

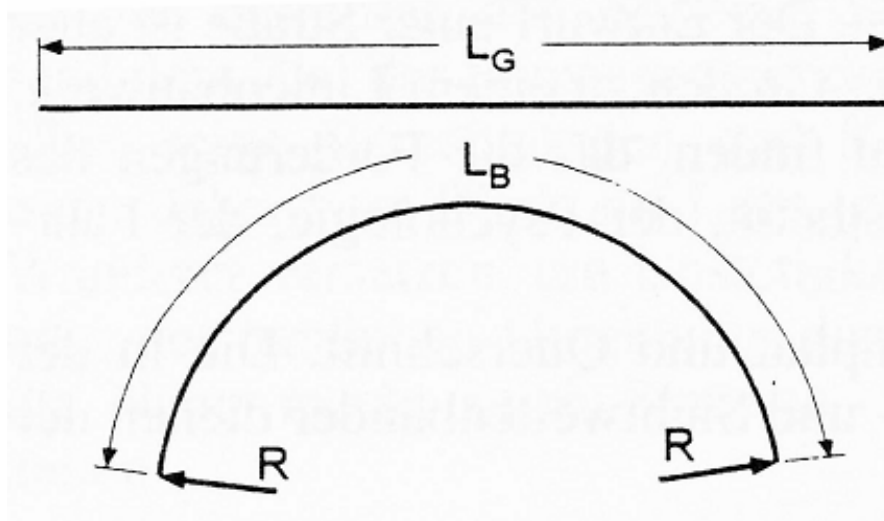
Prof. Dr.-Ing. Florian Schäfer

**PB 12-1: Planung und Entwurf von Straßen
(Verkehrswesen 1)
V03: Linienführung im Lageplan**

Wintersemester 2018/19

V03: Linienführung im Lageplan

1. Kreisbogen und Krümmungsband
2. Geometrie der Klothoide
3. Anwendung der Lageplanelemente für Autobahnen
4. Anwendung der Lageplanelemente für Landstraßen
5. Anwendung der Klothoidenlineale



Gerade

L_G = Länge der Geraden

Kreis

R = Radius des Kreises

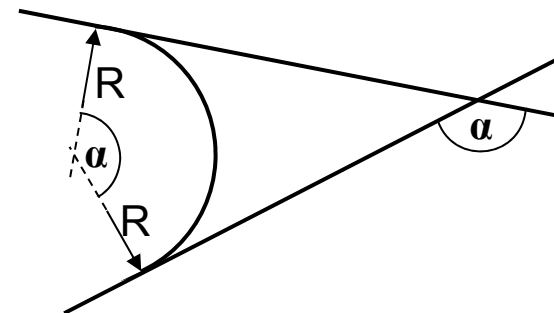
L_B = Länge des Kreisbogens

α = Winkel Richtungsänderung

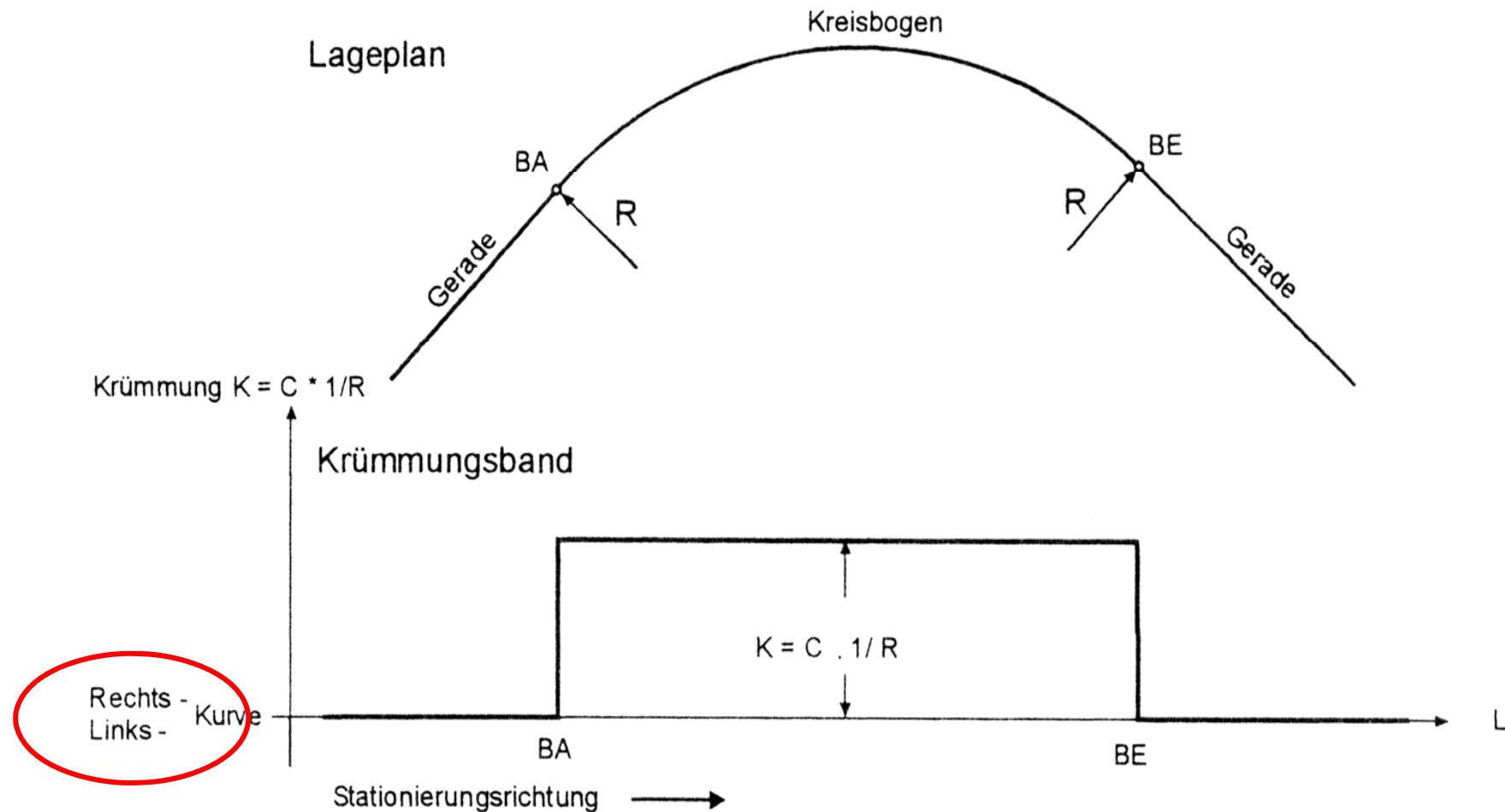
Länge des Kreisbogens:

$$L_B = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha [\text{gon}]}{200} = R \cdot \alpha [\text{rad}]$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot \arcsin\left(\frac{\text{Kreissehne}}{2 \cdot R}\right)$$

