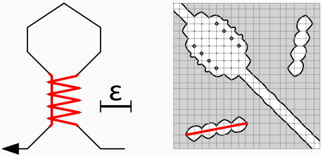
τ	Trefferquote	Genauigkeit	F_1 Score	Distanz (median)
1.13	0.94	0.73	0.82	50.2m
1.55	0.78	0.85	0.82	55.0m
4.12	0.50	0.99	0.66	63.2m

FAZIT UND AUSBLICK

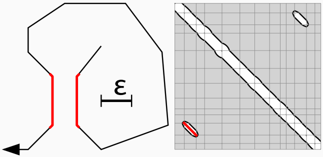
FAZIT



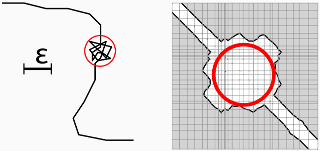
(a)



(c)



(b)



(d)

DEFINITION FRÉCHET-DISTANZ

- $P : [0, 1] \to \mathbb{R}$ und $Q : [0, 1] \to \mathbb{R}$ zwei beliebige Kurven

- $P : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}$ und $Q : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}$ zwei beliebige Kurven
- $\alpha : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, $\beta : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ mit $\alpha(0) = \beta(0) = 0$ und $\alpha(1) = \beta(1) = 1$ die zugehörigen monoton steigenden, stetigen Parametrisierungsfunktionen von P und Q

Definition Fréchet-Distanz

- $P : [0,1] \to \mathbb{R}$ und $Q : [0,1] \to \mathbb{R}$ zwei beliebige Kurven
- $\alpha : [0,1] \to [0,1]$, $\beta : [0,1] \to [0,1]$ mit $\alpha(0) = \beta(0) = 0$ und $\alpha(1) = \beta(1) = 1$ die zugehörigen monoton steigenden, stetigen Parametrisierungsfunktionen von P und Q
- d ist die euklidischen Distanzfunktion

- $P : [0,1] \to \mathbb{R}$ und $Q : [0,1] \to \mathbb{R}$ zwei beliebige Kurven
- $\alpha : [0,1] \to [0,1]$, $\beta : [0,1] \to [0,1]$ mit $\alpha(0) = \beta(0) = 0$ und $\alpha(1) = \beta(1) = 1$ die zugehörigen monoton steigenden, stetigen Parametrisierungsfunktionen von P und Q
- d ist die euklidischen Distanzfunktion

$$\delta_F(P, Q) := \inf_{\alpha,\beta} \max_{t \in [0,1]} \{d(P(\alpha(t)), Q(\beta(t)))\}$$

AFFINE TRANSFORMATION

$$F_\varepsilon := \{(s,t) \in [0,p] \times [0,q] \mid d(P(s),Q(t)) \leq \varepsilon\}$$

$$d(\overrightarrow{A} + s \cdot \overrightarrow{B-A}, \overrightarrow{C} + t \cdot \overrightarrow{D-C}) \leq \varepsilon$$

AFFINE TRANSFORMATION

$$F_\varepsilon := \{(s,t) \in [0,p] \times [0,q] \mid d(P(s),Q(t)) \leq \varepsilon\}$$

$$d(\vec{A} + s \cdot \overrightarrow{B - A}, \vec{C} + t \cdot \overrightarrow{D - C}) \leq \varepsilon$$

$$\left|(\vec{C} + t \cdot \overrightarrow{D - C}) - (\vec{A} + s \cdot \overrightarrow{B - A})\right| \leq \varepsilon$$

AFFINE TRANSFORMATION

$$F_\varepsilon := \{(s,t) \in [0,p] \times [0,q] \mid d(P(s), Q(t)) \leq \varepsilon\}$$

$$\begin{aligned}
d(\vec{A} + s \cdot \overrightarrow{B - A}, \vec{C} + t \cdot \overrightarrow{D - C}) &\leq \varepsilon \\
\left|(\vec{C} + t \cdot \overrightarrow{D - C}) - (\vec{A} + s \cdot \overrightarrow{B - A})\right| &\leq \varepsilon \\
\left|t \cdot \overrightarrow{D - C} - s \cdot \overrightarrow{B - A} + (\vec{C} - \vec{A})\right| &\leq \varepsilon
\end{aligned}$$

