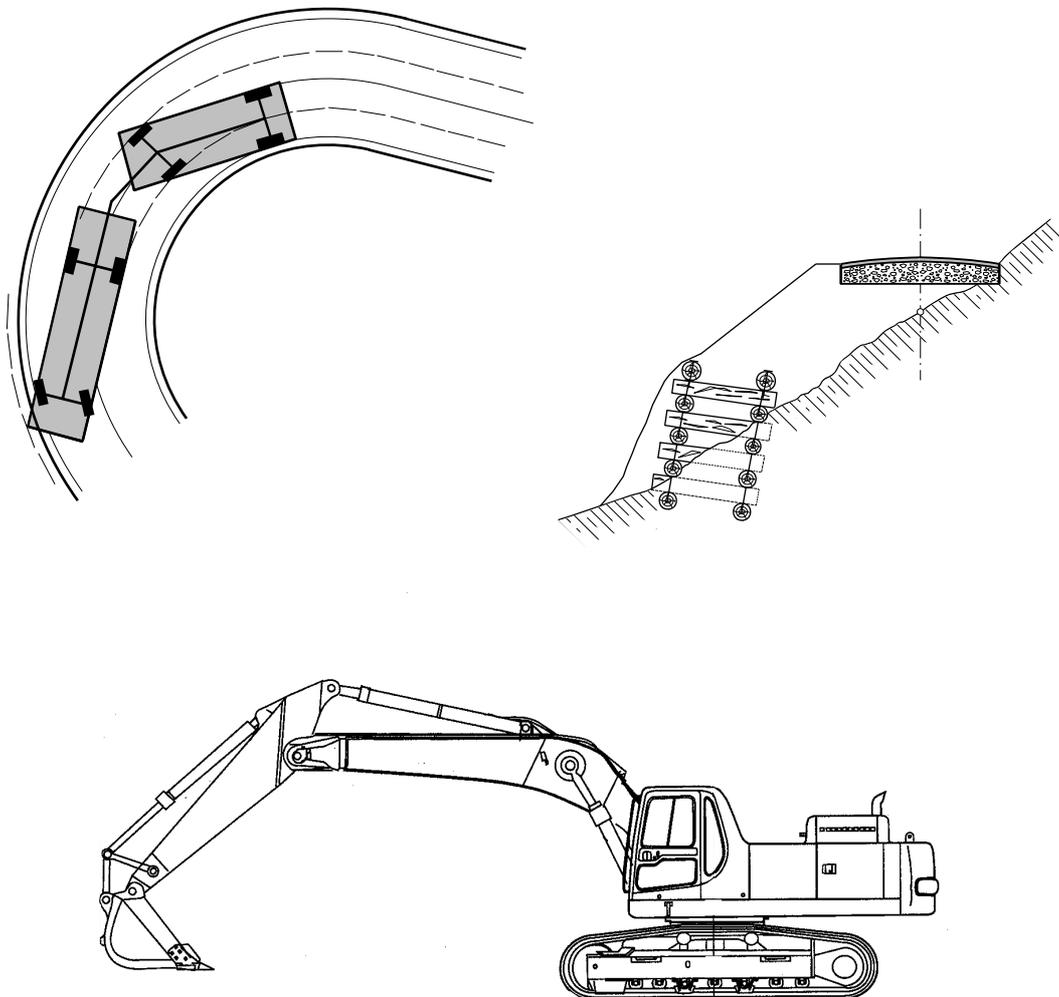


Dr. E. Burlet

Detailprojektierung von Wald- und Güterstrassen



Zürich, März 2003

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Anforderungen an Wald- und Güterstrassen

3. Entwurfselemente bei Wald- und Güterstrassen

3.1 Entwurfselemente der horizontalen Linienführung

3.2 Entwurfselemente der vertikalen Linienführung

3.3 Entwurfselemente des Querschnittes

4. Kurvenabsteckung

4.1 Einleitung

4.2 Kreisbogenabsteckung nach der Koordinatenmethode

4.3 Absteckung von Wendepunkten

5. Feldarbeiten

6. Ausarbeitung des Detailprojektes

6.1 Einleitung

6.2 Vorarbeiten

6.3 Festlegen der vertikalen Linienführung

6.4 Berechnung des Längenprofils

6.5 Massenberechnung

6.6 Festlegen der horizontalen Linienführung auf dem Plan

Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Erschliessungsplanung: Voraussetzung für die zielgerechte und ausgewogene Erschliessung eines bestimmten Gebietes im ländlichen Raum

Detailprojektierung: Voraussetzung für die technisch, ökonomisch und ökologisch einwandfreie Bauausführung einer Strasse

Ziele der Lehrveranstaltung Detailprojektierung:

Beherrschung der Grundlagen und Methoden zur selbständigen Erarbeitung von Wald- und Güterstrassendetailprojekten unter optimaler Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten, insbesondere:

- Kenntnis der Anforderungen von Umwelt, Benützern und Verkehr an Wald- und Güterstrassen;
- Kenntnis der Entwurfselemente für Wald- und Güterstrassen im Grundriss, Längs- und Querschnitt und Fähigkeit, diese Elemente situationsgerecht festzulegen;
- Beherrschung der Methoden und Instrumente für die Durchführung der Absteckungs- und Aufnahmearbeiten und Fähigkeit, diese situationsgerecht anzuwenden;
- Beherrschung konventioneller und EDV-gestützter Methoden für die Ausarbeitung eines Detailprojektes im Büro und Fähigkeit, selbständig ein vollständiges Detailprojekt von Wald- und Güterstrassen auszuarbeiten.

Aufgaben des Detailprojektes

- Festlegen des Strassenquerschnittes
- Festlegen der horizontalen Linienführung
- Festlegen der vertikalen Linienführung
- Festlegen der Kunstbauten und der Entwässerungsmassnahmen
- Ermitteln der Erdverschiebungen
- Durchführen der Kostenplanung
- Liefern der Unterlagen für Subventionierung, Orientierung der interessierten Kreise, Ausschreibung, Offerteneingabe und Bauausführung des Projektes

Inhalt des Detailprojektes

Berechnungen :

- Längenprofilberechnung
- Erdmassenberechnung

Pläne :

- Normalprofil
- Situation
- Längenprofil
- Querprofile
- Massenprofil
- Spezialpläne

Berichte :

- Technischer Bericht
- Kostenvoranschlag
- Subventionsgesuch
- Bauerklärung
- event. Expertisen

2. Anforderungen an Wald- und Güterstrassen

Wald- und Güterstrassentypen		
Strassentyp	Funktion	Verkehr
Erschliessungsstrasse	Systematische Erschliessung der Bewirtschaftungsflächen	zunehmend ↓
Sammelstrasse	Sammeln des Verkehrs aus verschiedenen Einzugsgebieten	
Verbindungsstrasse	Verbinden von Punkten wie Ortschaften, Bauernhöfe, Alpen usw.	

Forderungen der Umwelt

Forderungen der Benutzer

Forderungen des Verkehrs

Forderungen der Umwelt

Geringe Eingriffe in die Landschaft

Naturnahe Böschungen

Ein Minimum an Kunstbauten

Keine Land- und Waldschäden

Geringe Transporte

Forderungen der Benützer

- Erschliessungsstrassen: Guter Zugang zu den Bewirtschaftungsflächen, nur saisonbedingtes Befahren, (flüssiger Verkehrsablauf absolut untergeordnet)
- Sammelstrassen : Guter Zugang zu den Bewirtschaftungsflächen, relativ flüssiger Verkehrsablauf
- Verbindungsstrassen : Flüssiger Verkehrsablauf, ganzjähriges Befahren

Forderungen des Verkehrs

- Forderungen der Verkehrsmenge
- Forderungen der Fahrzeuge
- Forderungen der Verkehrsgeschwindigkeit

Verkehrsmenge

Erschliessungsstrassen: 1 - 3 Fahrzeuge pro Tag
Sammelstrassen: 5 - 15 Fahrzeuge pro Tag
Verbindungsstrassen: 30 - 50 Fahrzeuge pro Tag

- sehr geringe Verkehrsmenge
- **Wald- und Güterstrassen können deshalb einspurig gebaut werden**

Fahrzeuge auf Wald- und Güterstrassen

Fahrzeuge: Alle nach Strassenverkehrsgesetz zugelassenen Fahrzeuge

Massgebende Fahrzeuge:

Abmessungen der grossen Fahrzeuge, wie Lastwagen, Anhängerzüge und Langholztransportfahrzeuge, sind von Bedeutung für die Festlegung der Entwurfselemente. Wesentlich sind dabei der Radstand, die Gesamtlänge und die Gesamtbreite der Fahrzeuge.

Gesetzliche Vorschriften:

- Bundesgesetz über den Strassenverkehr (SVG: Strassenverkehrsgesetz)
- Verordnung über die Strassenverkehrsregeln (VRV: Verkehrsregelnverordnung)
- Verordnung über Bau und Ausrüstung der Strassenfahrzeuge (BAV: Bau- und Ausrüstungsverordnung)

Abmessungen und Gewichte:

Breite mit Ladung :	2.55 m	Fahrbahnbreite
Höhe mit Ladung :	4.00 m	Tunnels, Unterführungen
Länge ohne Ladung		
- Motorfahrzeuge :	12.00 m	Minimalradien in
- Sattelmotorfahrzeug:	16.50 m	Kurven, Kurven-
- Anhängerzug :	18.75 m	verbreiterung
- Hinterer Ueberhang :	5.00 m	
Gesamtgewicht		
- Motorwagen mit 2 Achsen :	18 t	Stützkonstruktionen,
- Motorwagen mit 3 Achsen :	25 t	Brücken
- Motorwagen mit 4 Achsen :	32 t	
- Anhängerzug, Sattelmotorfahrz.:	34 t	
Achsbelastung		
- Angetriebene Einzelachse :	11.5 t	Stützkonstruktionen,
- Angetriebene Doppelachse :	19.0 t	Brücken, Oberbau

Anfahrvermögen:

Bei voller Ladung ein einwandfreies Anfahren bis zu einer Steigung von 15% max.Steigung

Verkehrsgeschwindigkeit auf Wald- und Güterstrassen

Verkehrsgeschwindigkeit nach Strassentyp:

Erschliessungsstrassen :	20 - 30 km/h
Sammelstrassen :	20 - 40 km/h
Verbindungsstrassen :	30 - 60 km/h

Wahl der Entwurfselemente:

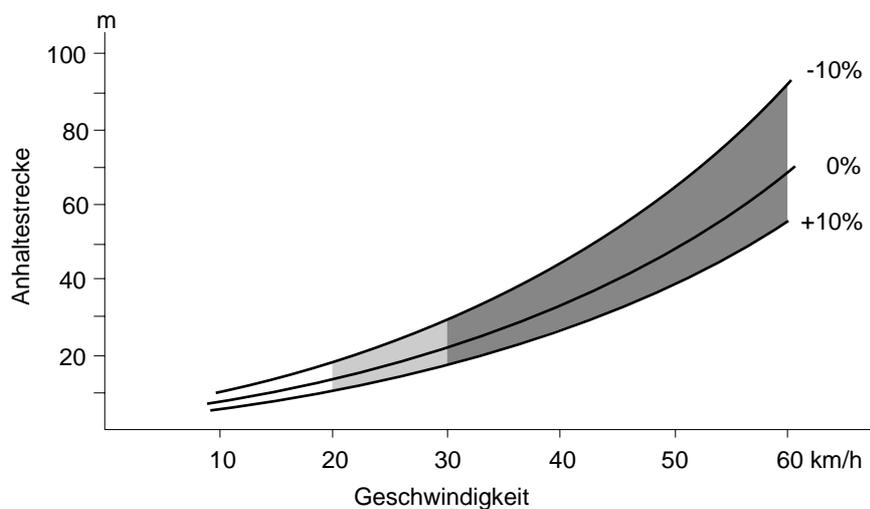
- Befahren einer möglichst langen Strecke mit konstanter Geschwindigkeit;
- keine abrupte Reduktion der Fahrgeschwindigkeit;
- sicheres Befahren der Strasse.

Auswirkungen der Verkehrsgeschwindigkeit auf das Fahrverhalten :

- die beim Auftauchen von Hindernissen benötigte Anhaltestrecke;
- die beim Befahren von Kurven entstehende Fliehkraft.

Anhaltestrecke

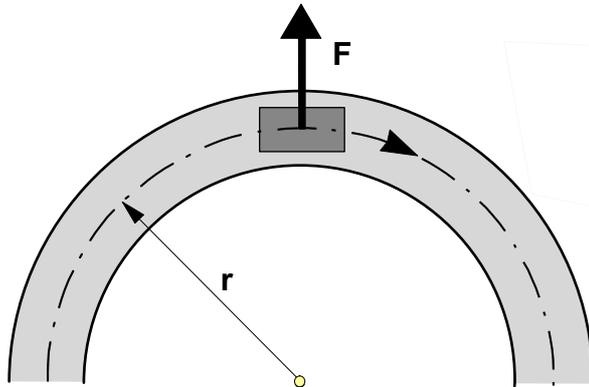
Definition: Anhaltestrecke = Reaktionsweg + Bremsweg + Sicherheitsabstand
= f (Geschwindigkeit, Neigung, Haftreibungskoeffizient)



Bedeutung: erforderliche Sichtweite in Kurven

————> Minimalradien in Kurven

Fliehkraft



Fliehkraft F: $F = \frac{G \cdot V^2}{127 r}$

G : Fahrzeuggewicht
 V : Geschwindigkeit (km/h)
 r : Kurvenradius (m)

Gleichgewichtsbedingung bei horizontaler Fahrbahn

$$G \cdot \mu_r = \frac{G \cdot V^2}{127 r}$$

$G \cdot \mu_r$: Kraft aus seitlicher Bodenhaftung
 μ_r : Seitenreibungskoeffizient

$$r \geq \frac{V^2}{127 \mu_r}$$

V = 20	→	r = 16 m
V = 30	→	r = 35 m
V = 40	→	r = 63 m
V = 60	→	r = 142 m

Gleichgewichtsbedingung bei Querneigung der Fahrbahn

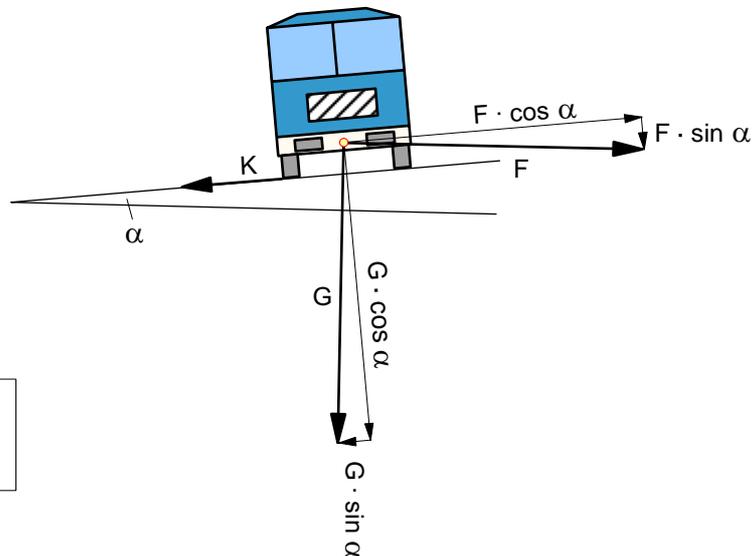
$$F \cdot \cos \alpha = (F \cdot \sin \alpha + G \cdot \cos \alpha) \mu_r + G \cdot \sin \alpha$$

effektive Fliehkraft = Kraft aus seitlicher Bodenhaftung + Kraft aus Querneigung

$$\frac{V^2}{127 r} = \mu_r + q/100$$

$$r \geq \frac{V^2}{127 (\mu_r + q/100)}$$

q = Querneigung in %



3. Entwurfselemente bei Wald- und Güterstrassen

Räumliche Lage der Strasse

Horizontalebene für die horizontale Linienführung

Vertikalebene in der Strassenachse für die vertikale Linienführung

Vertikalebene senkrecht zur Strassenachse für die Querschnitte

3. 1 Entwurfselemente der horizontalen Linienführung

Strassenachse im Grundriss

Elemente der Strassenachse: - Geraden
- Kurven, bei Wald- und Güterstrasse
üblicherweise Kreisbögen

Grundlage der Strassenachse: Polygonzug (Tangentenpolygonzug)

Begriffe

----- Strassenachse

----- Polygonzug

T_i : Tangentenschnittpunkt A : Bogenanfang

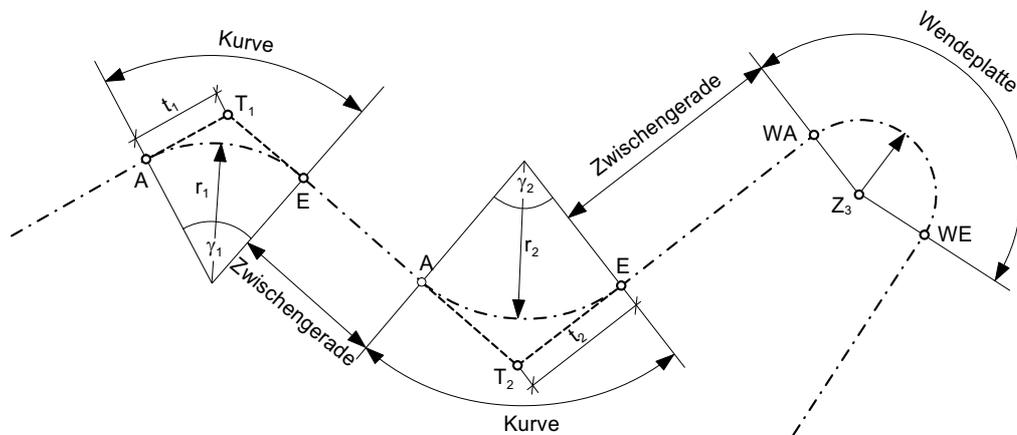
$T_i T_{i+1}$: Polygonseite E : Bogenende

r_i : Kurvenradius Z_i : Zentrum

t_i : Tangentenlänge WA : Wendeplattenanfang

γ_i : Zentriwinkel WE : Wendeplattenende

Wendeplatte : $\gamma > 160^\circ$, $8 \text{ m} \leq r \leq 25 \text{ m}$



Grundsätze und Richtlinien für die Anordnung von Geraden und Kurven

Kompromiss zwischen einer möglichst guten Anpassung an das Gelände und einer flüssigen Linienführung

Kurven und Geraden aufeinander abstimmen ($L_{\text{Bogen}} / L_{\text{Gerade}} = 0.5 - 2.0$)

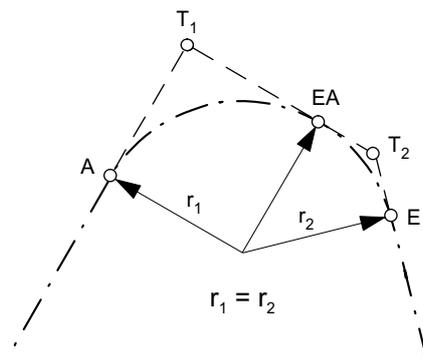
Radien von mehreren zusammengehängten Kurven aufeinander abstimmen