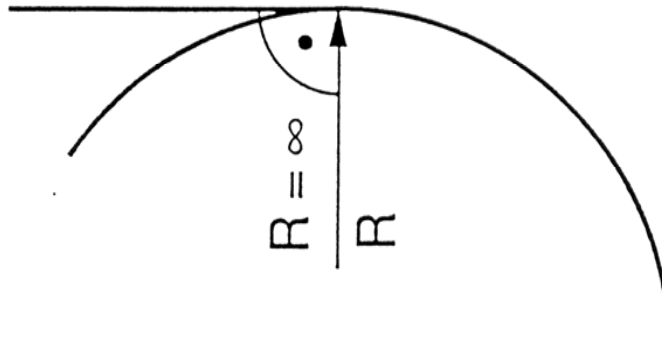


Darstellung im Krümmungsband



Elementfolge Gerade - Kreisbogen

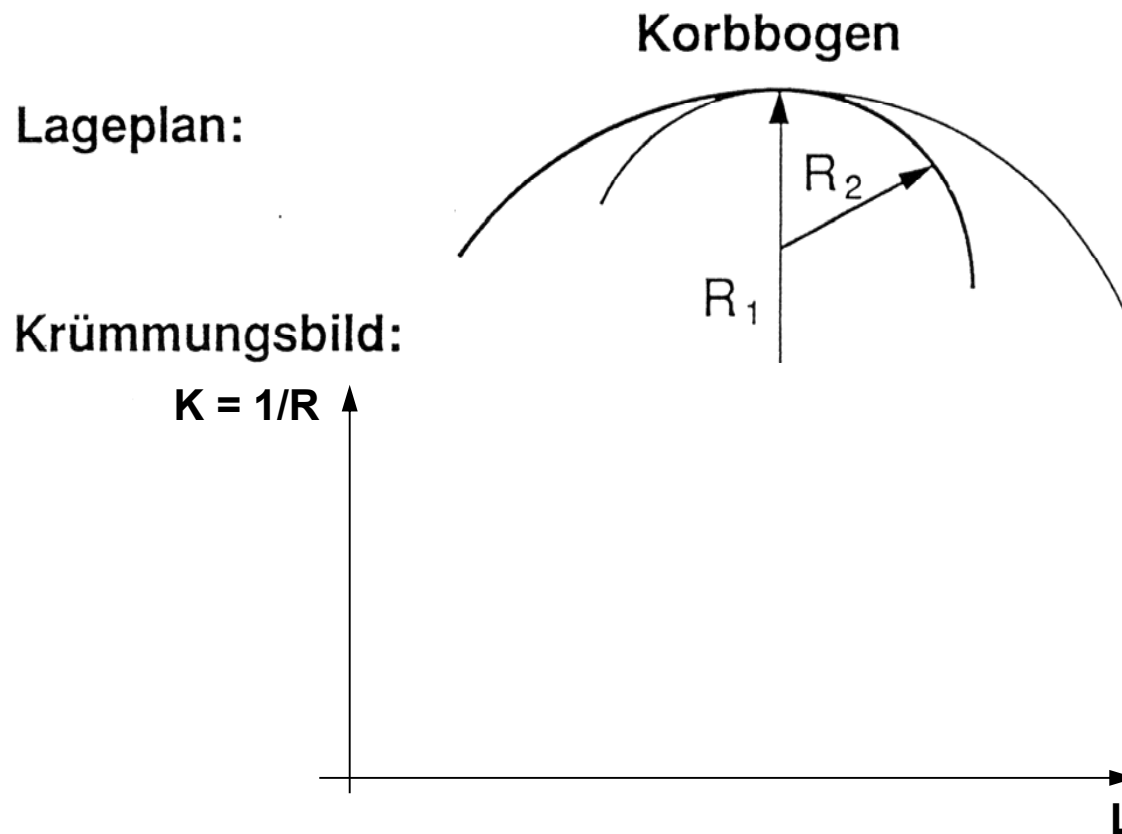
Lageplan:



Krümmungsbild:

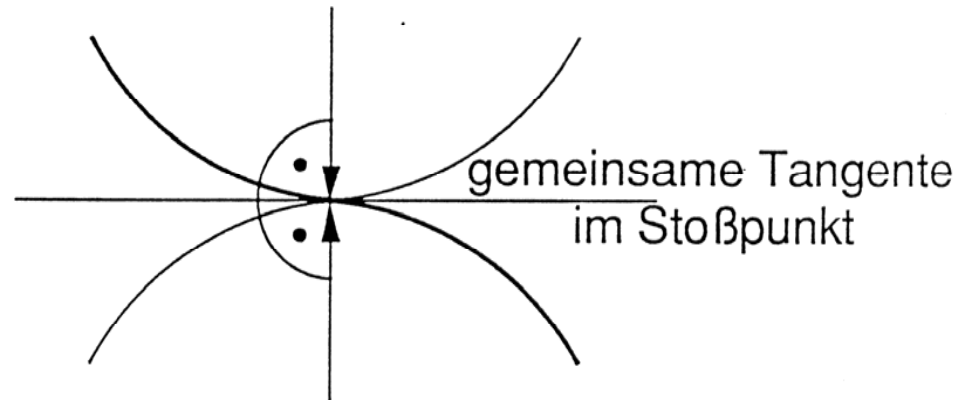


Kreisbögen mit gleichem Krümmungssinn (Korbbogen)



Kreisbögen mit entgegen gesetztem Krümmungssinn

Lageplan:

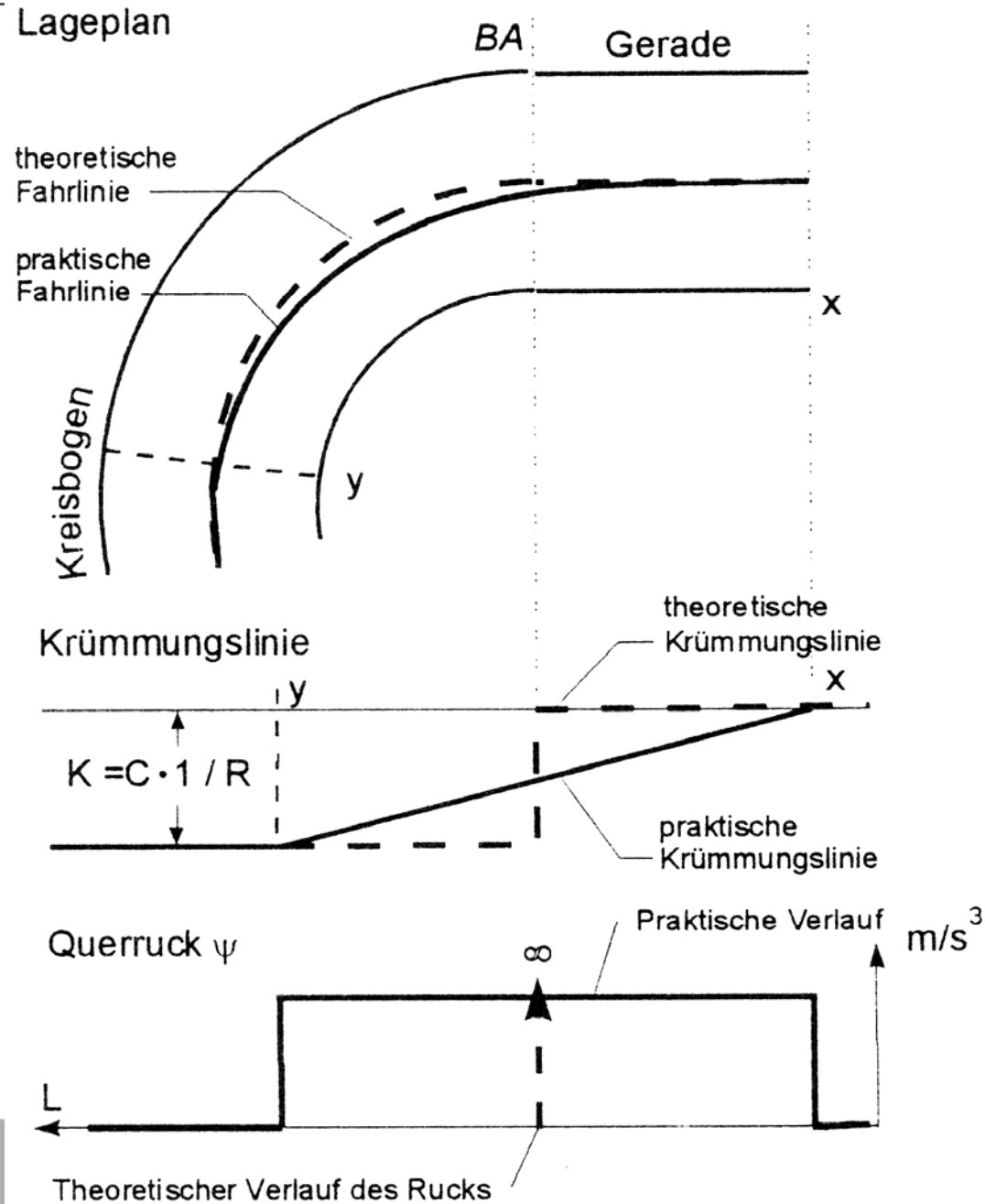


Krümmungsbild:

$$K = 1/R$$

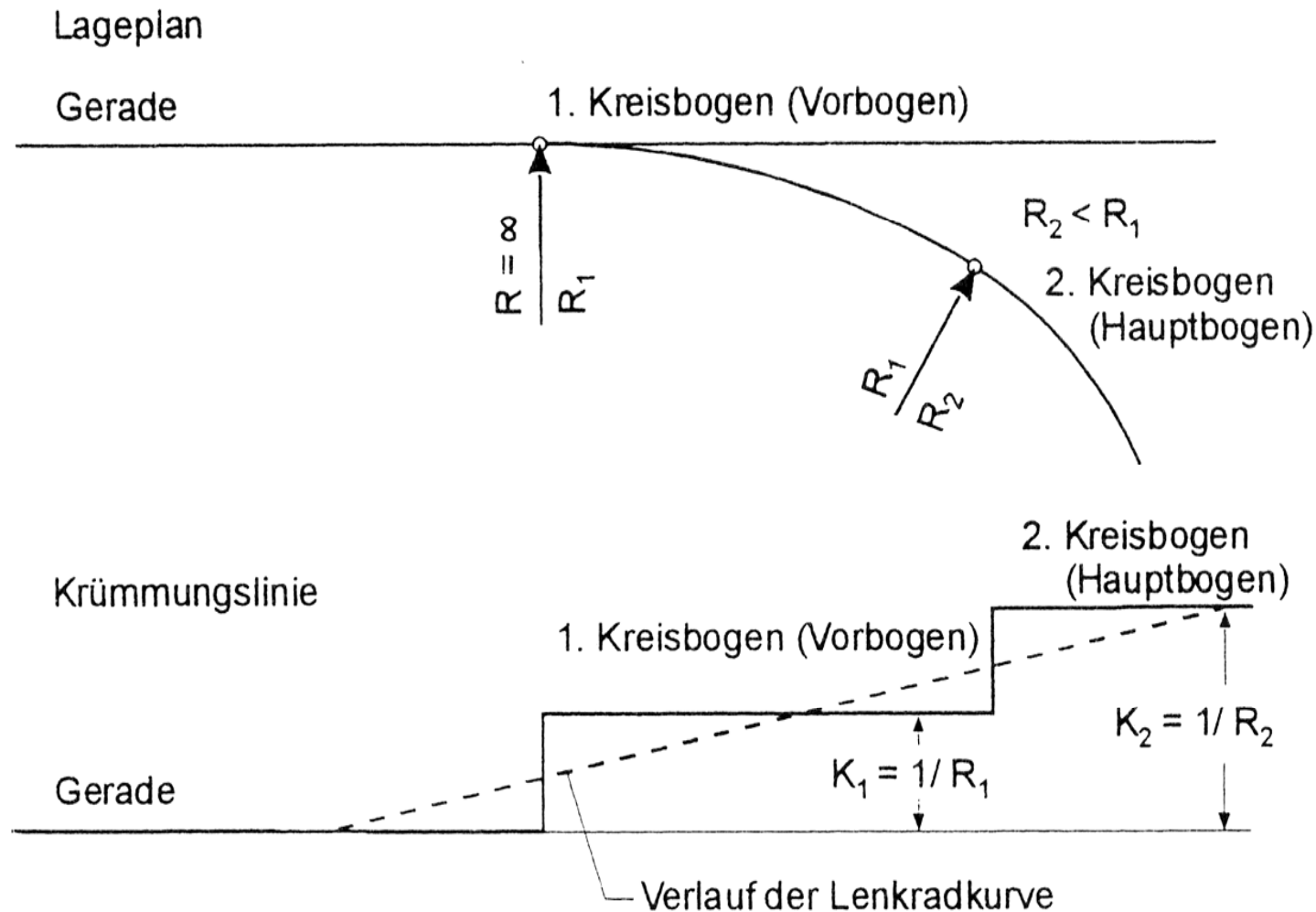


Praktische Fahrlinie





Zweiteiliger Korbbogen

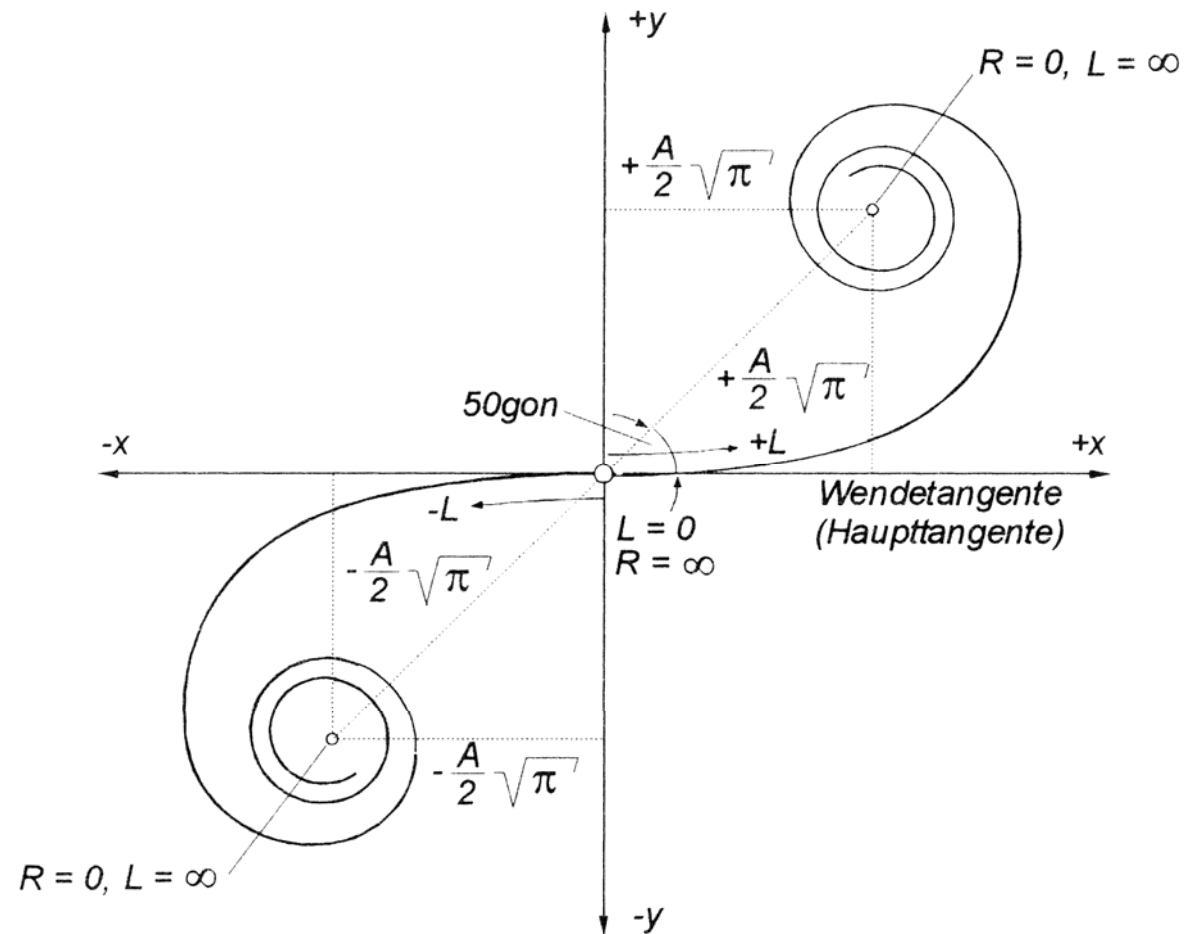


Klothoide als Übergangsbogen

Mathematische Funktion, bei der die Krümmung linear zunimmt.