AFFINE TRANSFORMATION

$$F_\varepsilon := \{(s,t) \in [0,p] \times [0,q] \mid d(P(s), Q(t)) \leq \varepsilon\}$$

$$\begin{aligned}
d(\vec{A} + s \cdot \overrightarrow{B - A}, \vec{C} + t \cdot \overrightarrow{D - C}) &\leq \varepsilon \\
\left| (\vec{C} + t \cdot \overrightarrow{D - C}) - (\vec{A} + s \cdot \overrightarrow{B - A}) \right| &\leq \varepsilon \\
\left| t \cdot \overrightarrow{D - C} - s \cdot \overrightarrow{B - A} + (\vec{C} - \vec{A}) \right| &\leq \varepsilon \\
\left| \begin{pmatrix} t \cdot (D_x - C_x) - s \cdot (B_x - A_x) \\ t \cdot (D_y - C_y) - s \cdot (B_y - A_y) \end{pmatrix} + (\vec{C} - \vec{A}) \right| &\leq \varepsilon
\end{aligned}$$

AFFINE TRANSFORMATION

$$F_\varepsilon := \{(s,t) \in [0,p] \times [0,q] \mid d(P(s), Q(t)) \le \varepsilon\}$$

$$d(\vec{A} + s \cdot \overrightarrow{B - A}, \vec{C} + t \cdot \overrightarrow{D - C}) \le \varepsilon$$

$$\left| (\vec{C} + t \cdot \overrightarrow{D - C}) - (\vec{A} + s \cdot \overrightarrow{B - A}) \right| \le \varepsilon$$

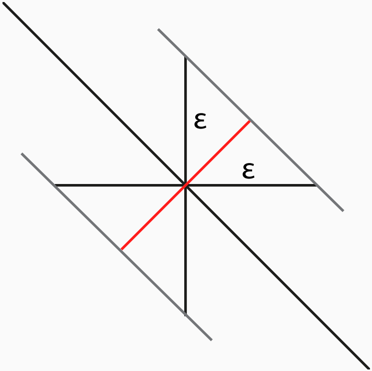
$$\left| t \cdot \overrightarrow{D - C} - s \cdot \overrightarrow{B - A} + (\vec{C} - \vec{A}) \right| \le \varepsilon$$

$$\left| \begin{pmatrix} t \cdot (D_x - C_x) - s \cdot (B_x - A_x) \\ t \cdot (D_y - C_y) - s \cdot (B_y - A_y) \end{pmatrix} + (\vec{C} - \vec{A}) \right| \le \varepsilon$$

$$\left| \underbrace{\begin{pmatrix} -(B_x - A_x) & D_x - C_x \\ -(B_y - A_y) & D_y - C_y \end{pmatrix}}_{A_T} \cdot \begin{pmatrix} s \\ t \end{pmatrix} + \underbrace{(\vec{C} - \vec{A})}_{t_T} \right| \le \varepsilon$$

$$\left| \underbrace{\begin{pmatrix} -(B_x - A_x) & D_x - C_x \\ -(B_y - A_y) & D_y - C_y \end{pmatrix}}_{A_T} \cdot \begin{pmatrix} s \\ t \end{pmatrix} + \underbrace{(\vec{C} - \vec{A})}_{t_T} \right| \leq \varepsilon$$

Wir wissen, dass $\left| \begin{pmatrix} s \\ t \end{pmatrix} \right| \leq \varepsilon$ ein Kreis mit Radius ε um den Ursprung ist. Mit Hilfe der affinen Transformation $T(x) = A_T(x) + t_T$ wird dieser Kreis transformiert.



-> Basislänge: $\sqrt{2}\varepsilon$

-> $\tau = 1.10$ bedeutet 10 % größer als die Basislänge