Tangentenlänge t_i der Kurven ≥ 10 m

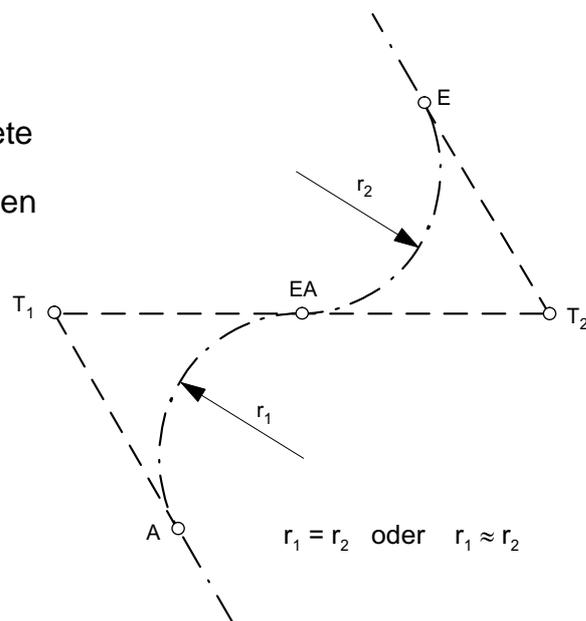
Länge der Zwischengerade zwischen zwei Kurven ≥ 10 m



Zwei gleichgerichtete Kurven mit gleichen Radien zusammenhängen



Zwei entgegengesetzt gerichtete Kurven mit gleichen oder ähnlichen Radien zusammenhängen ($r_1 / r_2 = 0.5 - 2.0$)



Kurvenradien

Kriterien zur Wahl des Kurvenradius:

- Gute Anpassung an das Gelände
 - Grosszügige, gestreckte Linienführung
 - Tangentenlänge $t_i \geq 10$ m
 - Verkehrsgeschwindigkeit \longrightarrow Minimalradien von Kurven mit einem Zentriwinkel $< 100^\circ$
 - Platzbedarf der Fahrzeuge \longrightarrow Minimalradien der Wendeplatten
- } Kompromiss

Minimalradien der Kurven ($\gamma < 100^\circ$)

- Massgebende Faktoren:
- Verkehrsgeschwindigkeit V (Fliehkraft)
 - Querneigung q der Fahrbahn
 - Seitenreibungskoeffizient μ_r

$$r_{\min} = \frac{V^2}{127 (\mu_r + q/100)} \quad \text{mit} \quad \begin{matrix} \mu_r = 0.20 \\ q = 5\% \end{matrix} \quad \longrightarrow \quad r_{\min} \approx \frac{V^2}{30}$$

Minimalradien in Funktion der Fahrgeschwindigkeit									
V(km/h)	20	25	30	35	40	45	50	55	60
r_{\min}	13	21	30	41	53	68	83	100	120



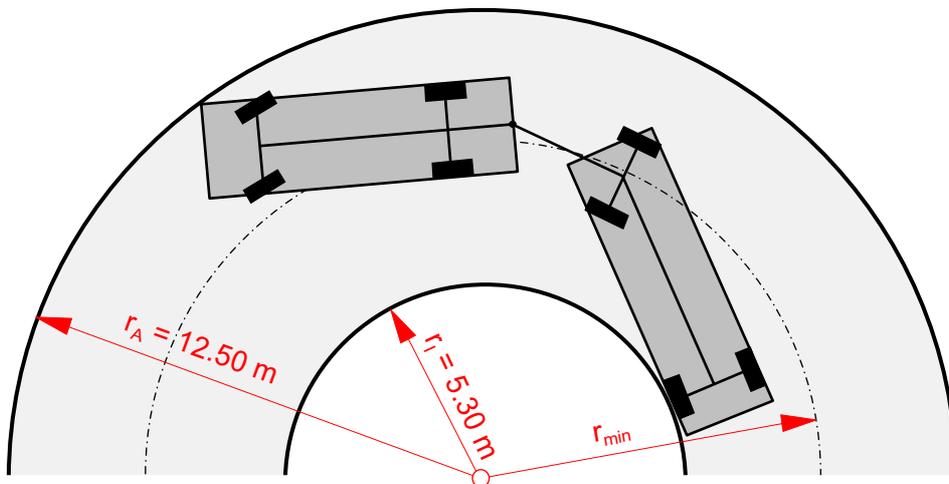
- Erschliessungsstrassen: $r_{\min} = 20$ m
- Sammelstrassen: $r_{\min} = 30$ m
- Verbindungsstrassen: $r_{\min} = 50$ m

Kurvenradien

Minimalradien der Wendepfaden für Lastwagen, Anhängerzug u. Sattelschlepper

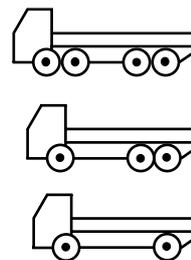
Verkehrsregelverordnung: Art. 65a1: Kreisfahrt

Motorfahrzeuge und Fahrzeugkombinationen im Fahrzustand müssen sich in einer Kreisringfläche mit einem äusseren Durchmesser von 25 m und einem inneren Durchmesser von 10,60 m bewegen können, ohne dass die Projektion eines Fahrzeugteils (ausgenommen Rückspiegel und vordere Richtungsblinker) auf der Fahrbahn ausserhalb der Kreisringfläche zu liegen kommt. Von dieser Regelung ausgenommen sind landwirtschaftliche Motorfahrzeuge und landwirtschaftliche Fahrzeugkombinationen.



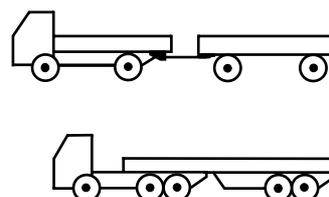
Minimalradius für Lastwagen

$$r_{\min} = 8 \text{ m}$$



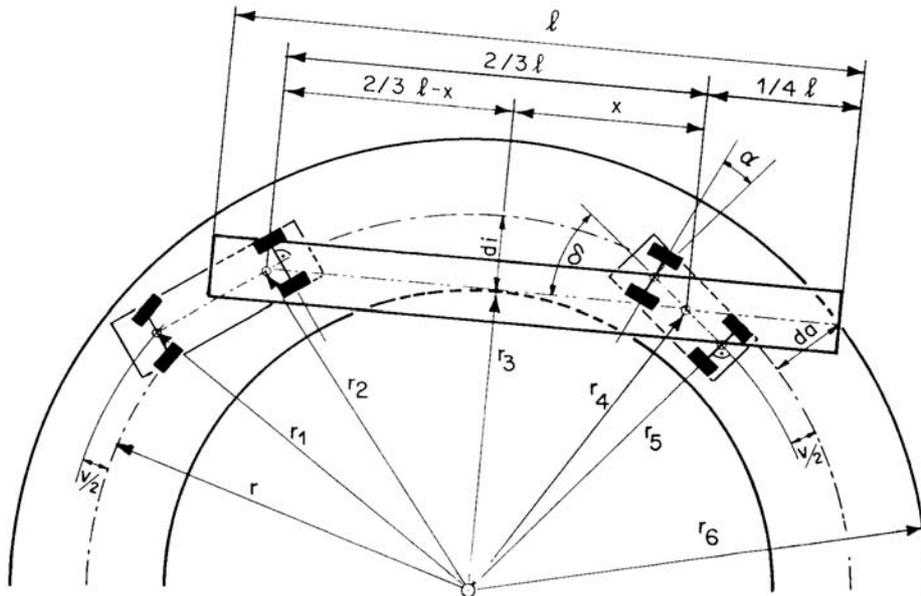
Minimalradius für Anhängerzug und Sattelschlepper

$$r_{\min} = 9 \text{ m}$$



Kurvenradien

Minimalradien der Wendeplatten für Langolztransportfahrzeuge



Massgebende Kriterien zur Bestimmung des Minimalradius:

- Ausschwenken d_a des Ladegutes von der Fahrbahnachse gegen aussen;
- Ausschwenken d_i des Ladegutes von der Fahrbahnachse gegen innen;
- Winkel δ zwischen der Längsachse des Anhängers und derjenigen des Ladegutes

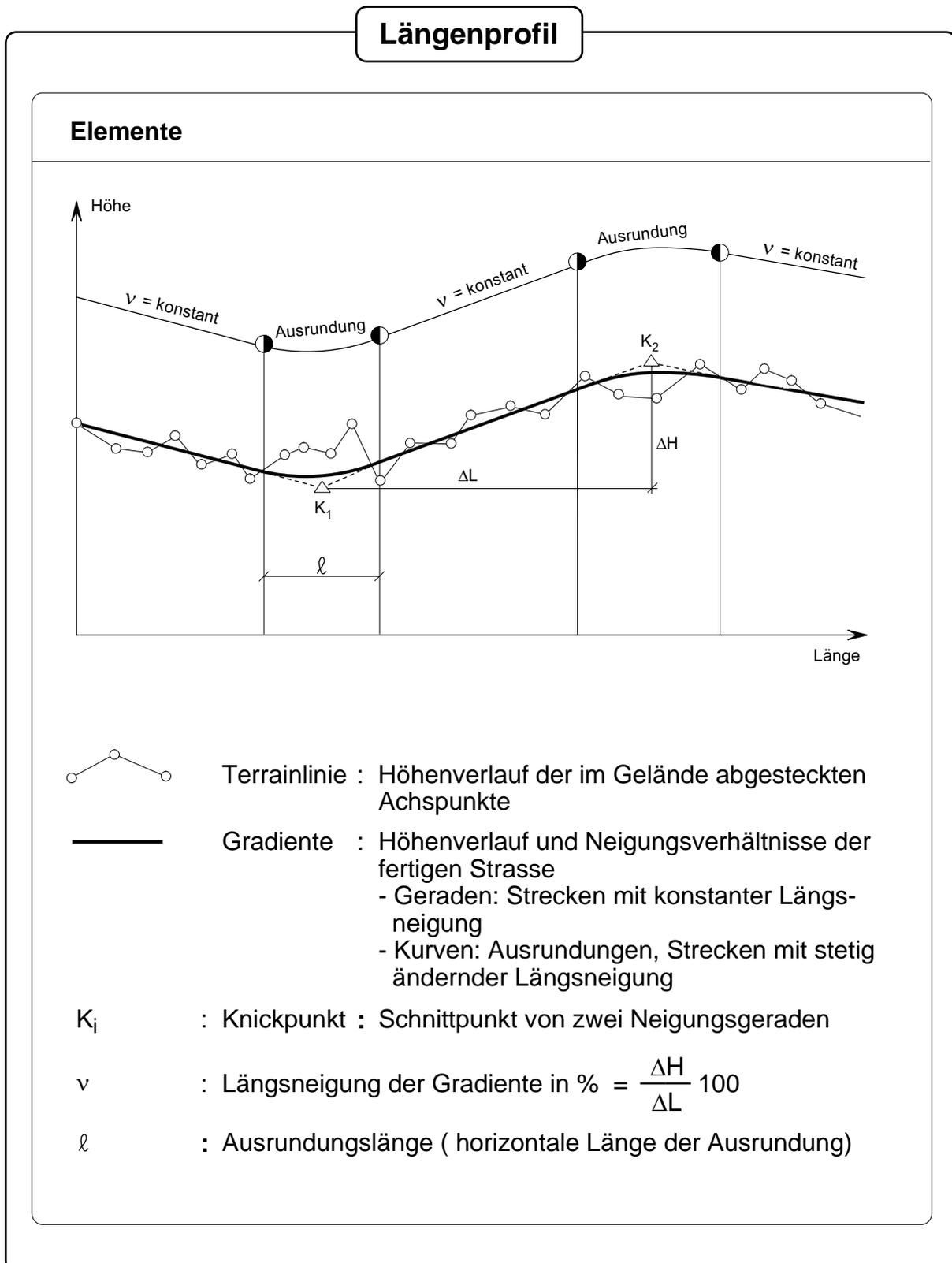
Bedingungen:

$$d_a \text{ und } d_i \leq 1/2 \text{ Fahrbahnbreite} \left(\frac{b + v}{2} \right) \quad \delta \leq 45^\circ$$

Minimalradien:

- Holzlänge $l = 16 \text{ m}$ \longrightarrow $r_{\min} = 9 \text{ m}$ (infolge δ)
- Holzlänge $l = 20 \text{ m}$ \longrightarrow $r_{\min} = 11 \text{ m}$ (infolge δ und d_i)
- Holzlänge $l = 24 \text{ m}$ \longrightarrow $r_{\min} = 20 \text{ m}$ (infolge d_a)

3. 2 Entwurfselemente der vertikalen Linienführung



Längsneigung

Maximale Längsneigung

Begrenzende Einflussgrössen:

- Fahrzeugeigenschaften :
 - beschränkte Bremssicherheit bei Talfahrt
 - erschwertes Anfahren bei Bergfahrt (Art. 20 Abs.2 BAV, Anfahrvermögen bis 15%)
- Klimatische Verhältnisse:
 - erhöhte Rutschgefahr bei nasser Fahrbahn und Eisbildung
 - grosse Erosions- und Schwemmschäden an der Fahrbahn, Böschungen und Bankette bei Starkniederschlägen

Maximale Längsneigungen	- Waldstrassen	12 %
	- Güterstrassen	15 %

Ideale Längsneigung bei Wald- und Güterstrassen **3 - 8 %**

- gefahrloses und zügiges Befahren der Strasse gewährleistet
- problemlose Aufbereitung und Lagerung des Holzes
- Aufwendungen für den Unterhalt gering, in den meisten Fällen Ausbildung der Strasse als Naturstrasse möglich

Längsneigung auf speziellen Strassenabschnitten

Wendeplatten: Kurven mit kleinen Radien ($8 \leq r \leq 20 \text{ m}$)

- > $r_{iR} \ll r$ —————> $v_{iR} \gg v$
- > Reduktion der Neigung in der Wendeplatte

$$v_{iR} = v \frac{r}{r_{iR}}$$

- r : Radius in der Fahrbahnachse
- r_{iR} : Radius am inneren Fahrbahnrand
- v : Neigung in der Fahrbahnachse
- v_{iR} : Neigung am inneren Fahrbahnrand

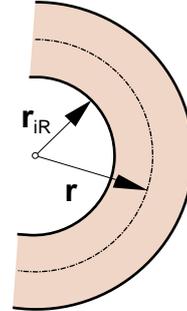
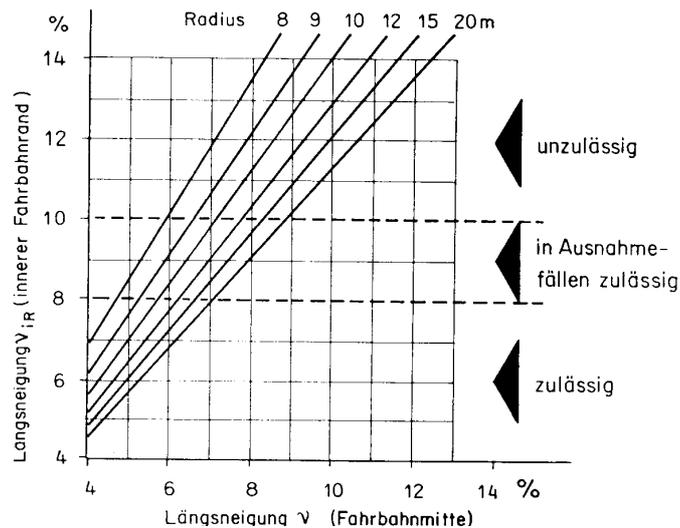
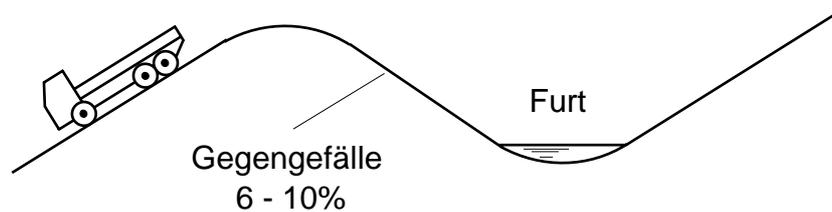


Diagramm für die Ermittlung der Längsneigung in Wendeplatten



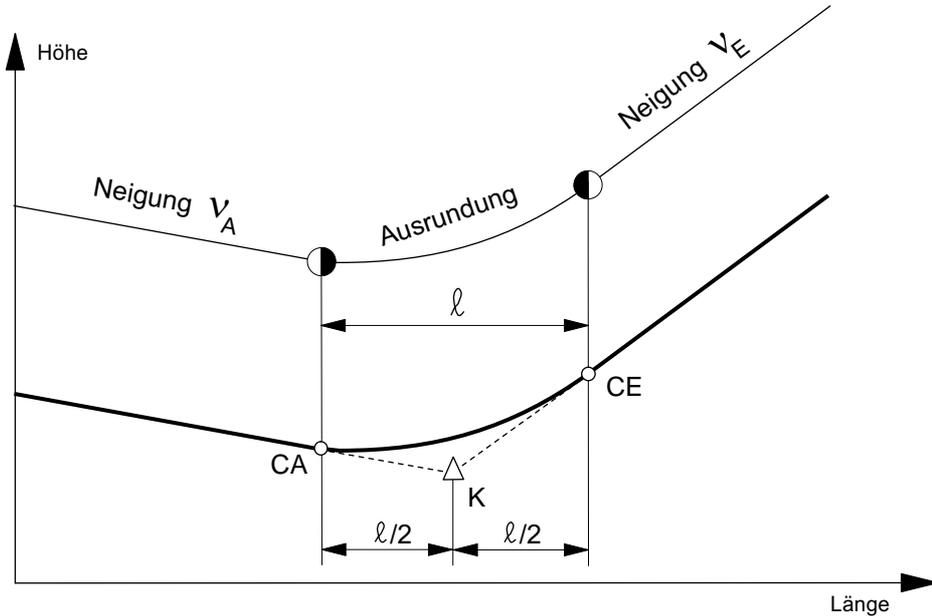
Furten: Bachquerungen, bei welchen die Fahrbahn dauernd oder zeitweise die Gerinnesohle bildet

Verhindern des Ausbrechens des Wassers: Gegengefälle notwendig
 Gute Kanalisierung des Wassers: Kurze Ausrundung in der Furt



Gestaltung der Neigungsänderung

Ausrundungen: Parabeln bei Wald- und Güterstrassen



CA : Ausrundungsanfang
 CE : Ausrundungsende
 l : Ausrundungslänge (Horizontaldistanz zwischen CA und CE)

$\Delta v = v_E - v_A$ Neigungsänderung in der Ausrundung

Neigungsänderung proportional zur Horizontaldistanz bei der Parabel

$$\delta = \frac{v_E - v_A}{l} \quad (\%/m) \quad \text{spez. Neigungsänderung, Krümmung}$$

$$l_o = \frac{l}{v_E - v_A} \quad (m/\%) \quad \text{Ausrundungslänge pro \% Neigungsänderung}$$