$$X = \int_0^L \cos \frac{L^2}{2 \cdot R^2} dL$$

$$Y = \int_0^L \sin \frac{L^2}{2 \cdot R^2} dL$$

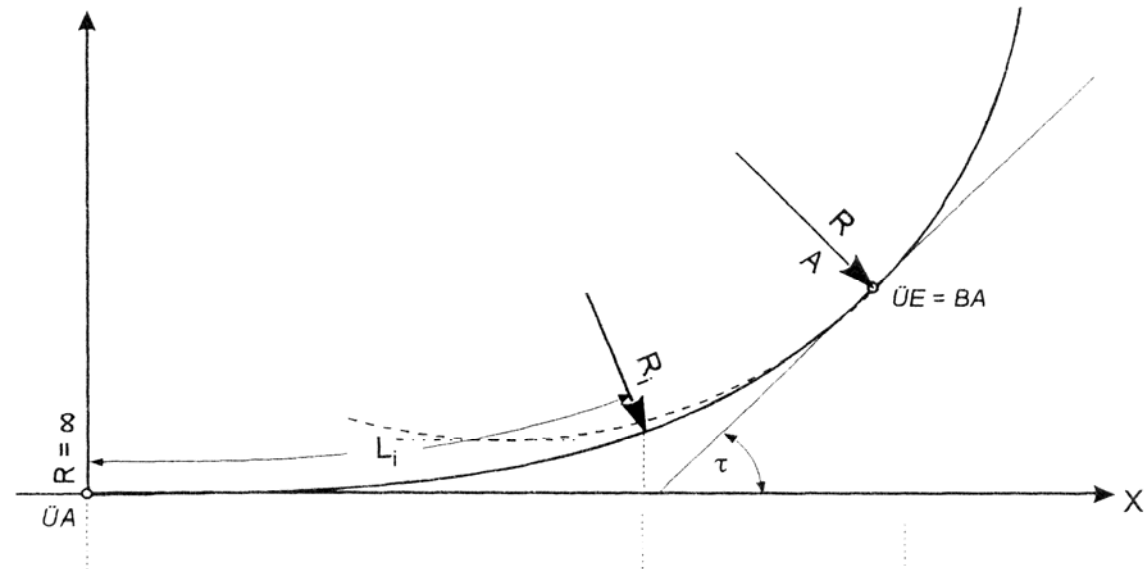




Lageplan und Krümmungslinie der Klothoide

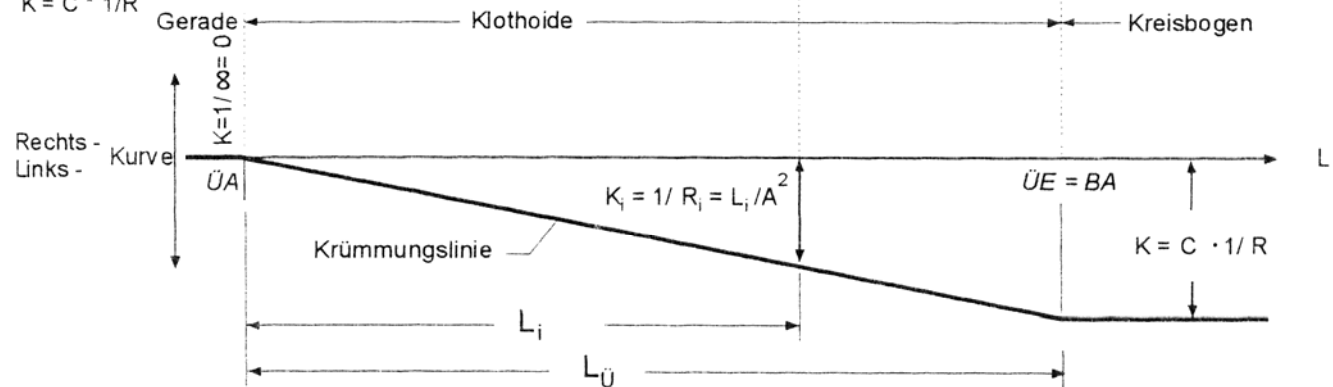
$$A^2 = R \times L$$

Lageplan



Krümmungsband

Krümmung
 $K = C \cdot 1/R$

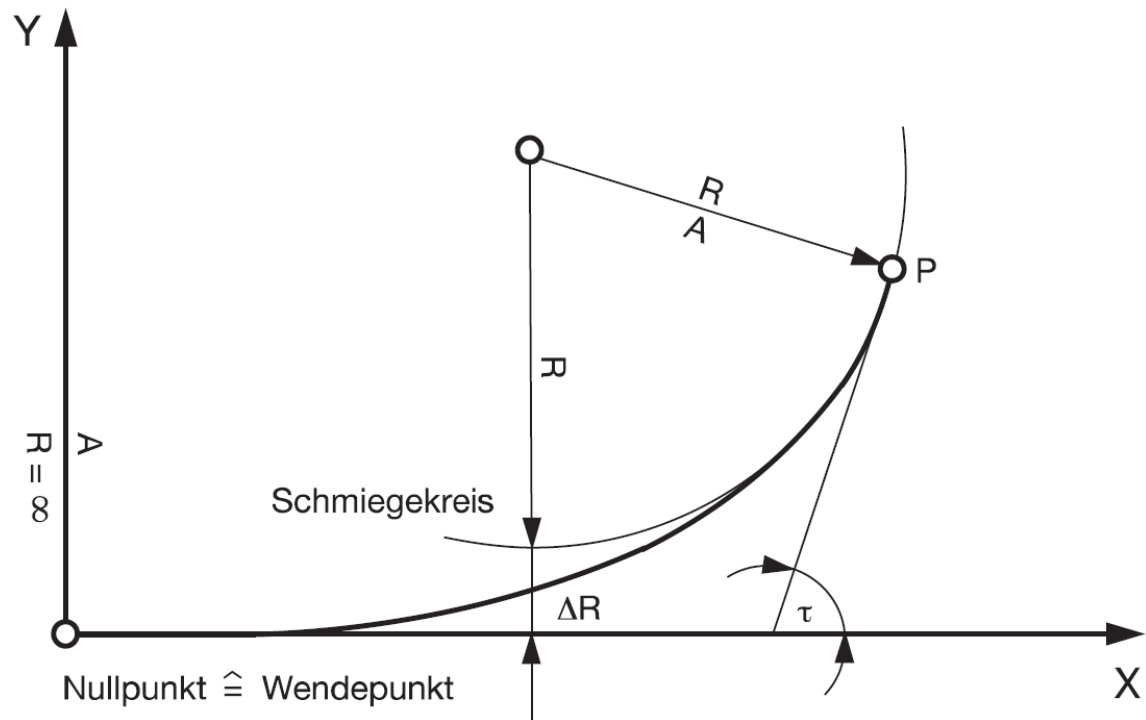


Geometrie der Klothoide

$$A^2 = R \times L$$

$$\tau = A^2 / 2 R^2 \text{ [rad]}$$

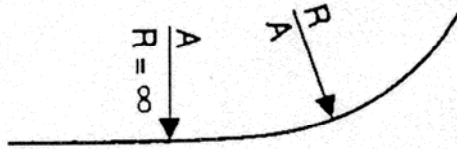
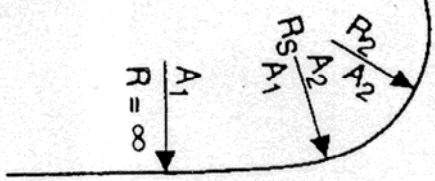
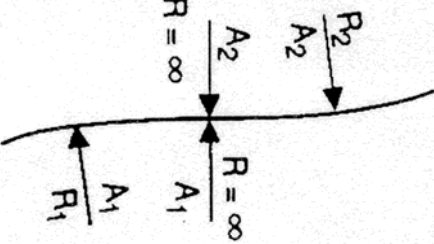
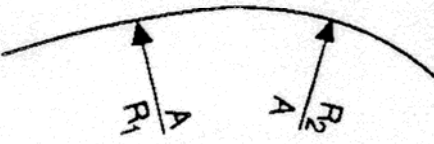
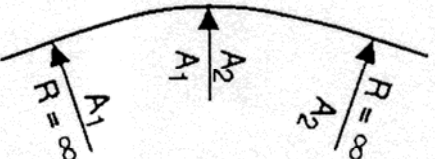
$$\Delta R \approx L^2 / 24 R \text{ [m]}$$



ΔR = Tangentenabrückung
(keine geschlossene Lösung möglich)

[nach RAA 2008]

Klothoide als Lageplan-element

Verbindung	gebräuchlich	zu vermeiden
Gerade mit Kreisbögen	<p>einfache Klothoide</p> 	<p>Korbklothoide</p> 
zwei Kreisbögen	<p>Wendeklothoide</p> 	
	<p>Eiklothoide</p> 	
zwei Geraden nur mit Übergangsbogen		<p>Scheitelklothoide</p> 