Richtwerte für l_o und δ bei Wald- und Güterstrassen

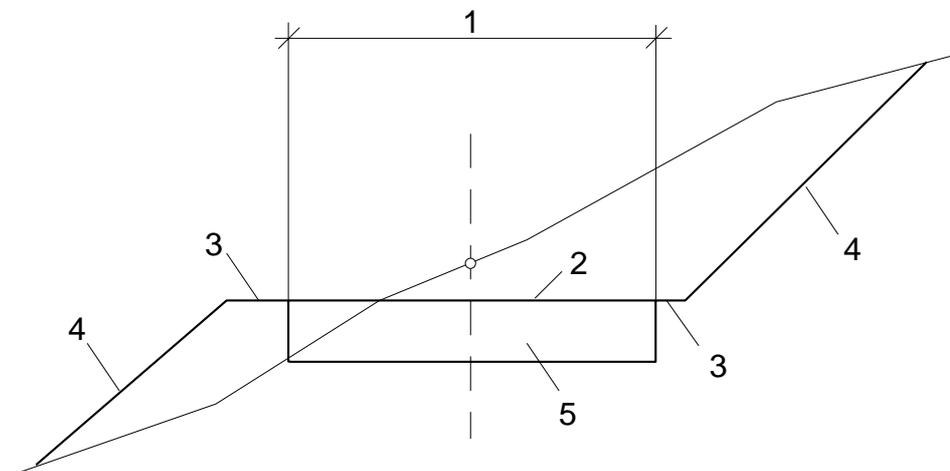
Normalfall	$l_o = 5 - 10 \text{ m}/\%$	$\delta = 0.10 - 0.20 \text{ } \%/m$
Wendeplatten Abzweigungen	$l_o = 3 - 4 \text{ m}/\%$	$\delta = 0.25 - 0.33 \text{ } \%/m$
Furten	$l_o = 0.5 - 2 \text{ m}/\%$	$\delta = 0.50 - 2.00 \text{ } \%/m$

3. 3 Entwurfselemente des Querschnittes

Strassenquerschnitt

Elemente des Querschnittes:

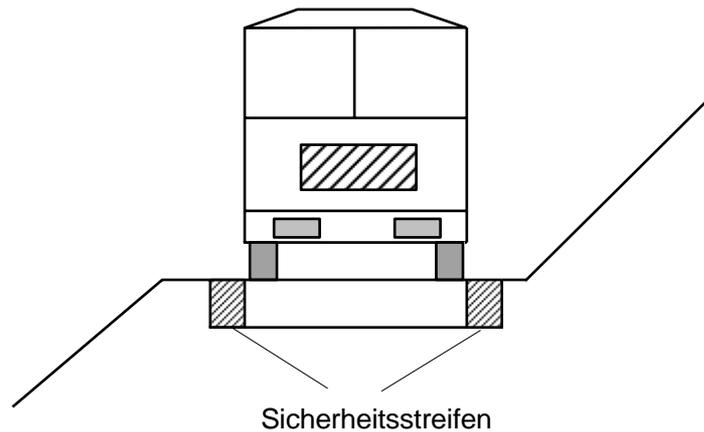
- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1 Fahrbahn: | Breite |
| 2 Fahrbahnoberfläche: | Form |
| 3 Bankette: | Breite und Gestaltung |
| 4 Böschungen: | Neigungen |
| 5 Oberbau : | Schichten, Dicke |



Fahrbahnbreite

Fahrbahnbreite in Geraden

Fahrspurbreite: max. zulässige Breite der Fahrzeuge + Breite der Sicherheitsstreifen



Faktoren für die Wahl der Fahrbahnbreite in Geraden:

- Verkehrsmenge: sehr geringe Verkehrsmenge auf Wald- und Güterstrassen
→ einspurige Fahrbahn
- Breite der Fahrzeuge: max. Breite der Fahrzeuge 2.55 m (Art. 9 SVG)
- Verkehrsgeschwindigkeit: Einfluss auf die Breite der Sicherheitsstreifen;
Fahrspurbreite = max. Fahrzeugbreite x F; F von der Verkehrsgeschwindigkeit abhängiger Faktor (1.3 - 1.5)

Fahrbahnbreite bei Wald- und Güterstrassen

Waldstrassentyp	Breite
Erschliessungsstrassen (20 km/h)	3.2 m - 3.4 m
Sammelstrassen (30 km/h)	3.4 m - 3.6 m
Verbindungsstrassen (40 km/h)	3.6 m - 3.8 m

Fahrbahnbreite

Fahrbahnverbreiterung in Kurven

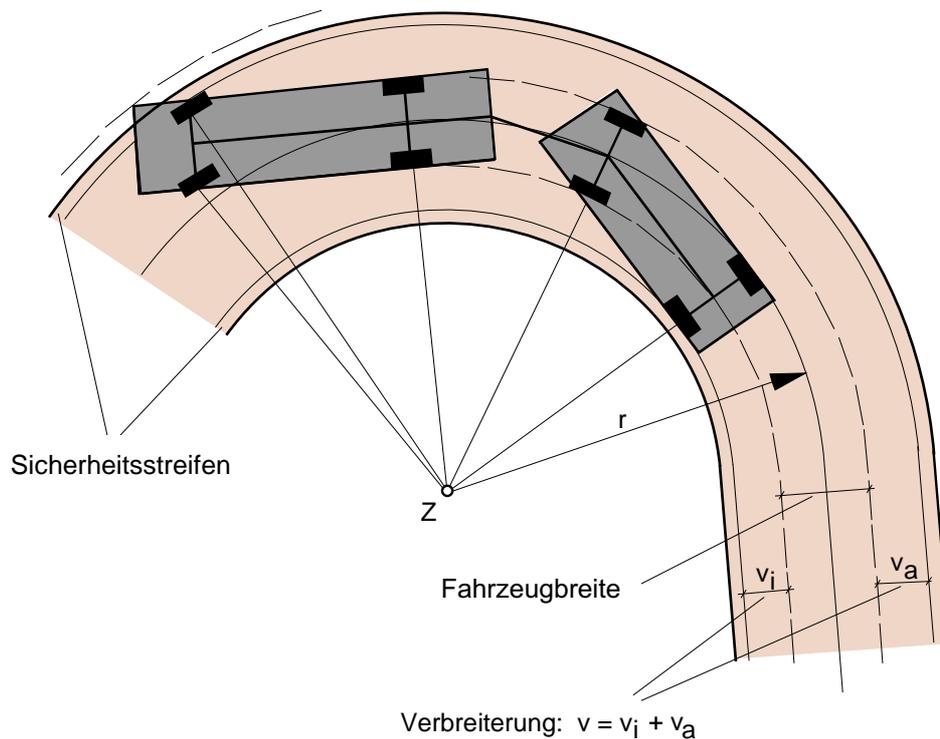
Geometrie der Fahrzeuge in Kurven:

Verschiebung der Vorderachse des Fahrzeuges bezüglich der Strassenachse nach aussen und der Hinterachse nach innen

- Fahrzeuge benötigen in Kurven mehr Platz als in Geraden
- Verbreiterung der Fahrbahn erforderlich

Mehrbedarf an Platz (Fahrbahnverbreiterung) der Fahrzeuge in Kurven abhängig:

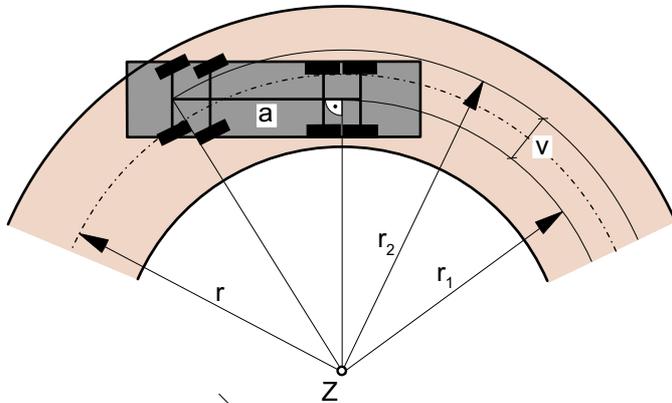
- vom Radius der Kurve
- vom Achsstand der Fahrzeuge
- von der Anzahl Achsen der Fahrzeuge



Fahrbahnbreite

Fahrbahnverbreiterung in Kurven

Fahrbahnverbreiterung für Lastwagen



- a : Achsstand des Fahrzeugs
- r : Radius der Kurve
- r₁ : Radius der Achsmittle der Vorderachse
- r₂ : Radius der Achsmittle der Hinterachse

$$r = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

$$v = r_1 - r_2$$

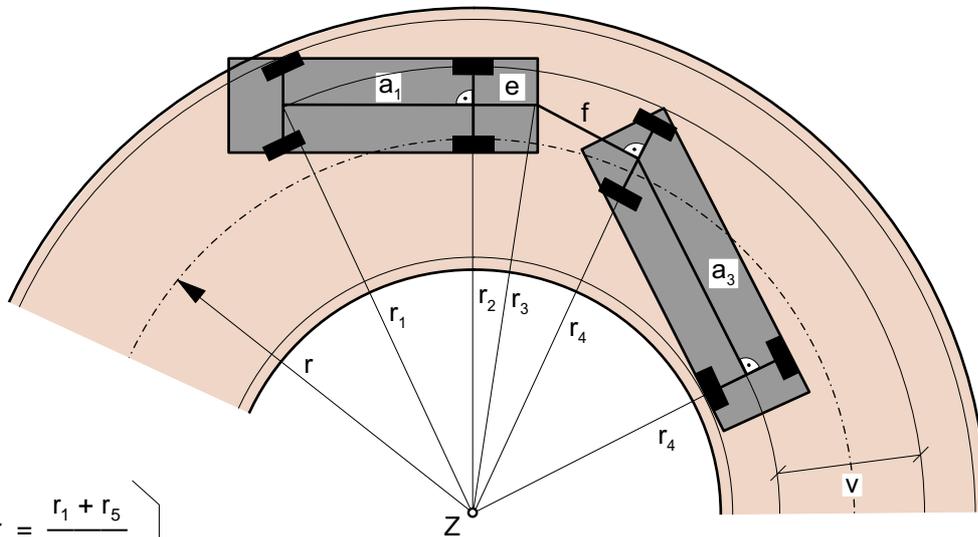
$$r_1^2 = r_2^2 + a^2$$

$$v = \frac{a^2}{2r}$$

für a = 5.9

$$v = \frac{18}{r}$$

Fahrbahnverbreiterung für Lastwagenzüge und Sattelschlepper



$$r = \frac{r_1 + r_5}{2}$$

$$v = r_1 - r_5$$

$$r_1^2 = r_2^2 + a_1^2$$

$$r_3^2 = r_2^2 + e^2$$

$$r_3^2 = r_4^2 + f^2$$

$$r_4^2 = r_5^2 + a_3^2$$

$$v = \frac{a_1^2 + f^2 + a_3^2 - e^2}{2r}$$

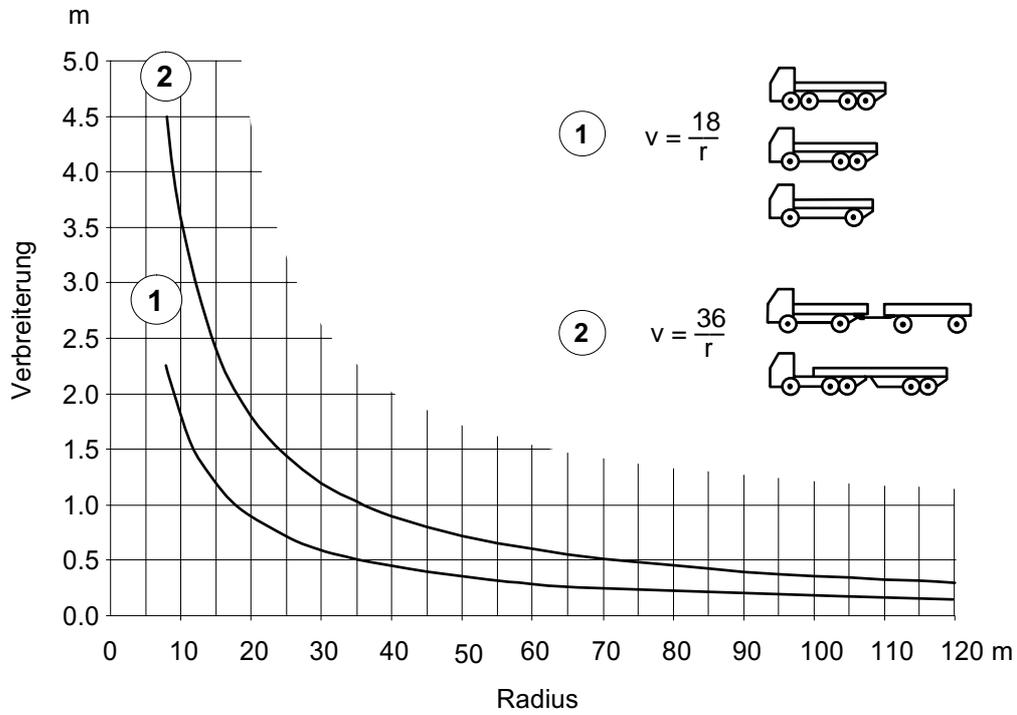
für a₁ = 5.0 m
 f = 3.1 m
 a₃ = 6.4 m
 e = 1.7 m

$$v = \frac{36}{r}$$

Fahrbahnbreite

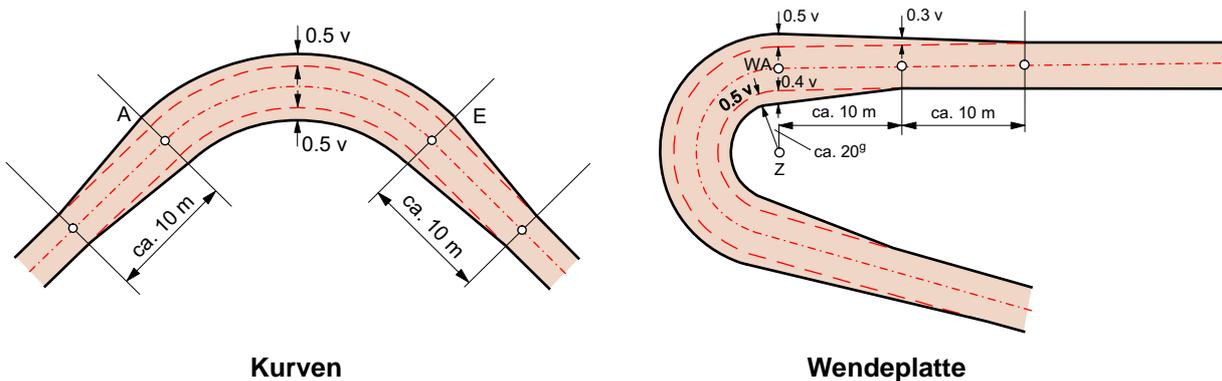
Fahrbahnverbreiterung in Kurven

Fahrbahnverbreiterung v in Abhängigkeit vom Kurvenradius



r (m)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	25	30	35	45	55	70	100
									18	20	22	25	30	35	45	55	70	100	200
$v = 36/r$	-	4.0	3.6	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
$v = 18/r$	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4		1.2		1.0		0.8		0.6		0.4		0.2		-

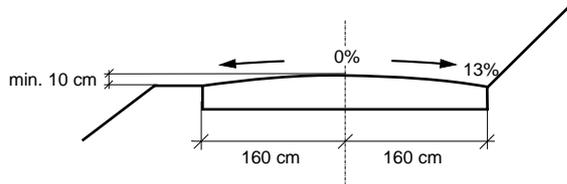
Anlage der Fahrbahnverbreiterung



Fahrbahnoberfläche

Fahrbahnform in Geraden

Bombierung



Vorteile:

- geringe Erosions- und Schwemmschäden (Halbierung der Wassermenge in der Strassenmitte);
- das von der bergseitigen Böschung anfallende Oberflächenwasser fliesst nicht über die Strasse;
- keine Gefahr des Querabgleitens der Fahrzeuge bei glatter Oberfläche.

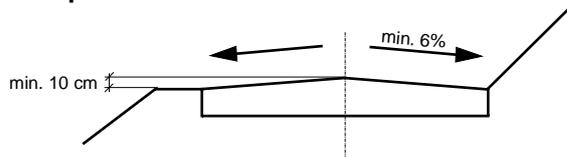
Nachteile:

- das am bergseitigen Strassenrand abfliessende Wasser erfordert eine unterirdische Querableitung
- allfällige maschinelle Schneeräumung erschwert.

Beurteilung:

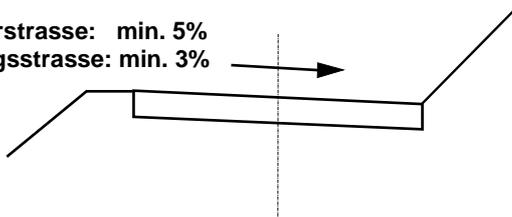
gute Lösung für Naturstrassen

Dachprofil



Fahrbahn mit einseitiger Querneigung bergwärts

Naturstrasse: min. 5%
Belagsstrasse: min. 3%



Vorteile:

- Oberflächenwasser fliesst nicht über die setzungsempfindlichen talseitigen Böschungen ab;
- Querabgleiten der Fahrzeuge bei glatter Oberfläche ungefährlich.

Nachteile:

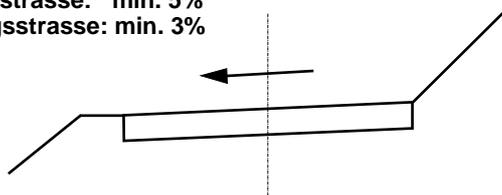
- das am bergseitigen Strassenrand abfliessende Wasser erfordert eine unterirdische Querableitung;
- Erosions- und Schwemmschäden bei Naturstrassen.

Beurteilung:

gute Lösung für Belagsstrassen

Fahrbahn mit einseitiger Querneigung talwärts

Naturstrasse: min. 5%
Belagsstrasse: min. 3%



Vorteile:

- keine unterirdische Querableitung des Wassers erforderlich.

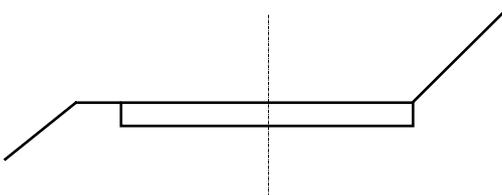
Nachteile:

- Erosions- und Schwemmschäden bei Naturstrassen;
- Setzungs- und Rutschungsschäden an den talseitigen Böschungen;
- Gefahr des Abgleitens der Fahrzeuge über die talseitige Böschung bei glatter Fahrbahn.

Beurteilung:

geeignete Fahrbahnform bei geringer Längsneigung, relativ flachem Gelände, kleinen Starkniederschlägen und gut durchlässigen Böden.

Fahrbahn horizontal



Vorteile:

- geeignetste Fahrbahnform vom fahrtechnischen Standpunkt aus.

Nachteile:

- Ableitung des Wassers von der Fahrbahn nicht gewährleistet (Einbau von Querrinnen notwendig);
- Erosions- und Schwemmschäden bei Naturstrassen;
- Setzungs- und Rutschungsschäden an den talseitigen Böschungen;

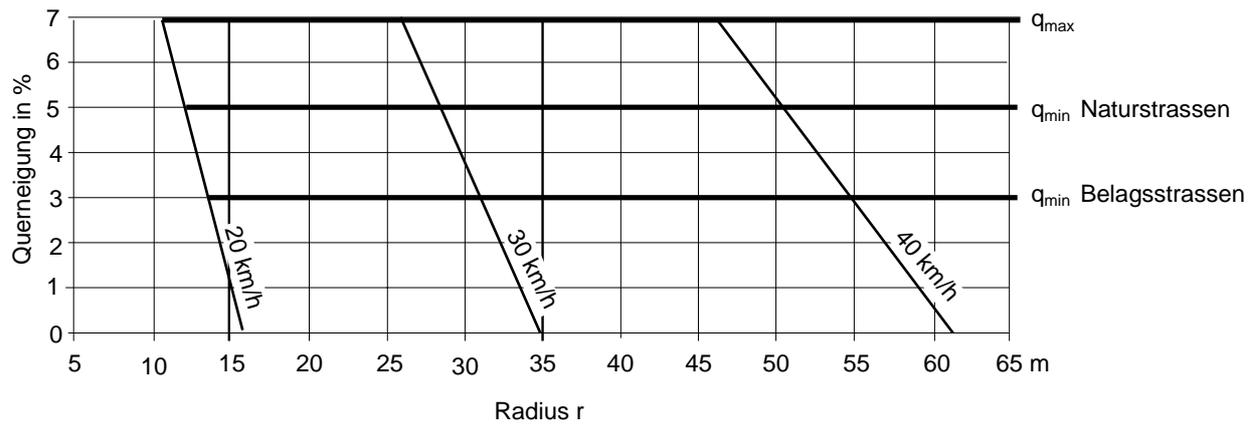
Beurteilung:

geeignete Fahrbahnform bei Naturstrassen mit geringem Verkehr sowie in Gebieten mit kleinen Starkniederschlägen und gut durchlässigen Böden

Fahrbahnoberfläche

Querneigung in Kurven

Querneigung in Funktion des Kurvenradius und der Fahrgeschwindigkeit



Fahrbahngestaltung bei Wald- und Güterstrassen

Naturstrassen:

- Geraden: Bombierung oder $q = 5\%$
- Kurven mit $r \geq 20$ m wie in Geraden
- Kurven mit $r < 20$ m $q = 5\%$ (Fahrbahn gegen das Kurvenzentrum geneigt)

Belagsstrassen:

- Geraden: $q = 3\%$
- Kurven mit $r \geq 60$ m wie in Geraden
- Kurven mit $r < 60$ m $q = 5\%$ (Fahrbahn gegen das Kurvenzentrum geneigt)

Bankette

Funktion:

- Verhindern des seitlichen Ausquetschens des Oberbaus durch die schweren Fahrzeuge
- Verbesserung der optischen Linienführung der Strasse

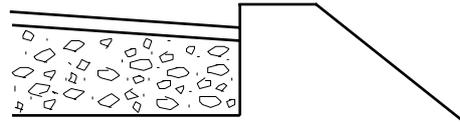
Breite:

Abtragsbankett: 0 - 50 cm
 Auftragsbankett: 50 - 100 cm

Gestaltung:

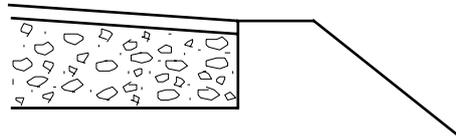
Ueberhöhtes Bankett:

- gute optische Linienführung
- geringe Gefahr der Beschädigung
- Wasserauslaufschlitze notwendig



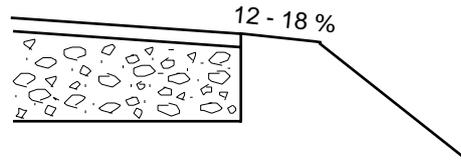
Horizontales Bankett auf Höhe der Strasse:

- keine Wasserauslaufschlitze notwendig
- Gefahr der Beschädigung



Quergeneigtes Bankett auf Höhe der Strasse:

- keine Wasserauslaufschlitze notwendig
- Gefahr der Beschädigung



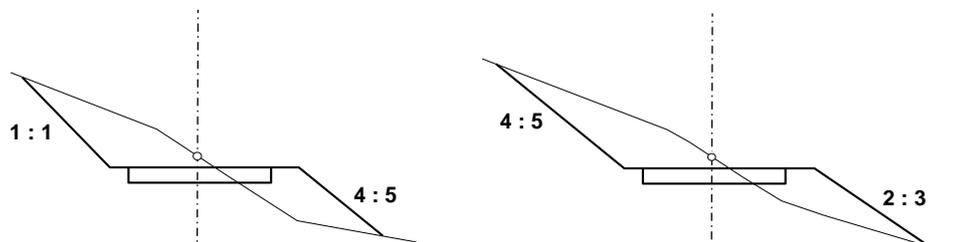
Böschungen

Grundsatz: Gewährleistung eines möglichst natürlichen Uebergangs vom Strassenkörper zum natürlich gewachsenen Terrain

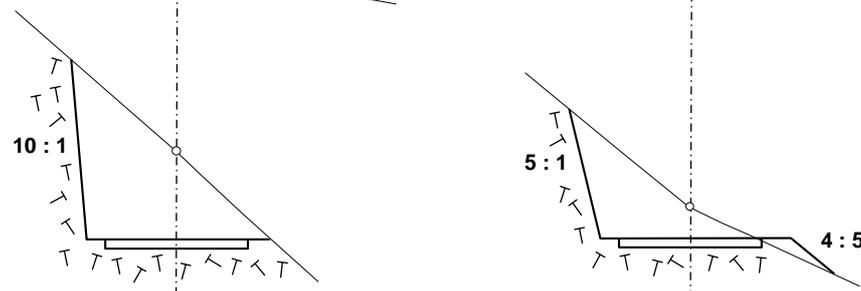
Abtragsböschungen: im natürlich gefestigtem Boden \longrightarrow grössere Neigung
Auftragsböschungen: aus geschüttetem Material \longrightarrow kleinere Neigung

Neigung

Lockergestein



Festgestein



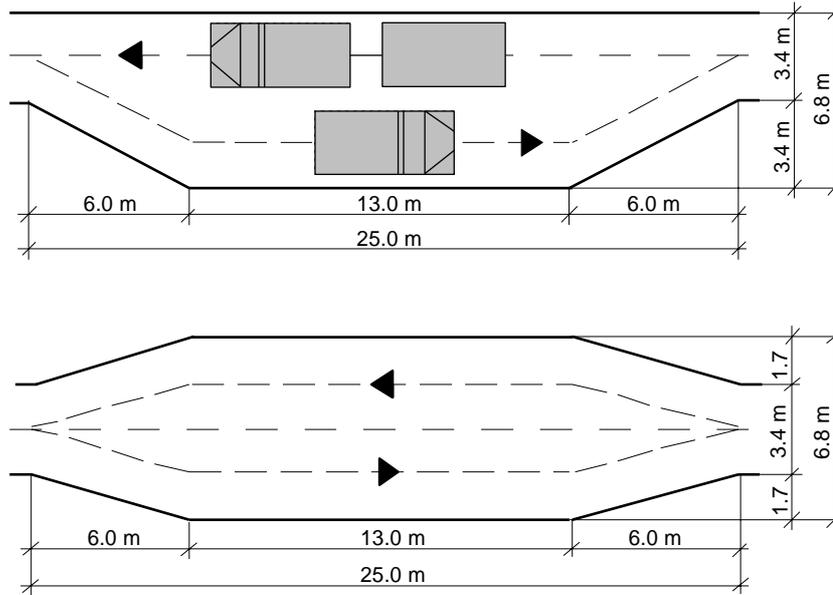
Ausweichstellen

Fahrbahn bei Wald- und Güterstrassen:

einspurige Fahrbahn \longrightarrow für das Kreuzen der Fahrzeuge Ausweichstellen notwendig

- Anordnung:**
- bei Erschliessungs- und Sammelstrassen alle 150 - 200 m
 - bei Verbindungsstrassen auf Sichtweite
 - an günstigen Stellen (unübersichtliche Kurven, Rippen und Mulden)

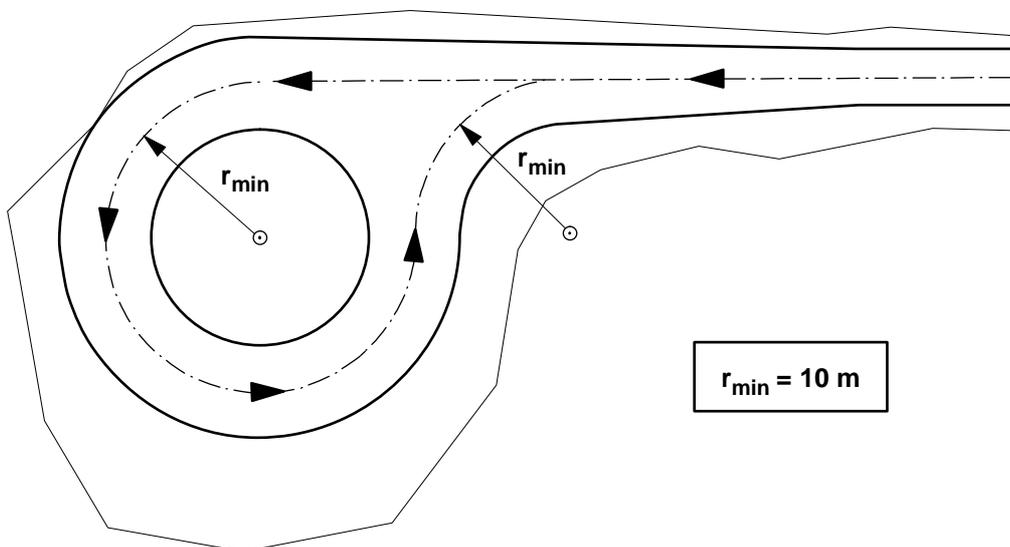
Gestaltung



Kehrplätze

Anordnung: alle 300 - 500 m sowie am Ende einer Sackgasse

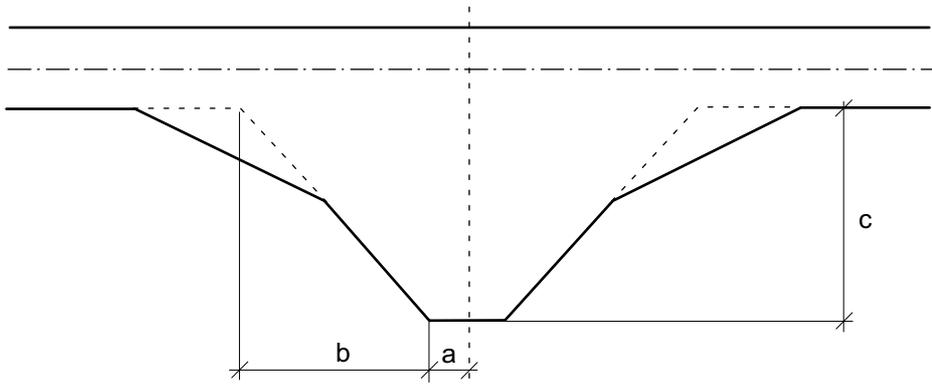
Wendepplatz für Lastwagenzug



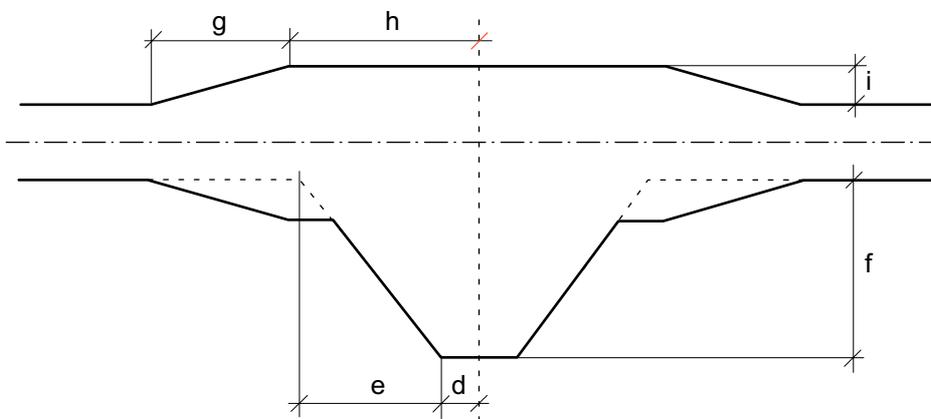
Kehrplätze

Kehrplätze für Lastwagen

Einseitige Anordnung



Beidseitige Anordnung



Ausmasse in Metern

	einseitige Anordnung			beidseitige Anordnung					
Beispiele für:	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Kipplastwagen	1.5	7.0	8.0	1.7	5.0	5.0	6.0	6.5	3.4
Achsstand 4.5 m				1.7	5.0	6.5	5.0	8.0	1.7
Grosser Lastwagen	2.0	8.0	10.0	2.0	5.0	7.0	6.0	9.0	3.4
Achsstand 5.0 m				2.0	6.0	8.5	5	10.0	1.7

4. Kurvenabsteckung

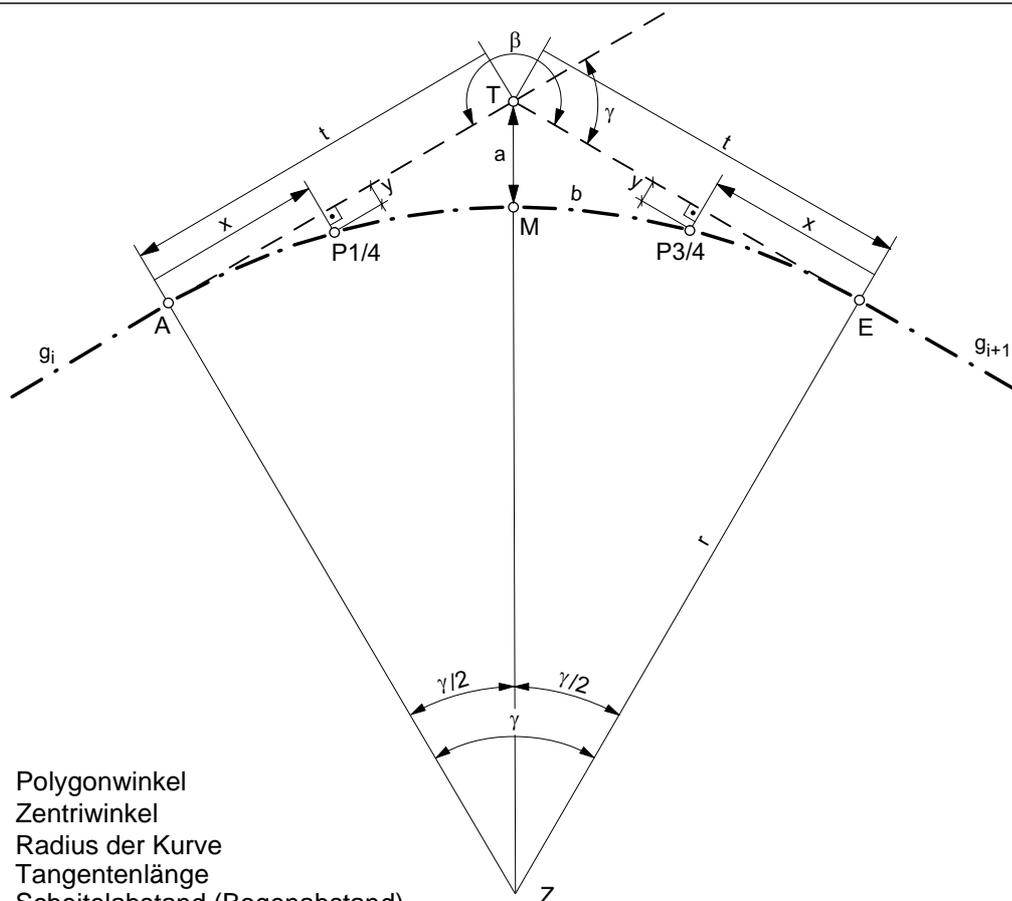
4.1 Einleitung

Kurven

Kreisbögen	Absteckung: Fahrverhalten:	einfach weniger günstig	Wald- und Güterstrassen
Kreisbögen mit Uebergangsbögen	Absteckung: Fahrverhalten:	aufwendig günstig	Hauptverkehrsstrassen

4.2 Kreisbogenabsteckung nach der Koordinatenmethode

Begriffe

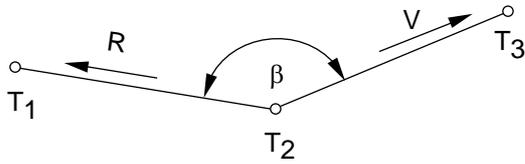


- β : Polygonwinkel
- γ : Zentriwinkel
- r : Radius der Kurve
- t : Tangentenlänge
- a : Scheitelabstand (Bogenabstand)
- b : Bogenlänge
- x, y : rechtwinklige Koordinaten für beliebige Kurvenpunkte

- T : Tangentenschnittpunkt
- A : Bogenanfang
- M : Bogenmitte
- E : Bogenende
- $P_{1/4}, P_{3/4}$: Viertelpunkte

Vorgehen bei der Kurvenabsteckung

1. Messen des Polygonwinkels β



$\beta = V - R = \text{Winkel links zum Vorblick}$

2. Festhalten der Winkelhalbierenden im Gelände:

$w = \frac{V + R}{2}$

3. Berechnung des Zentriwinkels:

$\beta > 200^g \quad \gamma = \beta - 200^g$
 $\beta < 200^g \quad \gamma = 200^g - \beta$

4. Eingang in die Tabelle Kreisbogenabsteckung mit dem Zentriwinkel γ und Herauslesen der Kurvenelemente für einen Radius $r_0 = 100 \text{ m}$

oder

Berechnung der Kurvenelemente mit dem Taschenrechner für einen Radius $r_0 = 100 \text{ m}$

5. Wahl des Radius bzw. der Tangentenlänge und Berechnung der Kurvenelemente für diesen Radius bzw. für diese Tangentenlänge unter Berücksichtigung folgender Beziehungen:

$\frac{r}{r_0} = \frac{t}{t_0} = \frac{a}{a_0} = \frac{b}{b_0} = \frac{x}{x_0} = \frac{y}{y_0} = k$

$r \text{ gewählt} \longrightarrow k = \frac{r}{r_0} \longrightarrow t = k \cdot t_0 \quad a = k \cdot a_0 \quad \text{usw.}$
 $t \text{ gewählt} \longrightarrow k = \frac{t}{t_0} \longrightarrow r = k \cdot r_0 \quad a = k \cdot a_0 \quad \text{usw.}$

6. Absteckung der Kurve im Gelände

- Bogenhauptpunkte (A,M,E) vom Tangentenschnittpunkt aus;
- Viertelpunkte sowie beliebige Punkte vom Bogenanfang A bzw. Bogenende E aus.