Wendeklothoide

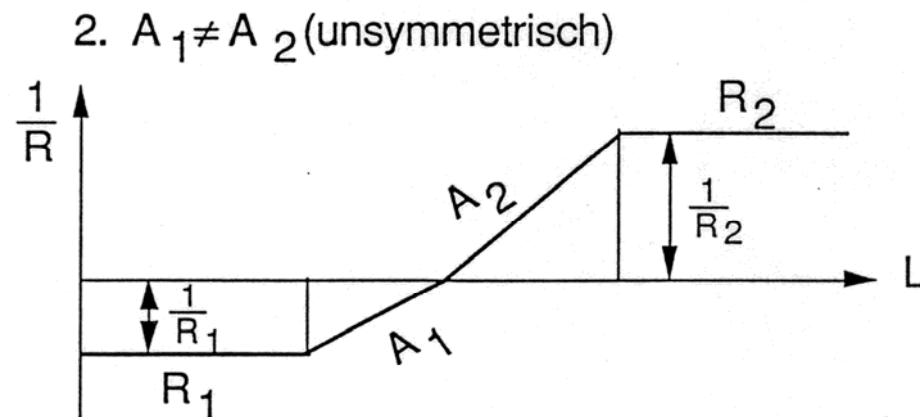
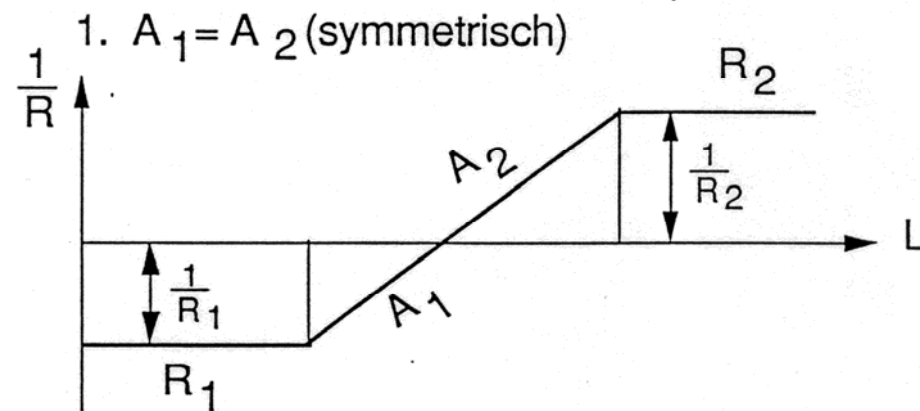
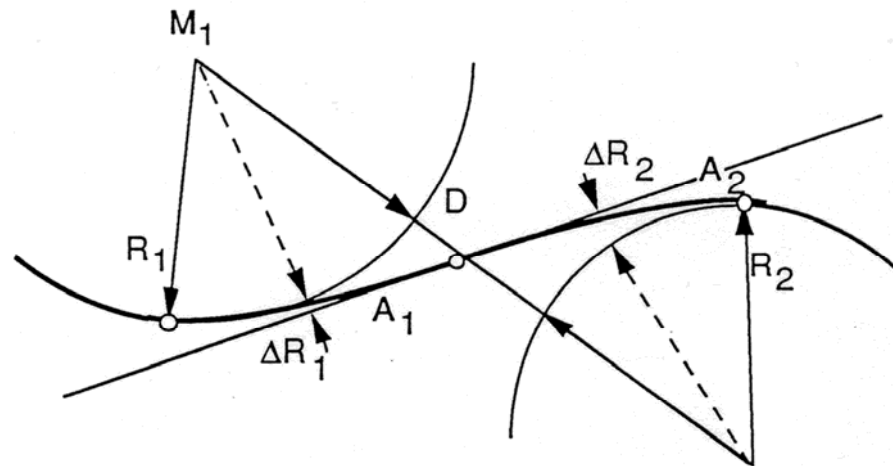
**Kreisbogenabstand D bei
symmetrischer Wende- oder
Eiklothoide**

$$D = A^4 / (24 * R'^3)$$

mit $R' = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$
bei Wendeklothoide

mit $R' = (R_1 * R_2) / (R_1 - R_2)$
bei Eiklothoide

gilt nur, wenn $A_1 = A_2$



Anforderungen an Geraden nach RAA



- max L [m] = 2.000 m
- min L [m] = 400 m bei gleichsinnig gekrümmten Kurven

Anforderungen an Kreisbögen nach RAA

- Mindestradien und Mindestlängen:



Entwurfsklasse	min R [m]	min L [m]
EKA 1 A	900	75
EKA 1 B	720	
EKA 2	470	55
EKA 3	280	

- im Anschluss an eine Gerade mit $L > 500$ m: $R_{\min} = 1.300$ m
- Radienrelation (für $R_1 \leq 1.500$ m): $R_1/R_2 \leq 1,5$

Anforderungen an Übergangsbögen (Klothoiden) nach RAA

- Relation Radius und Klothoidenparameter: $R/3 \leq A \leq R$
- Mindestparameter:



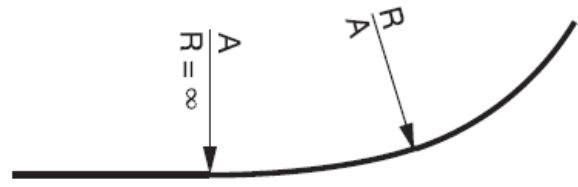
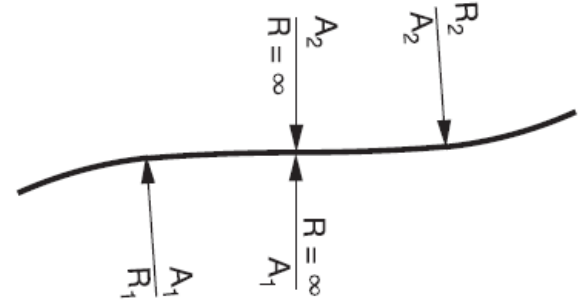
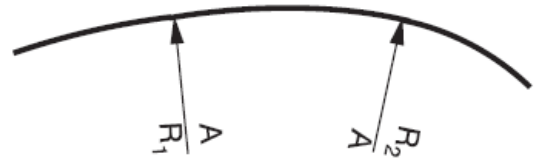
Entwurfsklasse	min A [m]
EKA 1 A	300
EKA 1 B	240
EKA 2	160
EKA 3	90

- bei Wendeklothoiden:
Relation (für $A_2 \leq 300$ m):

$$A_1 \leq 1,5 \cdot A_2$$

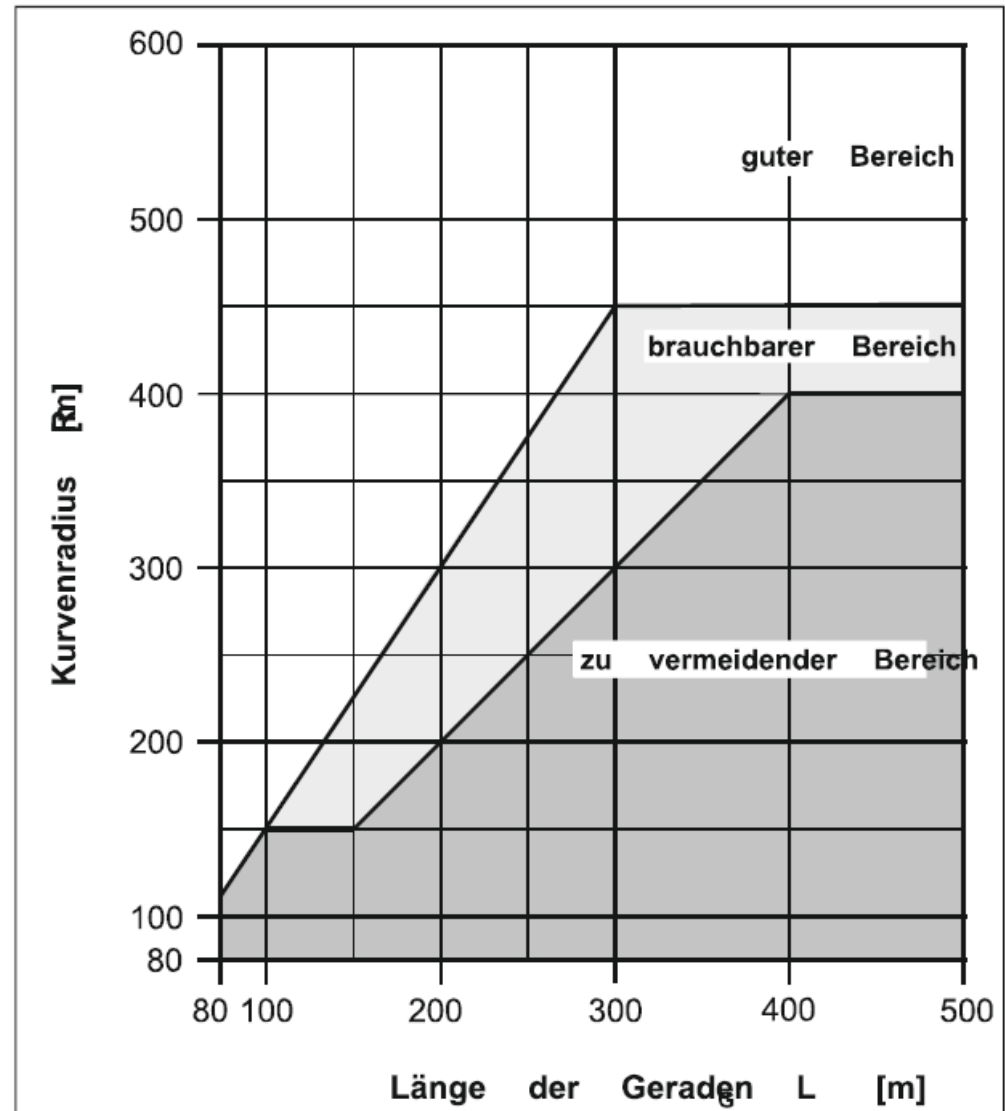
Anwendungsformen der Klothoide nach RAA

- Verzicht auf Übergangsbögen nur bei geringer Winkeländerung der Kurve ($\gamma < 10 \text{ gon}$) möglich. Dann Mindestlänge des Kreisbogens $L_{\min} = 300 \text{ m}$