Berechnung der Kurvenelemente mittels der Tabelle Kreisbogenabsteckung

Kurvenelemente													Projekt: _____	
													Datum: _____	
T-Punkt	β	γ	r	t	Δ	a	Δ	b	Δ	x	Δ	y	Δ	
T_1	220.83	20.83												
		21.00	100	16.64		1.38		32.99		8.24		0.34		
					40		07		79		20		02	
		20.50	100	16.24		1.31		32.20		8.04		0.32		
		33/50		0.26		0.05		0.52		0.13		0.01		
		20.83	100	16.50		1.36		32.72		8.17		0.33		
			70	11.55		0.95		22.90		5.72		0.23		

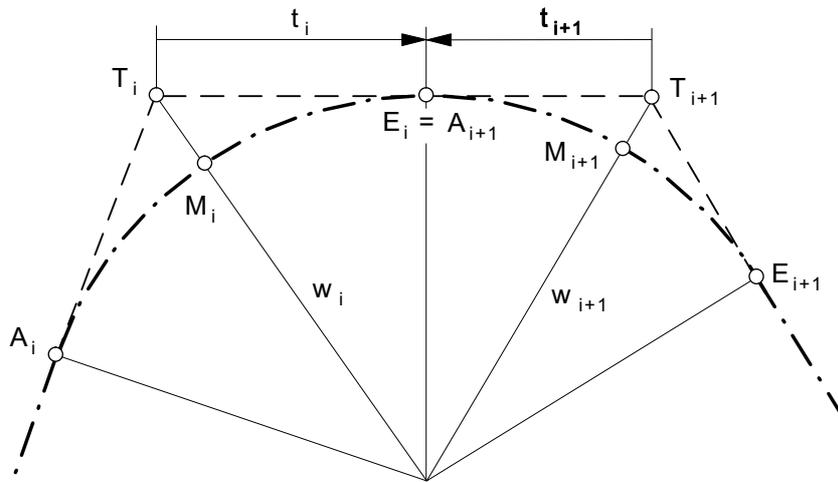
Zusammenhängen von Kurven

Zusammenhängen von zwei gleichgerichteten Kurven

Grundsatz: Zwei gleichgerichtete Kurven immer mit gleichen Radien zusammenhängen

Vorgehen:

1. Messen der Polygonwinkel β_i und β_{i+1}
2. Festhalten der Winkelhalbierenden w_i und w_{i+1} im Gelände
3. Messen der Polygonseite $T_i T_{i+1}$ ($= t_i + t_{i+1}$) mit dem Messband
4. Berechnung der Zentriwinkel γ_i und γ_{i+1}
5. Berechnung der Kurvenelemente für γ_i und γ_{i+1} sowie $r_o = 100$ m
 -----> t_o und t_{o+1}
6. Berechnung des gemeinsamen Faktors k : $k = \frac{T_i T_{i+1}}{t_o + t_{o+1}} = \frac{r}{r_o}$
7. Berechnung der Kurvenelemente für die Kurven in T_i und T_{i+1} mit dem gemeinsamen Faktor k



Bemerkung: t_i sowie t_{i+1} können kleiner als 10 m sein.

Beispiel: $T_i T_{i+1} = 26.3$ m, $t_o + t_{o+1} = 92.23$ m -----> $k = 0.2852$

Kurvenelemente													Projekt: -----
													Datum: -----
T-Punkt	β	γ	r	t	Δ	a	Δ	b	Δ	x	Δ	y	Δ
T_i	260.19	60.19	100	51.14		12.32		94.55		23.42		2.78	
T_{i+1}	249.64	49.64	100	41.09		8.11		77.97		19.37		1.89	
				92.23									
T_i	260.19	60.19	28.52	14.58		3.51		26.96		6.68		0.79	
T_{i+1}	249.64	49.64	28.52	11.72		2.31		22.24		5.52		0.54	

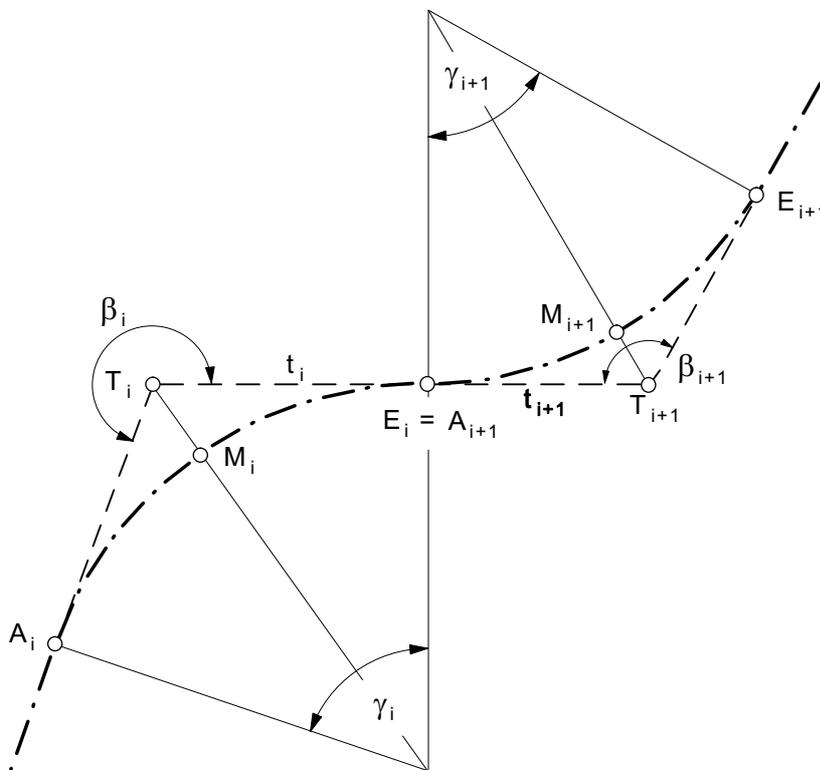
Zusammenhängen von Kurven

Zusammenhängen von zwei entgegengesetzt gerichteten Kurven

Grundsatz: Zwei entgegengesetzt gerichtete Kurven mit gleichen oder ähnlichen Radien zusammenhängen ($r_i / r_{i+1} = 0.5 - 2.0$)

Vorgehen:

- gleiche Radien: Kurven mit ähnlicher Richtungsänderung; gleiches Vorgehen wie bei zwei gleichgerichteten Kurven
- ähnliche Radien: Kurven mit unterschiedlicher Richtungsänderung; Festlegen der Tangentenlänge für die Kurve mit der grösseren Richtungsänderung (möglichst lange Tangente)



Bemerkung: t_i sowie t_{i+1} sollten ≥ 10 m sein.

Zusammenhängen von mehreren Kurven

Grundsatz: Kurven mit möglichst ähnlichen Kurven zusammenhängen

Vorgehen: Festlegen der Tangentenlänge für die Kurve mit der grössten Richtungsänderung (möglichst lange Tangente)

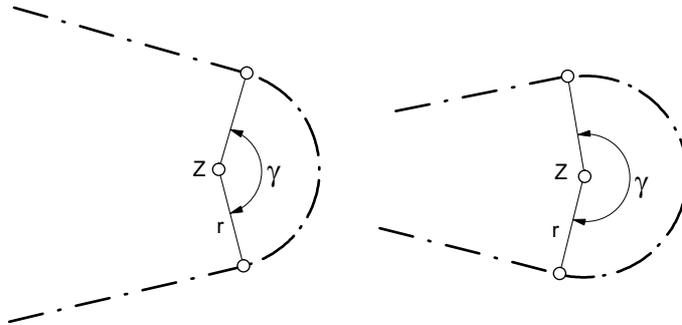
4.3 Absteckung von Wendepplatten

Allgemeines

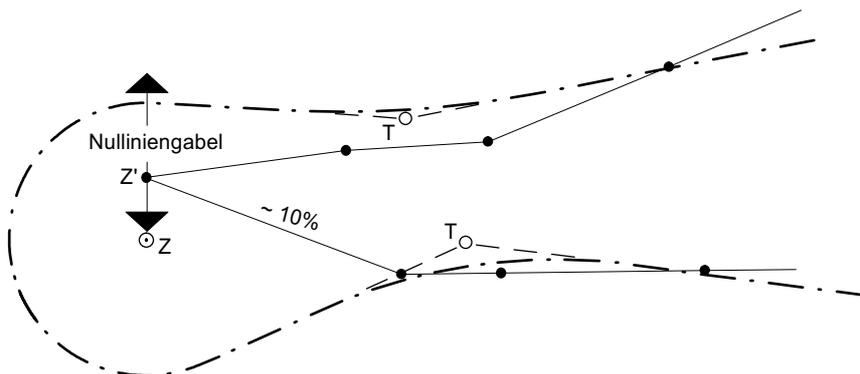
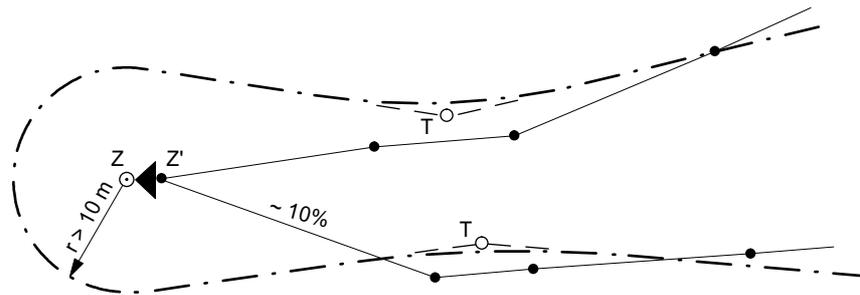
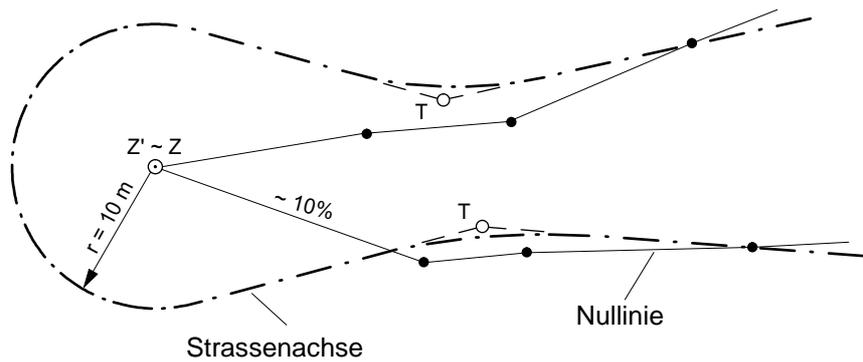
Wendepplatte: Kurve mit kleinem Radius und grossem Zentriwinkel
Absteckung vom Zentrum aus

$$8 \text{ m} \leq r \leq 25 \text{ m}$$

$$150^\circ \leq \gamma \leq 250^\circ$$



Lage des Zentrums der Wendepplatte: Im Bereich des Wendepunktes der Nulllinie
(Nulliniengabel)



5. Feldarbeiten bei der Detailprojektierung von Wald- und Güterstrassen

Aufgabe und Arbeitsschritte

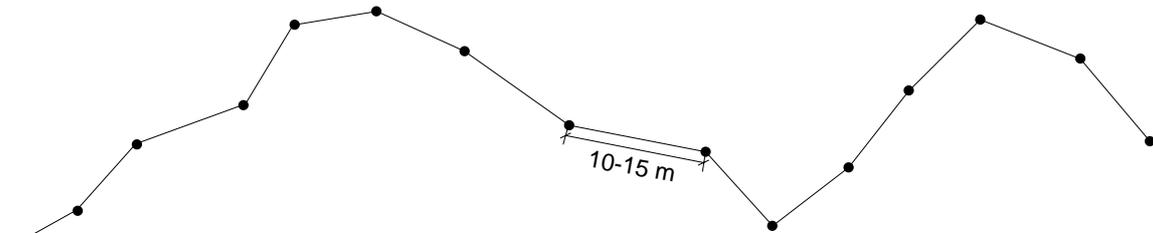
Aufgabe: - Festlegen der horizontalen Linienführung der Strasse im Gelände unter Berücksichtigung der Geländeverhältnisse, der geometrischen Grundlagen, der Bauausführung und der Aspekte des Landschafts- und Naturschutzes;

- Aufnahme der abgesteckten Vermessungspunkte (Polygonpunkte, Achspunkte) und des Geländes (im Bereich der geplanten Strasse)

- Arbeitsschritte:**
- Rekonstruktion der Nulllinie
 - Festlegen des Polygonzuges (Strecken der Nulllinie)
 - Aufnahme des Polygonzuges
 - Abstecken der Strassenachse
 - Längenmessung (Abstand zwischen den Achspunkten)
 - Nivellement (Höhe der Achspunkte)
 - Aufnahme der Querprofile (Erfassung des Geländeverlaufs senkrecht zur Strassenachse)
 - Geländeprotokoll

Rekonstruktion der Nulllinie

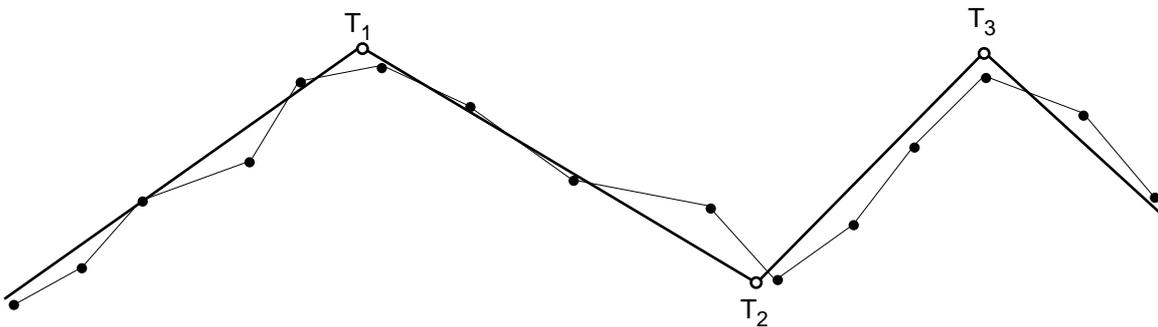
- Aufgabe:**
- Kontrolle, Rekonstruktion und evtl. Anpassung der im Rahmen der Erschliessungsplanung abgesteckten Nulllinie
 - Verdichtung der Nulllinienpunkte (Abstand 10 - 15 m)



Bedeutung der Nulllinie: wichtigste Grundlage beim Festlegen des Polygonzuges

Festlegen des Polygonzuges

- Aufgabe:** Strecken der Nulllinie, so dass eine flüssige Linienführung bei guter Anpassung an das Gelände erreicht wird.



Bemerkung: wichtigster Arbeitsschritt im Rahmen der Feldarbeiten, nämlich durch den Polygonzug ist die horizontale Linienführung der Strasse weitgehend festgelegt

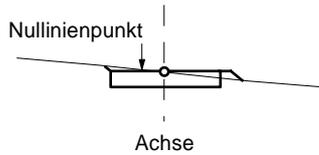
Festlegen des Polygonzuges

Gesichtspunkte beim Festlegen des Polygonzuges:

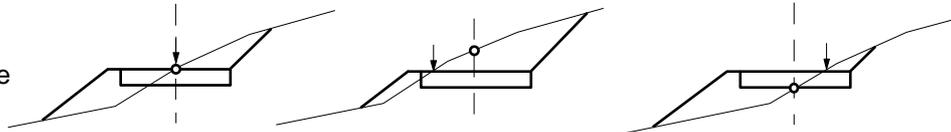
- Nulllinienpunkt \approx Höhenlage der fertigen Strasse

- Geländeneigung

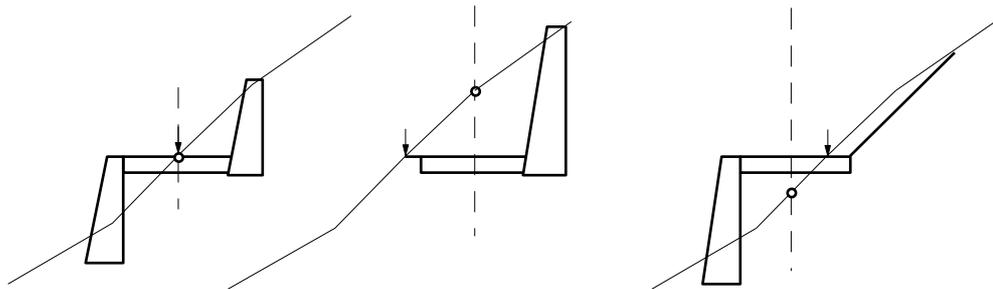
· flaches Gelände



· geneigtes Gelände



· steiles Gelände



- Bodenbeschaffenheit (Locker- oder Festgestein, Hangstabilität)

- Abstand zwischen zwei Polygonpunkten (Tangentenschnittpunkten)

· $T_i T_{i+1} \geq 30 \text{ m}$

· $T_i T_{i+1} < 30 \text{ m}$

meist Zwischengerade von mehr als 10 m möglich

Kurven zusammenhängen

- Minimalradien

Erschliessungsstrassen: $r_{\min} = 20 \text{ m}$

Sammelstrassen: $r_{\min} = 30 \text{ m}$

Verbindungsstrassen: $r_{\min} = 50 \text{ m}$

- Scheitelabstand a (Abstand von M zu T)

- Normalprofil

Fahrbahnbreite
Kurvenverbreiterungen
Breite der Bankette
Böschungsneigungen

Aufnahme des Polygonzuges

Aufgabe: Bestimmung der Polygonwinkel, der Länge der Polygonseiten und evtl. der Höhenunterschiede zwischen den Polygonpunkten

Geräte:

- Polygonwinkel: Theodolit, Bussole
- Polygonseiten: Theodolit, Messband
- Höhenunterschiede: Theodolit

Bemerkungen:

- Erstellen der Skizze des Polygonzuges als Entscheidungshilfe für die Wahl der Kurvenradien
- Im Hinblick auf das Zusammenhängen der Kurven kurze Polygonseiten (< 30 m) auf Zentimeter genau messen (Messband)

Aufnahme des Polygonzuges mit dem Theodolit

Formeln für die Berechnung der Messgrößen:

- Polygonwinkel: $\beta = V - R$
- Polygonseite: $d = (c + k \cdot \ell) \cos^2 \alpha$
- Höhenunterschiede: $\Delta H = d \cdot \operatorname{tg} \alpha + i - z$

Protokoll

POLYGONZUG	Projekt : Luftschloss	Datum : 13. 7. 93
		Wetter : leichter Regen
		Instrument : Wild TO 5

Visur	Horizontalwinkel		Richtung w	Optische Längenmessung							
	FRL I	FRL II	FRL II	ℓ	A	FRL	α	d	i	z	Δh
V 8-9	361.68	161.69	161.69	0.176	94.27	I	5.73	17.46	1.29	1.39	1.48
R 8-7	187.01	387.00	387.00	0.196	110.81	I	-10.81	19.04	1.29	1.40	-3.37
V - R	174.67	174.69	548.69 = V+R								
β 8		174.68		274.35 = (V+R)/2							
						Linkskurve <input checked="" type="checkbox"/>					Bem.:
						Rechtskurve <input type="checkbox"/>					
Visur	FRL I	FRL II	FRL II	ℓ	A	FRL	α	d	i	z	Δh
V 9-10	163.69	363.69	363.69	0.529	93.72	I	6.28	52.39	1.41	1.06	5.53
R 9-8	337.59	137.59	137.59	0.176	105.41	I	-5.41	17.47	1.41	1.39	-1.47
V - R	226.10	226.10	501.28 = V+R								
β 9		226.10		250.64 = (V+R)/2							
						Linkskurve <input type="checkbox"/>					Bem.:
						Rechtskurve <input checked="" type="checkbox"/>					

ℓ : Lattenausschnitt definiert durch die Distanzfäden
 A : Ablesung des Vertikalwinkels
 i : Instrumentenhöhe
 z : Lattenablesung am horizontalen Hauptfaden

Abstecken der Strassenachse

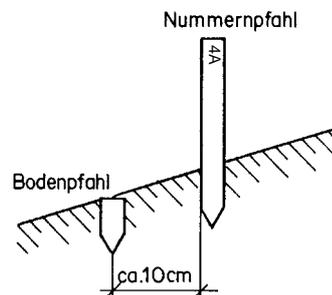
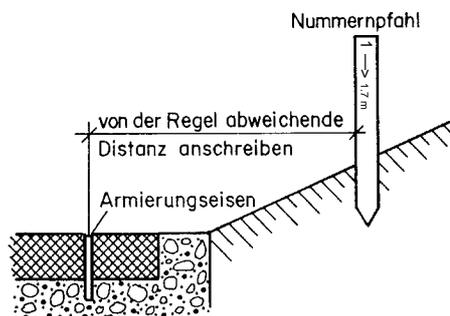
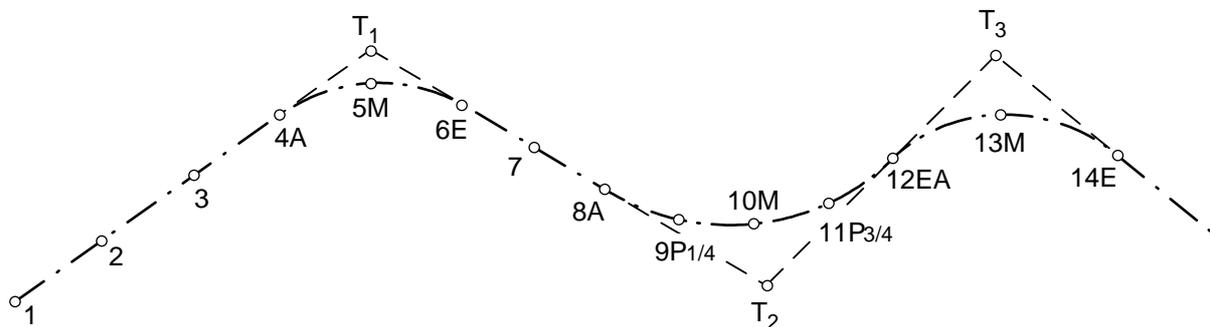
Aufgabe: Festlegen der Strassenachse im Gelände durch das Abstecken der Achspunkte in den Kurven und auf den Zwischengeraden

Abstecken der Kurven: siehe Kapitel 4

Abstecken von Achspunkten auf den Zwischengeraden:

- Abstand zwischen dem Bogenende E und dem Bogenanfang A zweier Kurven >15 m
- Geländeverhältnisse

Numerierung der Achspunkte



Längenmessung

Aufgabe: Bestimmung der Horizontaldistanz zwischen den Achspunkten und der laufenden Länge der Strassenachse

Zweck:

- Grundlage für das Aufzeichnen der Situation und des Längenprofils
- Grundlage für die Längenprofilberechnung
- Aufsuchen der Achspunkte im Gelände

Bestimmung der Horizontaldistanz zwischen den Achspunkten:

- Genauigkeit: Ermittlung auf Dezimeter genau
- Horizontaldistanz zwischen den Bogenpunkten: Bestimmung aufgrund der bei der Berechnung der Kurvenelemente ermittelten Bogenlänge (z.B. $b = 20.48$ m \rightarrow halbe Bogenlänge 10.2 und 10.3 m)
- Horizontaldistanz zwischen den Achspunkten der Zwischengeraden: Ermittlung mit dem Messband (Hin- und Rückmessung)

Nivellement

Aufgabe: Bestimmung der Höhe aller Achspunkte

Zweck:

- Grundlage für das Aufzeichnen des Längenprofils
- Grundlage für die Längenprofilberechnung

Art von Nivellement: Flächennivellement (Hin- und Rücknivellement)

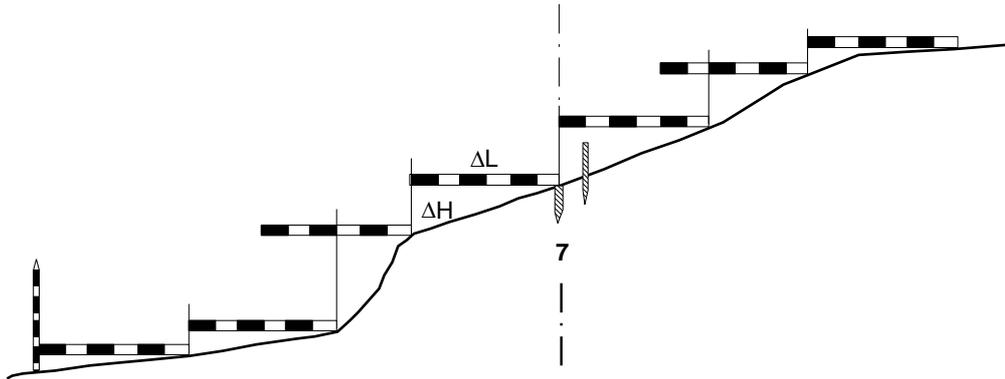
Pkt. Nr.	z	I	H	Bemerkungen
1	3.73	1053.73	1050.00	Höhe über Meer
2	2.50		1051.23	
3	1.09		1052.64	
4A	0.69		1053.04	
4*	0.46		1053.27	
4*	3.41	1056.68	1053.27	←
4A	3.64	1056.68	1053.04	←
5M	2.25		1054.43	
6E	1.36		1055.32	
7	0.53		1056.15	
			etc.	

Aufnahme der Querprofile

Aufgabe: Erfassung des Geländeverlaufs senkrecht zur Strassenachse

Zweck: Grundlage für die Darstellung der Querprofile

Prinzip: Aufnahme des Geländeverlaufs durch Messen von Horizontalabständen und Höhenunterschieden



Protokoll

Querprofile									
links				Profil-Nr.	rechts				Bemerkungen
L	ΔL	ΔH	H		L	ΔL	ΔH	H	
0.0	3.0	-1.0	0.0	7	0.0	3.0	+1.3	0.0	
3.0	1.5	-2.5	-1.0		3.0	2.0	+1.2	+1.3	
4.5			-3.5		5.0			+2.5	
7.5	3.0	-0.9	-4.4		8.0	3.0	+0.4	+2.9	
10.5	3.0	-0.5	-4.9						

Bemerkung: Je nach Hangneigung ist das Terrain beidseits der Achse 6 - 12 m weit aufzunehmen.

Geländeprotokoll

Aufgabe: Aufnahme und Beurteilung aller für die Ausarbeitung des Projektes wichtigen Entscheidungsgrundlagen

Inhalt des Geländeprotokolls:

- Lage der Nulllinie in einzelnen Profilen
- Fixpunkte für die Höhe der fertigen Strasse
- Geeignete Stellen für Ausweichstellen, Kehrplätze, Lagerplätze und Deponien
- Lage von Querungen von Fliessgewässern
- Vernässte Partien
- Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit
- Beurteilung des Felsvorkommen
- Beurteilung der Tragfähigkeit des Untergrundes
- Beurteilung der Hangstabilität
- Hinweise hinsichtlich der Organisation der Baustelle
- Aufnahmen zur Ergänzung der Situation (Gebäude, Marksteine und Eigentumsgrenzen, bestehende Strassen und Wege, stehende und fliessende Gewässer, Werkleitungen, Waldränder, Biotope usw.)

6. Ausarbeitung des Detailprojektes

6.1 Einleitung

Detailprojektierung

Feldarbeiten:

- Festlegen der horizontalen Linienführung:
Abstecken der Strassenachse im Gelände und Aufnahme der Strassenachse
- Erfassung der Geländeverhältnisse:
Oberflächenbeschaffenheit, Untergrundverhältnisse, Hangstabilität, Fliessgerinne usw.

Ausarbeitung im Büro:

- Festlegen der vertikalen Linienführung:
Gradiente = Linie der Strasse auf Projekthöhe, Längenprofilberechnung
- Ermittlung der Erdverschiebungen:
Abtrags- und Auftragsmassen, Massenberechnung
- Festlegen:
Kunstabauten
Ausweichstellen
Kehr- und Lagerplätze
Deponien
Durchlässe und Drainagen
Art des Oberbaus
usw.
- Durchführen der Kostenplanung
- Technischer Bericht

Ausarbeitungsmethoden

Konventionelle Ausarbeitungsmethode:

- Ausarbeitung auf den Plänen
- Berechnungen mit Taschenrechner
- Zeichnen der Pläne von Hand

Ausarbeitung mit Grossrechner und Plotter

z.B. Programm Wald der Fides, ca.1970

Ausarbeitung mit Personalcomputer und Plotter:

- Programm Chemin (Perrin, ca.1985)
- Programm Mac Waldstrasse (Bezzola, 1988)
- Programm Forest (Inser, 1988)
- Programm PC Waldstrasse (Fides, 1991)

6.2 Vorarbeiten

Vorarbeiten bei der konventionellen Ausarbeitungsmethode

Stationierungstabelle:

- Grundlage: Daten aus dem Feldbuch
- Inhalt: laufende Projektlänge
Länge zwischen den Achspunkten
Terrainhöhe der Achspunkte
Kurvenelemente und Polygonwinkel

Situationsplan (1:1000, evtl. 1:500):

- Grundlagen: Stationierungstabelle
Feldprotokoll
- Inhalt: Strassenachse mit T-Punkten u. Radien,
Grenzen, Gebäude, Waldränder, Strassen, Gewässer, Felsuntergrund usw.
- Bedeutung: untergeordnet bei der Festlegung der vertikalen Linienführung (Gradienten),
wichtig für die Festlegung der Durchlässe, Ausweichstellen, Kehr- und Lagerplätze
- Bedeutung beim fertigen Projekt:
wichtig insbesondere für die Orientierung der Bauherrschaft und der einspracheberechtigten Kreise

Längenprofil (L: 1:1000, H: 1:100)

- Grundlage: Stationierungstabelle
- Inhalt: Höhenverlauf der im Gelände abgesteckten Strassenachse
- Bedeutung: wichtige Grundlage für die Festlegung der vertikalen Linienführung,
d.h. der Gradienten
- Bedeutung beim fertigen Projekt:
einzig von Bedeutung für die zur Kenntnisnahme der Neigungsverhältnisse der Gradienten

Querprofile (1:100)

- Grundlage: Stationierungstabelle
Feldbüchlein: Geländewerte der Querprofile
- Inhalt: Geländeverlauf senkrecht zur Strassenachse für jeden Achspunkt
- Bedeutung: wichtige Grundlage für die Festlegung der vertikalen Linienführung,
d.h. der Gradienten
- Bedeutung beim fertigen Projekt:
wichtigste Grundlage für die Ausführung der Bauarbeiten

Vorarbeiten bei der Ausarbeitung mit PC

1. Möglichkeit

- Stationierungstabelle:
 - Grundlage: Daten aus dem Feldbuch
 - Inhalt: laufende Projektlänge
Länge zwischen den Achspunkten
Terrainhöhe der Achspunkte
Kurvenelemente und Polygonwinkel

- Eingeben der Daten der Stationierungstabelle sowie der Geländewerte der Querprofile (Feldbüchlein) in den Personalcomputer

2. Möglichkeit

- Eingeben der Daten im Felde in ein mobiles Datenaufnahmegerät
- Direkter Transfer der Daten in den Personalcomputer

Normalprofil

Definition: Das Normalprofil definiert den Regelquerschnitt der Strasse

Fahrbahnbreite:	3.2 - 3.8 m
Fahrbahnverbreiterungen:	
- Trämeltransport:	$v = 18/r$
- Langholztransport:	$v = 36/r$
Bankettbreiten:	
- Auftragsbankett:	0.5 - 1.0 m
- Abtragsbankett:	0.0 - 0.5 m
Strassengräben:	Trapezgraben Spitzgraben
Randabschlüsse:	Bitumenwülste Hochborde Stellsteine Schalen
Böschungsneigungen:	
- Lockergestein:	Abtrag 1:1 oder 4:5 Auftrag 4:5 oder 2:3
- Festgestein (Fels):	Abtrag 10:1 Granit, Gneis 5:1 Kalk, Bündnerschiefer 3:1 Nagelfluh
Oberbau	
- Deckschicht:	natürlich gebundene Deckschicht künstlich gebundene Deckschicht
- Tragschicht:	Baustoffe, Schichten, Dicke
Gestaltung der Fahrbahnoberfläche:	Bombierung, Dachprofil, einseitige Querneigung bergwärts bzw. talwärts, horizontale Fahrbahn
Projekthöhe:	Höhe der fertigen Strasse Höhe des Planums

Normalprofil zu weiteren Anlagen

Entwässerung und Wasserableitung

- Offene Gräben: Tiefe, Böschungsneigung, Art der Sohlensicherung
- Sickerleitungen: Lage ausser- oder innerhalb der Fahrbahn, Sickerrohrtyp, Sickermaterial
- Durchlässe: Rohrtyp, Neigung der Rohre, Umhüllung der Rohre
- Schächte: Lage ausser- oder innerhalb der Fahrbahn, Schachttyp
- Randabschlüsse: Baustoff, Höhe, Breite

Kunstabauten

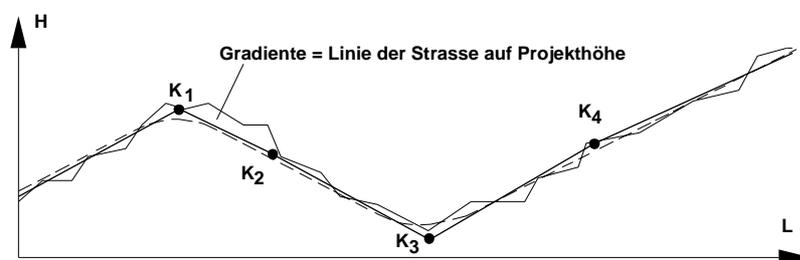
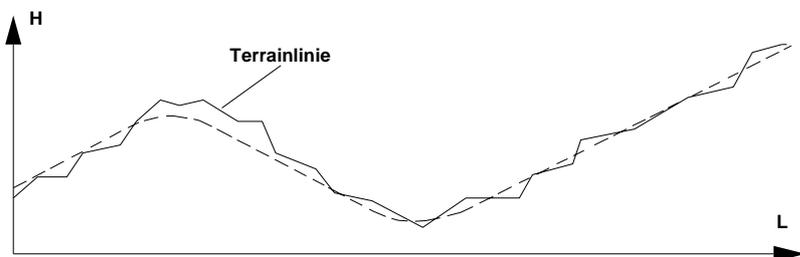
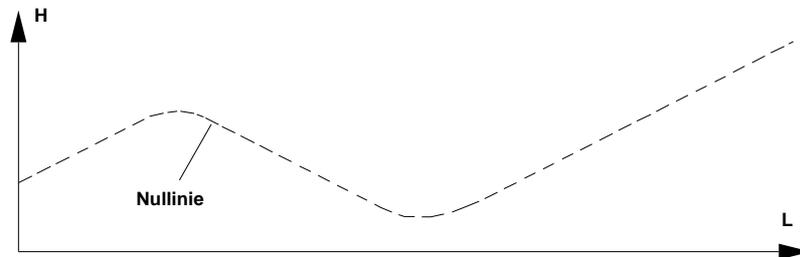
- Stützwerke: Art, Ausbildung und Dimensionierung
- Brücken: Art, Ausbildung und Dimensionierung
- Furten: Ausbildung

Böschungssicherungsmassnahmen

- Böschungsfüsse: Ausbildung
- Blocksätze:
Rollierungen: Ausbildung

6.3 Festlegen der vertikalen Linienführung

Grundprinzip

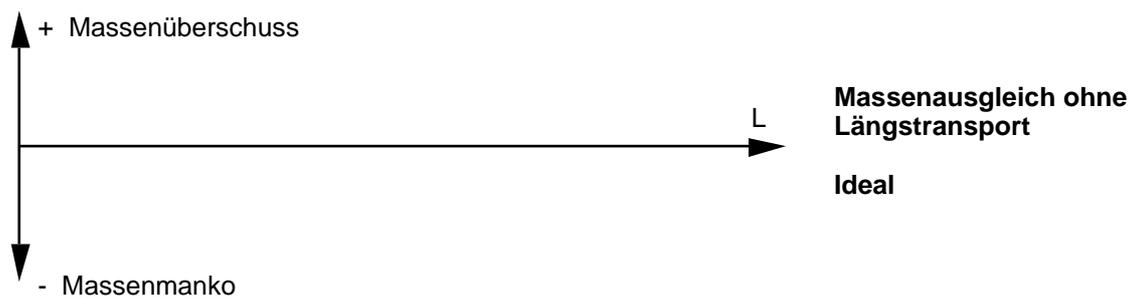
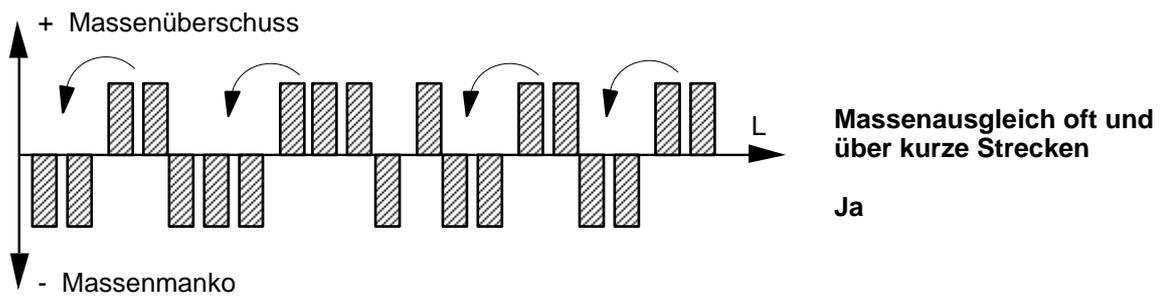
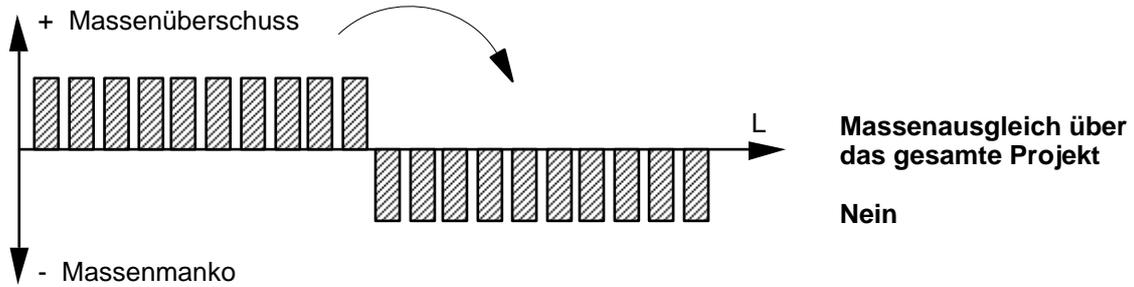