Verbindung	
Gerade mit Kreisbogen	<p>einfache Klothoide</p> 
zwei Kreisbögen	<p>Wendeklothoide</p> 
	<p>Eiklothoide</p> 

Anforderungen an Geraden nach RAL 2012

- max L [m] = 1.500 m
- Zwischengerade bei gleichsinnig gekrümmten Kurven
 - EKL 1-3 min L [m] = 600 m
 - EKL 4 min L [m] = 400 m
- bei gegensinnig gekrümmten Kurven
 - max L [m] = $0,08 \times (A1 + A2)$
- Zulässige Radien im Anschluss an eine Gerade:



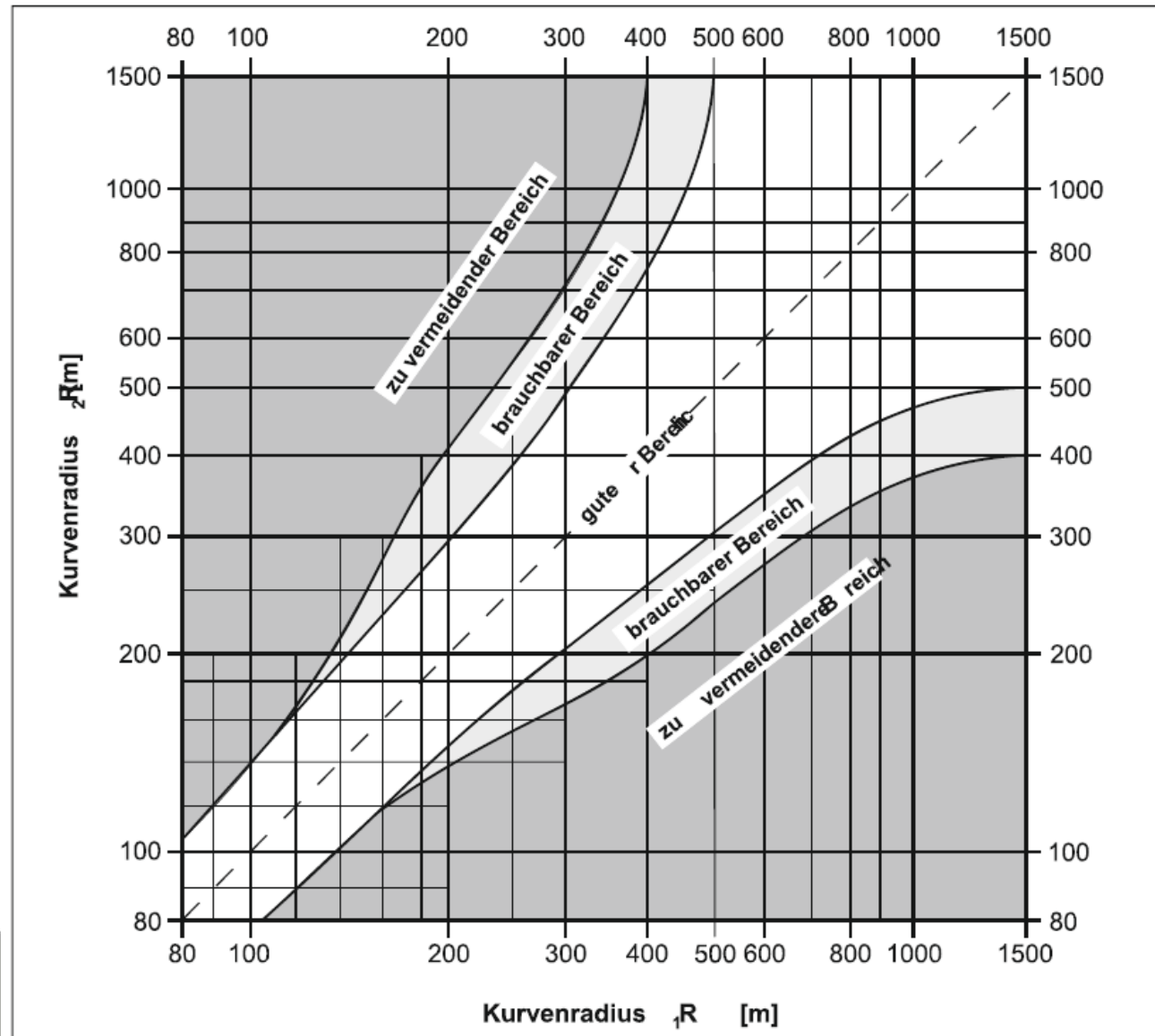
Anforderungen an Kreisbögen nach RAL 2012

Entwurfs- klasse	Radienbereiche R [m]	Mindestlängen von Kreisbögen min L [m]
EKL 1	≥ 500	70
EKL 2	400 – 900	60
EKL 3	300 – 600	50
EKL 4	200 – 400	40

- Empfohlene Mindestradien dürfen in begründeten Ausnahmefällen bei EKL 2 - 4 um bis zu 15 % unterschritten werden.

Verhältnis aufeinander- folgender Radien nach RAL 2012 („Radientulpe“)

- EKL 1 - EKL 3:
guter Bereich
anzustreben
- EKL 4:
brauchbarer Bereich
ausreichend



Anwendungsformen der Klothoide nach RAL 2012

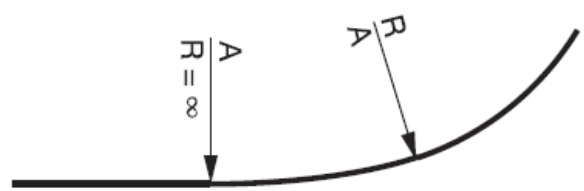
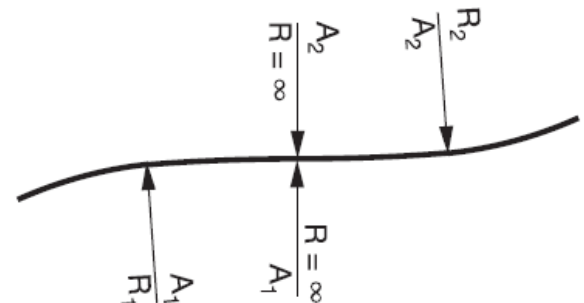
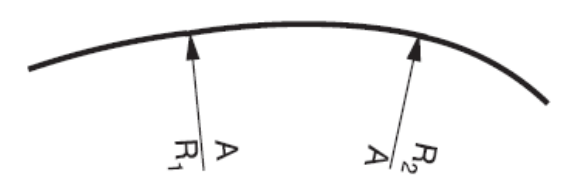
- Relation Radius und Klothoidenparameter: $R/3 \leq A \leq R$
- bei unsymmetr. Wendeklothoiden: Relation : $A_1/A_2 \leq 1,5$

Verzicht auf Klothoiden möglich (Flachbogen):



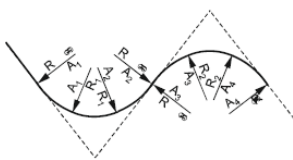







- bei großen Radien ($R > 1.000 \text{ m}$) und/oder
- bei geringer Winkeländerung der Kurve ($\gamma < 10 \text{ gon}$).

Dann Mindestlänge des Kreisbogens

- für EKL 1 und EKL 2: $L_{\min} = 200 \text{ m}$
- für EKL 3: $L_{\min} = 150 \text{ m}$
- für EKL 4: $L_{\min} = 100 \text{ m}$

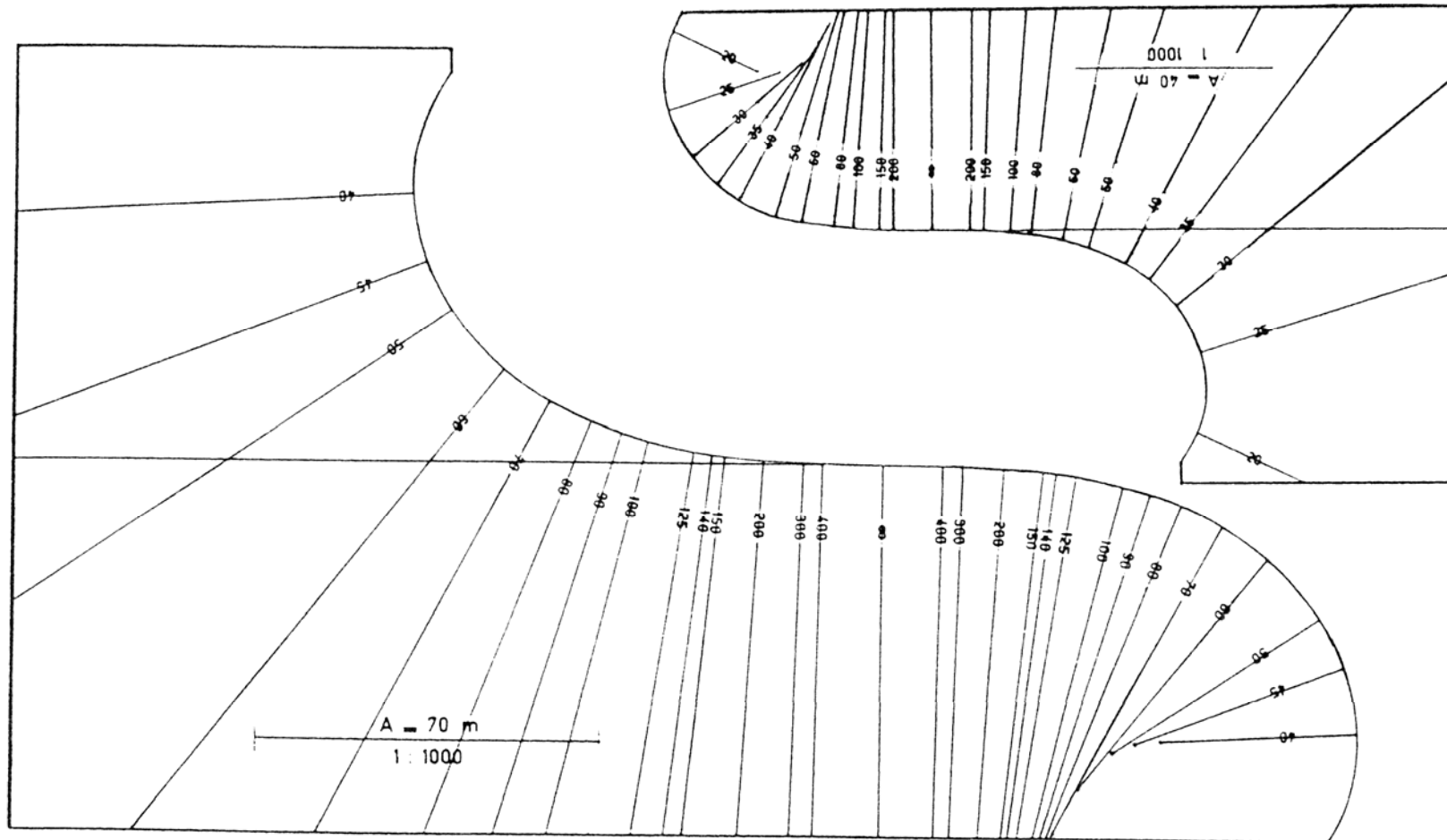
Verbindung	
Gerade mit Kreisbogen	<p>einfache Klothoide</p> 
zwei Kreisbögen	<p>Wendeklothoide</p> 
	<p>Eiklothoide</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">$\tau \geq 3,5 \text{ gon}$</div> 

Geeignete Lageplankurven nach RAL 2012

Bezeichnung Bild	Elementfolge Krümmungsband	Einsatzbedingungen	Bewertung
Verbindkurve 	$R \infty - A_1 \quad R_1 - A_2 \quad - \infty R$ 	<p>Sie sollten symmetrisch ($A_1 \approx A_2$) ausgebildet werden.</p> <p>Bei unsymmetrischer Ausbildung soll das Verhältnis $A_1 : A_2 \leq 1,5$ betragen.</p>	sehr gut
Wendelinie 	$R \infty - A_1 - R_1 \quad A_2 - A_3 - R_2 \quad A_4 - R \infty$ 	<p>Die Radienfolge ist nach Abschnitt 5.2.2* abzustimmen.</p> <p>Beide Äste der Wendeklothoide sollten gleiche Parameter ($A_2 \approx A_3$) aufweisen.</p> <p>Bei unsymmetrischer Ausbildung soll das Verhältnis $A_2 : A_3 \leq 1,5$ betragen.</p> <p>Zwischengeraden zwischen den beiden Ästen der Wendeklothoide dürfen die Länge $L_Z \leq 0,08 \cdot (A_2 + A_3)$ nicht überschreiten.</p> <p>Anderenfalls gelten beide Kurven als eigenständige Verbindkurven.</p>	sehr gut
Eilinie 	$R \infty - A_1 \quad R_1 - A_2 \quad R_2 - A_3 \quad - \infty$ 	<p>Die Kreisbögen liegen ineinander, sind verschieden groß, dürfen sich nicht berühren und nicht konzentrisch zueinander liegen.</p> <p>Die Radienfolge ist nach Abschnitt 5.2.2* abzustimmen.</p> <p>Der Richtungsänderungswinkel der Eiklothoide soll mindestens $\tau \geq 3,5$ gon betragen.</p>	gut (Einsatzbedingungen beachten)
Flachbogen 	$R \infty - R_1 - R \infty$ 	<p>Sie sind nur bei kleinen Richtungsänderungen ($\gamma < 10$ gon) und/oder großen Radien zulässig.</p> <p>Die Kurvenlängen sollten 200 m in den EKL 1 und EKL 2, 150 m in der EKL 3 und 100 m in der EKL 4 nicht unterschreiten.</p> <p>Die Querneigung soll im Scheitelpunkt auf einer Länge von 60 m konstant bleiben.</p>	befriedigend (Einsatzbedingungen beachten)
Scheitelklothoide 	$R \infty - A_1 A_2 - R \infty$ 	<p>Sie sind nur bei kleinen Richtungsänderungen ($\gamma < 10$ gon) zulässig.</p> <p>Sie sollen symmetrisch ($A_1 \approx A_2$) ausgebildet werden.</p> <p>Die Kurvenlängen sollten 200 m in den EKL 1 und EKL 2, 150 m in der EKL 3 und 100 m in der EKL 4 nicht unterschreiten.</p> <p>Die Querneigung soll im Scheitelpunkt auf einer Länge von 60 m konstant bleiben.</p>	befriedigend (Einsatzbedingungen beachten)