Gesichtspunkte für die Wahl der Gradiente

- Topographie:
 - flaches Gelände
 - steiles Gelände
- Fahrtechnik
- Strassentyp

Wahl der Gradiente im flachen Gelände

Prinzip des Massenausgleichs: Verwendung der gesamten abgetragenen Erdmassen für die Schüttung von Dämmen und Böschungen, Ausnahme organisches Material



Optimale Gradiente im flachen Gelände: Bei minimalen Abtrag möglichst oft Massenausgleich

Wahl der Gradiente im flachen Gelände



Konzept Massenausgleich

Wahl der Gradiente im steilen Gelände

Vorbemerkungen:

- Im steilen Gelände Festlegung der Lage der Gradiente nicht mehr aufgrund des Prinzips des Massenausgleichs möglich, sonst
 - > zu viele talseitige Stützkonstruktionen
 - > zu viele schleifende Böschungen
- Prinzip des Massenausgleichs nicht mehr anwendbar ab Hangneigungen von ca. 50 %, Grund: mögliche Neigung der Auftragsböschungen ca. 80 % (4 : 5)
- Zur Vermeidung von zahlreichen Böschungfüsse, Rollierungen und Kunstbauten im steilen Gelände Verlegung der Strasse ganz in den Einschnitt
 - > viel überschüssiges AbtragsmaterialProblem: Auffinden geeigneter Deponiestellen

Optimale Gradiente im steilen Gelände:

- wenig lange schleifende, setzungsempfindlich Böschungen
 - > d.h. stabile Strasse
- wenig Stützkonstruktionen
- nicht zu grosser Massenüberschuss
- möglichst geringe Beeinträchtigung der Landschaft
- gute Zugänglichkeit der Bewirtschaftungsflächen

**Wahl der Gradiente
im steilen Gelände**



**Konzept der
stabilen Strasse**

Fahrtechnische Gesichtspunkte bei der Wahl der Gradiente

Günstige Gradiente vom fahrtechnischen Standpunkt

Fahrwiderstand auf einem Strassenabschnitt möglichst konstant

Gesichtspunkte

- Möglichst konstante Neigung auf geraden Strecken
- Keine abrupten Neigungsänderungen d.h. genügend lange Ausrundungslängen, etwa 5 - 10 m pro Prozent Neigungsänderung im Normalfall
- Reduktion der Neigung bei Kurven mit kleinen Radien, d.h. insbesondere in Wendeplatten

Einfluss des Strassentypes auf die Wahl der Gradiente

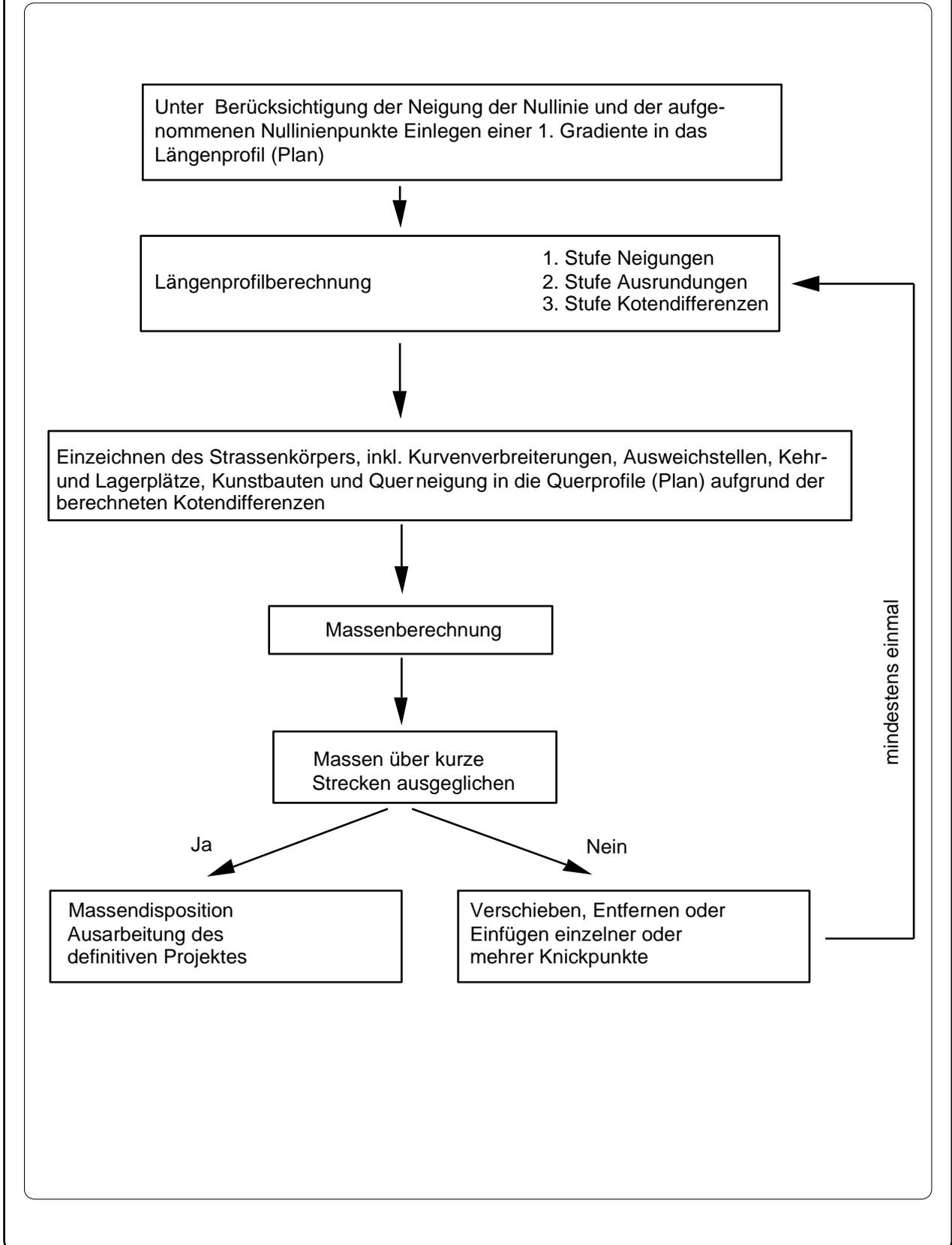
Verbindungsstrassen

- wenig Neigungswechsel zulässig
- lange Ausrundungen

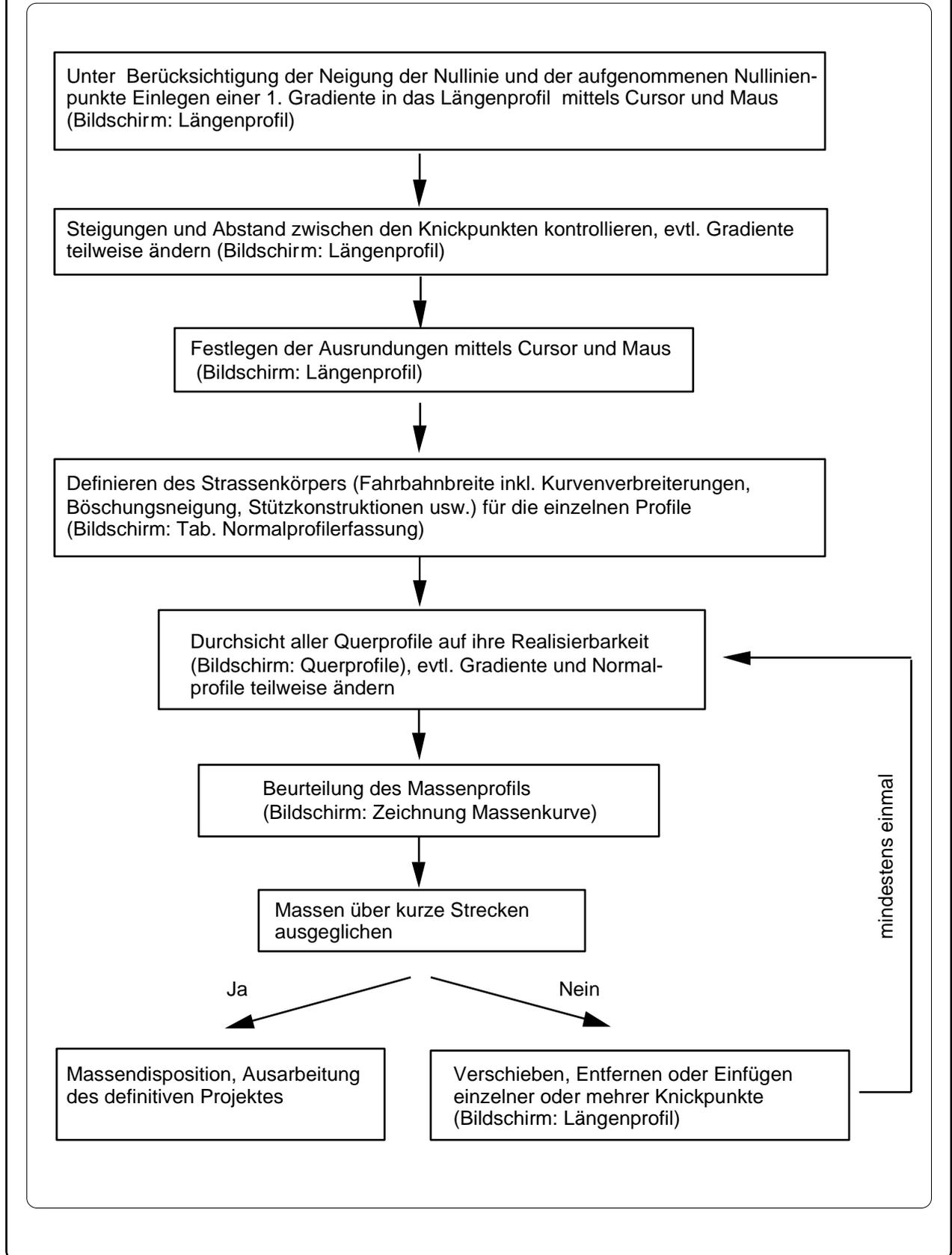
Erschliessungsstrassen

- mehr Neigungswechsel zulässig
- kürzere Ausrundungen

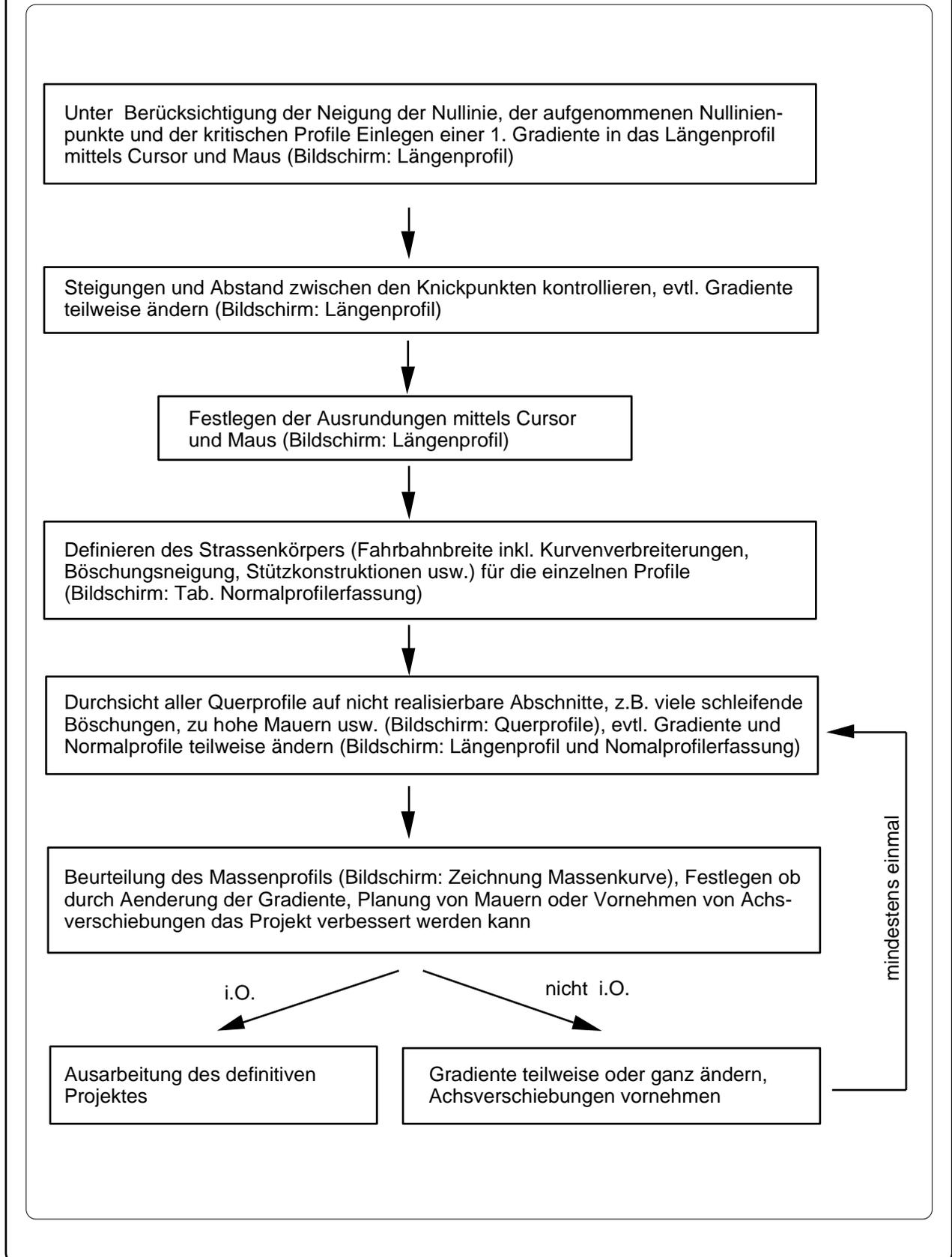
Flussdiagramm zur Suche der optimalen Gradienten im flachen Gelände bei der konventionellen Ausarbeitungsmethode



Flussdiagramm zur Suche der optimalen Gradiente im flachen Gelände bei Ausarbeitung mit Forest - PC - Programm



Flussdiagramm zur Suche der optimalen Gradienten im steilen Gelände bei Ausarbeitung mit Forest - PC - Programm

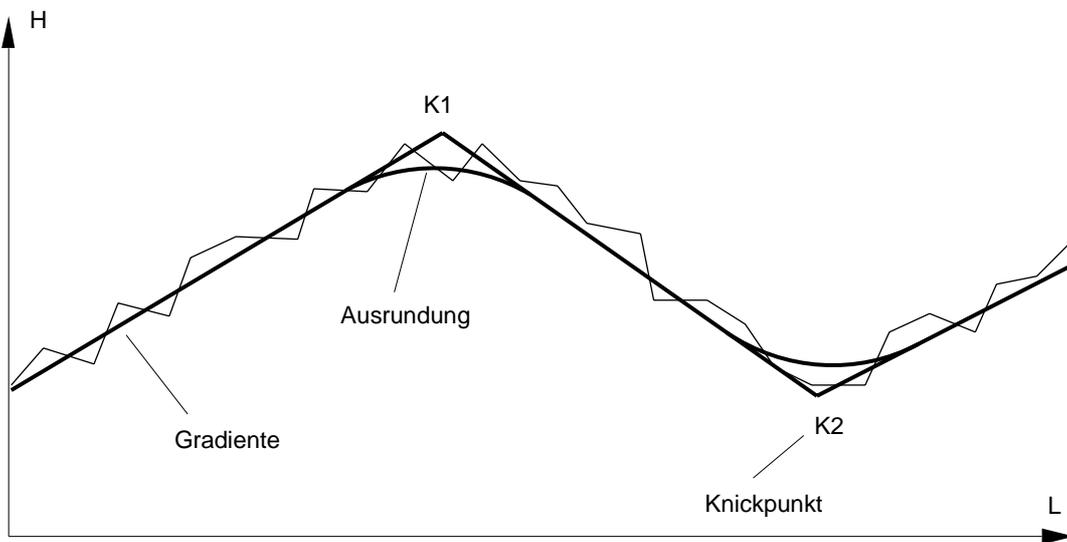


6.4 Berechnung des Längenprofils

Ziel der Längenprofilberechnung

- Ziel:**
- Ermittlung der Neigungen der Gradiente
 - Ermittlung der Ausrundungen der Gradiente
 - Ermittlung der Gradientenhöhe in jedem Achspunkt
- > Kotendifferenz zwischen Gradientenhöhe und Terrainhöhe in jedem Achspunkt

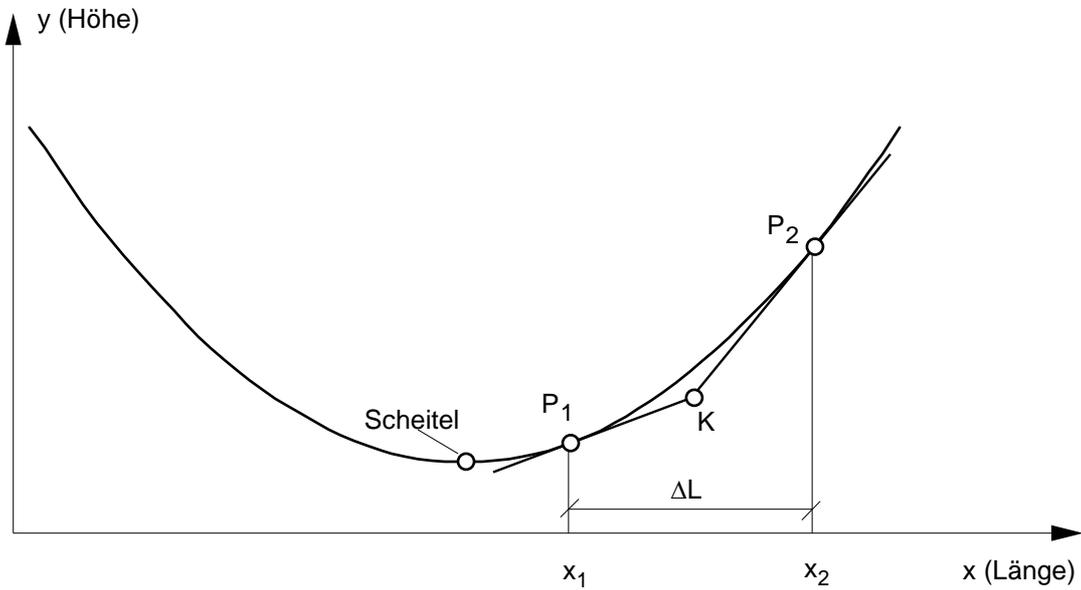
Ausrundungen



Ausrundungen: Kurven der Gradiente tangential zu den Abschnitten konstanter Neigung der Gradiente