* Ziffer 5.2.2 = „Radienfolge“

5. Anwendung der Klothoidenlineale



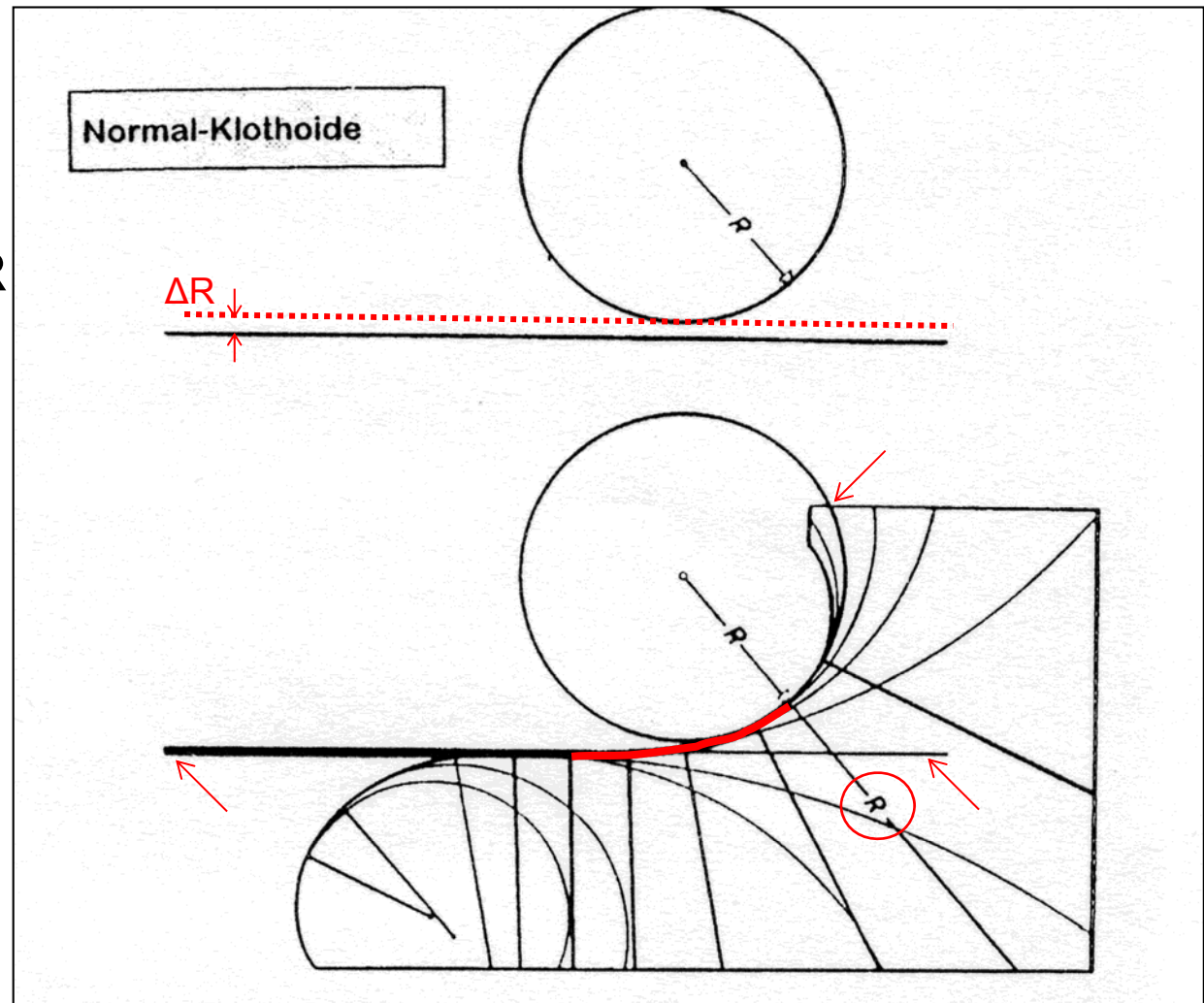
Klothoidenlineale

- Maßstab 1:1000
- Normalsatz mit 22 Linealen von $A = 20$ (mm) bis $A = 250$ (mm)
- Verwendung entsprechend Maßstab:
 - bei 1:1.000, z.B. $A = 20 \Rightarrow A = 20$ m
 - bei 1:10.000, z.B. $A = 20 \Rightarrow A = 200$ m
 - Linealauswahl abhängig von Parameter A und Maßstab:

z.B. M 1:5.000, $A = 100$ m \Rightarrow Lineal $A = 20$

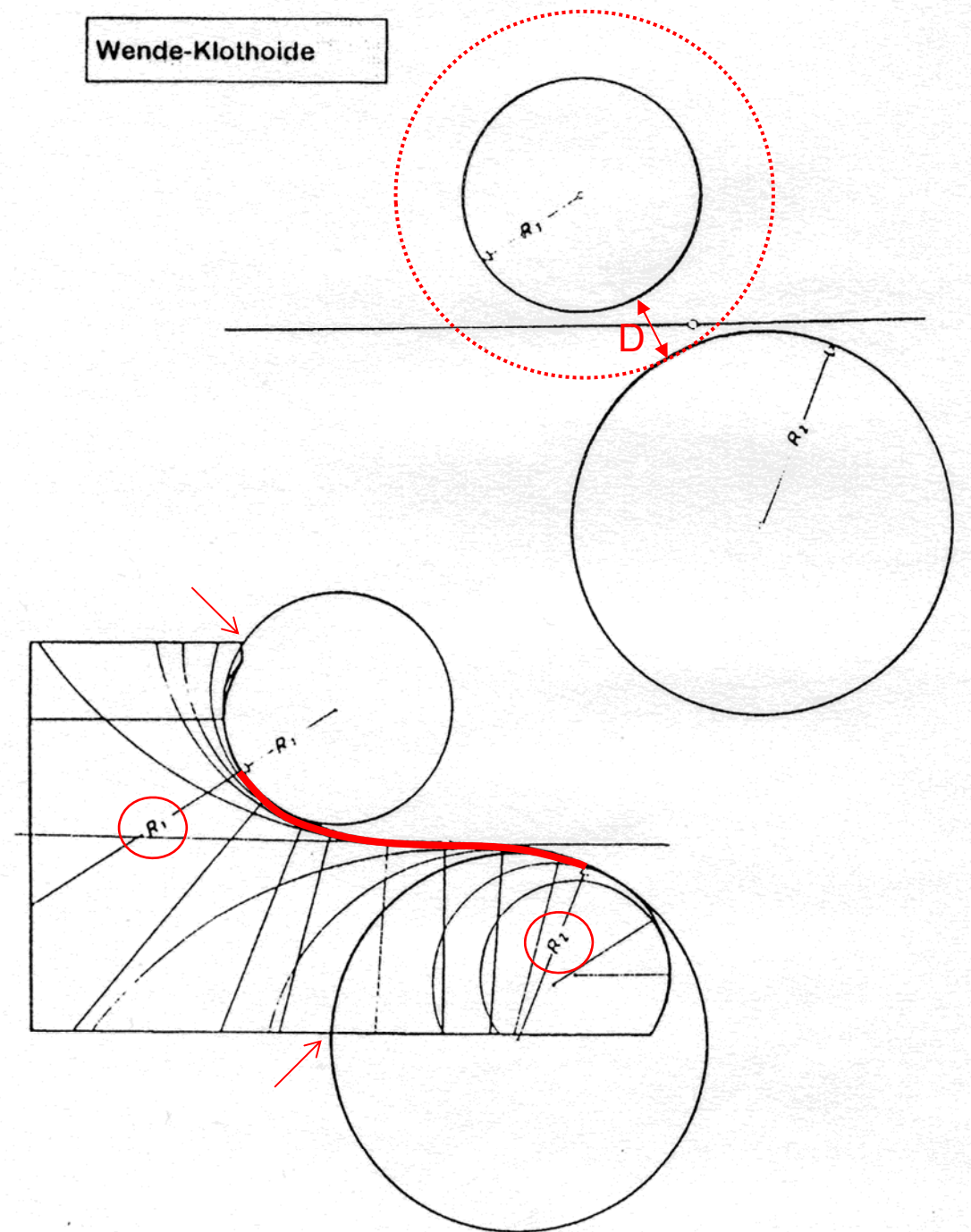
Anwendung bei gegebenem Radius R und Tangentenabrückung ΔR

- Wahl des Klothoidenparameters A
- Berechnung der Tangentenabrückung ΔR
- Parallele im Abstand ΔR
- Einpassen, so dass Kreisbogenradius auf Lineal an gleicher Stelle wie Kreisbogen auf dem Papier liegt.
- Dabei muss Gerade mit Geraden auf dem Lineal übereinstimmen.



Anwendung bei symmetrischer Wendeklothoide mit R_1 und R_2

- Wahl des Radius R_2
- Wahl des Klothoidenparameters A
- Berechnung des Kreisbogenabstandes D
- Paralleler Kreisabschnitt zu R_1 im Abstand D
- Zeichnen des Radius R_2 an Parallelkreis (tangential!)
- Einpassen, so dass Kreisbogenradien auf Lineal an gleicher Stelle wie Kreisbögen auf dem Papier liegen



Anwendung bei gleichgerichteter Eiklothoide mit R_1 und R_2

- Wahl des Radius R_2
- Wahl des Klothoidenparameters A
- Berechnung des Kreisbogenabstandes D
- Paralleler Kreisabschnitt zu R_1 im Abstand D
- Zeichnen des Radius R_2 an Parallelkreis (tangential!)
- Einpassen, so dass Kreisbogenradien auf Lineal an gleicher Stelle wie Kreisbögen auf dem Papier liegen