- Kreisbögen: • fahrtechnisch günstig
• Berechnung kompliziert (Forest-PC-Programm)
- Parabeln: • fahrtechnisch etwas weniger günstig
• Berechnung einfach (mittels Taschenrechner)

Vertikalparabel für die Ausrundung



Parabelgleichung: $y = ax^2 + bx + c$

1. Ableitung: $y' = 2ax + b$

Neigung in P_2 : $y'_2 = 2ax_2 + b = v_2$

Neigung in P_1 : $y'_1 = 2ax_1 + b = v_1$

Neigungsänderung: $y'_2 - y'_1 = 2a(x_2 - x_1) = v_2 - v_1 = \Delta v$

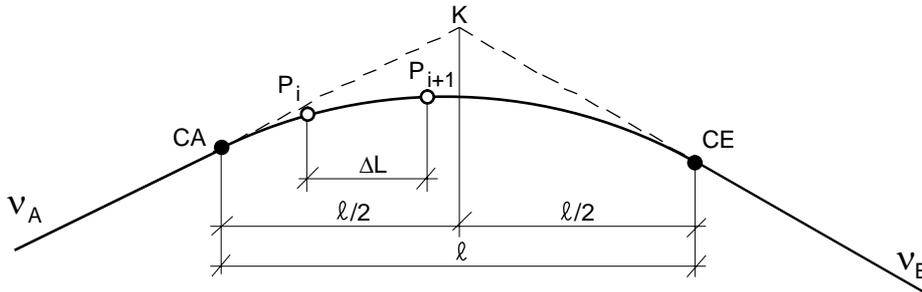
$2a = \delta$: Konstante
 $x_2 - x_1 = \Delta L$: Horizontaldistanz

$\Delta v = \delta \cdot \Delta L$ Neigungsänderung der Parabel zwischen zwei Punkten

$\delta = \Delta v / \Delta L$ Neigungsänderung pro Längeneinheit,
 spez. Neigungsänderung, Krümmung

$1/\delta = \Delta L / \Delta v$ Horizontallänge pro % Neigungsänderung
 Ausrundungslänge pro % Neigungsänderung

Formeln zur Berechnung der Parabelausrundung und der Höhendifferenzen



- ℓ : gesamte Ausrundungslänge
- K : Knickpunkt
- CA : Ausrundungsanfang
- CE : Ausrundungsende
- v_A : Neigung der Gradiente vor der Ausrundung
- v_E : Neigung der Gradiente nach der Ausrundung

CA bzw. CE so wählen \longrightarrow CA_{horiz.} = KE_{horiz.} = ℓ/2

Spezifische Neigungsänderung $\delta = \frac{v_E - v_A}{\ell}$ (%/m) 1

	%/m	m/%	
ℓ so wählen \longrightarrow	δ = 0.10 - 0.20	1/δ = 5.0 - 10.0	Normalfall
	δ = 0.25 - 0.33	1/δ = 3.0 - 4.0	Wendeplatten, Abzweigungen
	δ = 0.50 - 2.00	1/δ = 0.5 - 2.0	Furten

Neigungsänderung zwischen 2 beliebigen Parabelpunkten P_i und P_{i+1} $\Delta v = \delta \cdot \Delta L$ (m) 2

Neigung im Punkt P_{i+1} der Parabel $v_{i+1} = v_i + \delta \cdot \Delta L$ (%) 3

Mittlere Neigung zwischen 2 beliebigen Parabelpunkten P_i und P_{i+1} $v_m = \frac{v_i + v_{i+1}}{2}$ (%) 4

Höhendifferenz zwischen 2 beliebigen Parabelpunkten P_i und P_{i+1} $\Delta S = \frac{v_m \cdot \Delta L}{100}$ (m) 5

Höhendifferenz zwischen 2 Punkten bei konstanter Neigung der Gradiente $\Delta S = \frac{v \cdot \Delta L}{100}$ (m) 6

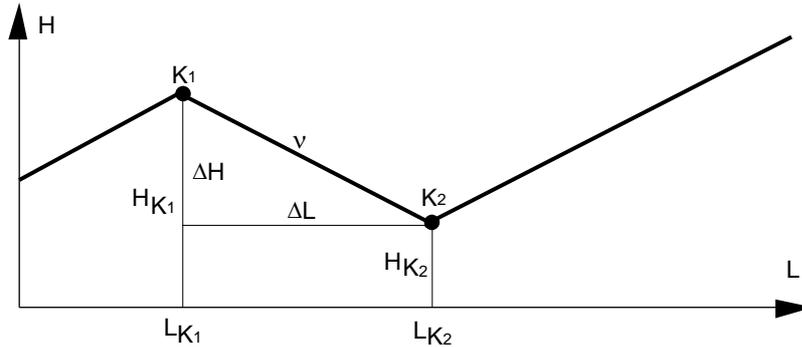
Höhendifferenz zwischen CA und CE $\Delta S = \frac{v_A + v_E}{2} \cdot \frac{\ell}{100}$ (m) 7

Vorgehen bei der Berechnung

Berechnung in drei Stufen:

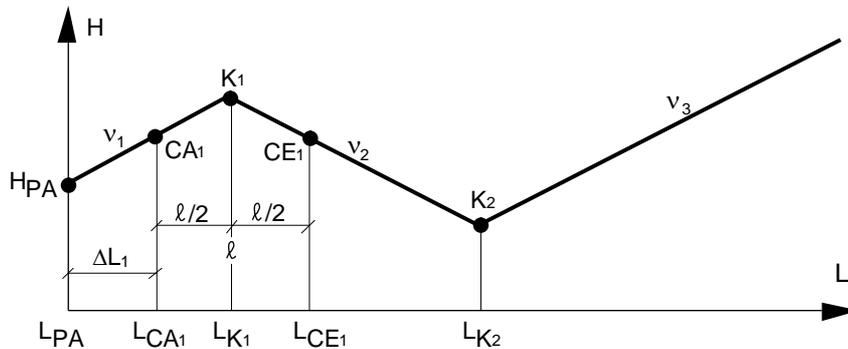
1. Stufe: Ermittlung der Neigungen
2. Stufe: Festlegen und Berechnen der Anfangs- und Endpunkte der Ausrundungen
3. Stufe: Ermittlung der Projekthöhe und der Kotendifferenz in jedem Achspunkt

1. Stufe



$$v (\%) = \frac{H_{K2} - H_{K1}}{L_{K2} - L_{K1}} \cdot 100 = \frac{\Delta H}{\Delta L} \cdot 100$$

2. Stufe



- Wählen von ℓ (Ausrundungslänge)

- Laufende Länge und Höhe von CA1:

$$L_{CA1} = L_{K1} - \ell/2$$

$$\Delta L_1 = L_{CA1} - L_{PA} \quad \Delta H_1 = \frac{v_1 \cdot \Delta L_1}{100}$$

$$H_{CA1} = H_{PA} + \Delta H_1$$

- Laufende Länge und Höhe von CE1:

$$L_{CE1} = L_{K1} + \ell/2 = L_{CA1} + \ell$$

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad \Delta H_2 = \frac{v_m \cdot \ell}{100}$$

$$H_{CE1} = H_{CA1} + \Delta H_2$$

Vorgehen bei der Berechnung

3. Stufe

Projekthöhe bei konstanter Längsneigung

$P_i \longrightarrow P_{i+1}$

$$\Delta H = \frac{v \cdot \Delta L}{100}$$

$$H_{i+1} = H_i + \Delta H$$

Projekthöhe in Ausrundungen

$P_i \longrightarrow P_{i+1}$

$$\delta = \frac{v_E - v_A}{\ell}$$

$$\Delta v = \delta \cdot \Delta L$$

$$v_{i+1} = v_i + \Delta v$$

$$\Delta H = \frac{v_i + v_{i+1}}{100} \cdot \frac{\ell}{2}$$

$$H_{i+1} = H_i + \Delta H$$

Kotendifferenzen

H : Projekthöhe

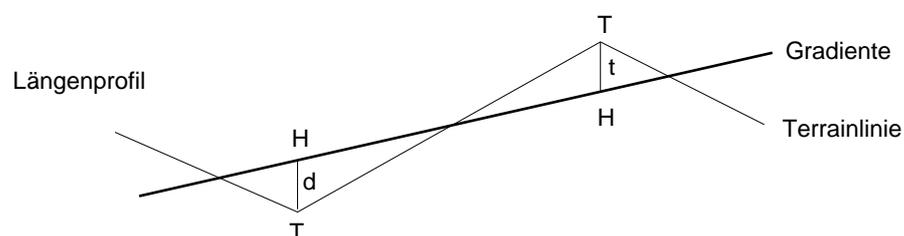
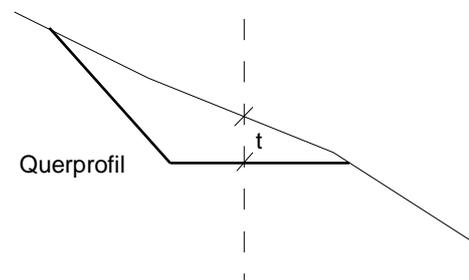
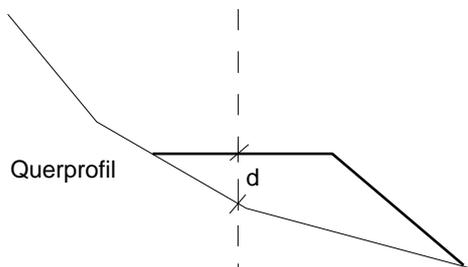
T : Terrainhöhe

$H > T$

$d = H - T$ (Damm)

$T > H$

$e = T - H$ (Einschnitt)



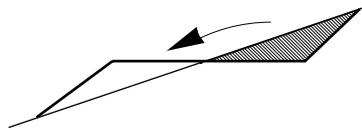
6.5 Massenberechnung

Zweck der Massenberechnung

Ermittlung der anfallenden Abtragsmassen

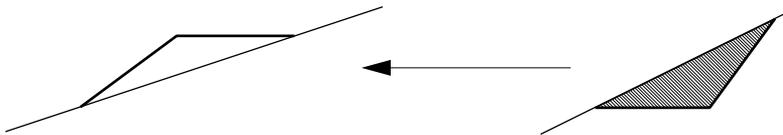
Bestimmung der Verwendung der anfallenden Abtragsmassen:

- als Auftragsmaterial an Ort und Stelle



Quertransport

- als Auftragsmaterial mit Transport



Längstransport

- als Deponiematerial
 - laufend, d.h. Deponie an Ort und Stelle (nur im schwach geneigten Gelände machbar)
 - mit Transport, d.h. Deponie an geeigneten Stellen inner- oder ausserhalb des Projektes (Normalfall im steilen Gelände)

- als Material für den Oberbau

Verwendung von überschüssigem Abtragsmaterial guter Qualität für die Tragschicht und evtl. für die Verschleisschicht (z.B. Sprengfels, grobkörnige Moräne, Gehängeschutt, Blockschutt usw.)

- als Blöcke für Mauern

Eignung des Abtragsmaterial als Auftragsmaterial für Dämme und Böschungen

Geeignetes Abtragsmaterial:

Mineralische Böden mit guten bodenmechanischen Eigenschaften, z.B. kiesige Alluvialböden, grobkörnige Moränen, Blockschutt, Gehängeschutt, Sprengfels usw.

—————> Problemloser Einbau

Verbesserbares Abtragsmaterial:

Mineralische Böden mit hohem Wassergehalt und somit schlechten bodenmechanischen Eigenschaften, z.B. Flyschschutt, feinkörniger Molasseschutt, feinkörnige Grundmoräne, Gehängelehm, Opalinuston, Löss usw.

—————> Einbau erst nach Austrocknung bzw. Stabilisierung möglich

Ungeeignetes Abtragsmaterial:

Stark organische Böden, z.B. Torf und Humus

—————> Einbau nicht möglich

Bemerkung: Ermittlung des ungeeigneten Abtragsmaterial gehört nicht in die eigentliche Massenberchnung (separate Ermittlung)

Ermittlung der Abtrags- und Auftragsflächen

Methoden für die Ermittlung der Abtrags- und Auftragsflächen:

- Strichplanimeter (konventionelle Ausarbeitungsmethode)
- Punktraster
- Polarplanimeter
- Koordinatenmethode (Ausarbeitung mit PC)

Abtragsfläche in den Querprofilen

- Abtrag für die Erstellung:
 - des Strassenkörpers inkl. des Oberbaus
 - der Ausweichstellen
 - der Lager- und Kehrplätze
 - des aufgehenden bergseitigen Mauerwerks
- Nicht dazu gehören:
 - Abtrag von Humus und Torf
 - Aushub von Gräben, Sickerleitungen, Fundamenten und Böschungsfüssen

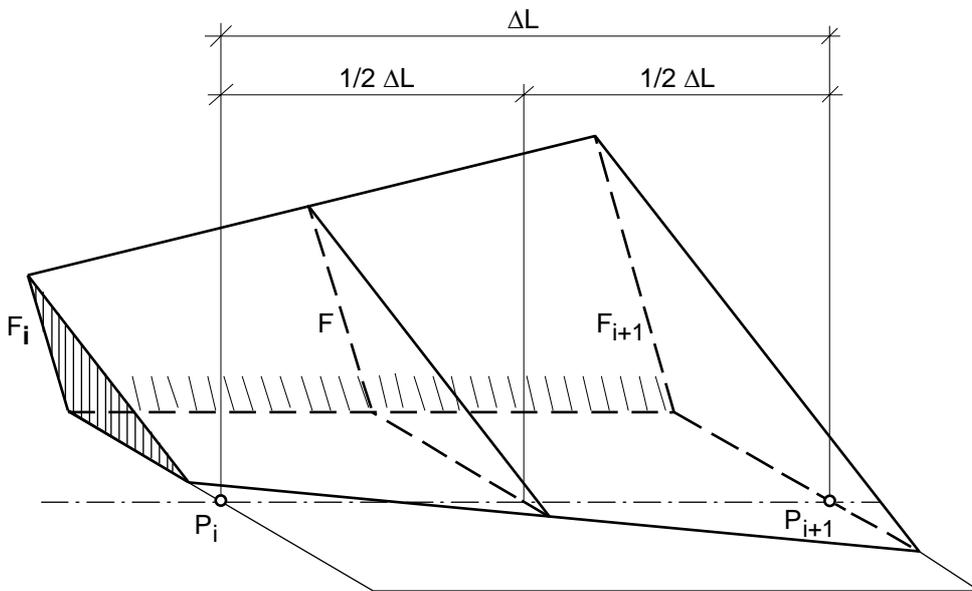
Auftragsfläche in den Querprofilen

- Auftrag für die Erstellung:
 - des Strassenkörpers exkl. des Oberbaus
 - der Ausweichstellen
 - der Lager- und Kehrplätze
- Zusätzlicher Auftrag für die Böschungsfüsse
- Zusätzlicher Auftrag infolge des Abtrags von organischem Material (Humus, Torf)

Berechnung der Kubaturen

Berechnung der Kubaturen in Geraden sowie in Kurven mit mittlerem und grossem Radius

Annahme: Abzutragender bzw. aufzuschüttender Erdkörper entspricht näherungsweise einem Prisma



F : Fläche des Mittelschnittes

Volumen des Prismaoides:
$$V = \frac{\Delta L}{6} (F_i + F_{i+1} + 4F)$$

Annahme:
$$F = \frac{F_i + F_{i+1}}{2}$$

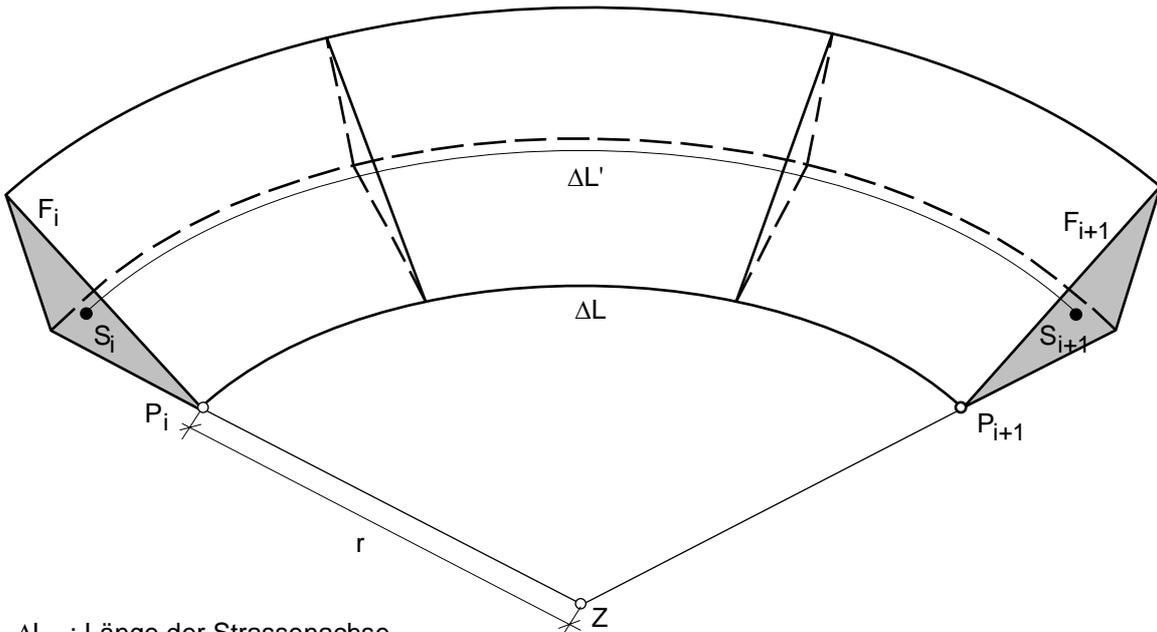
—————>

$$V = \frac{\Delta L}{2} (F_i + F_{i+1})$$

Berechnung der Kubaturen

Berechnung der Kubaturen in Kurven mit kleinem Radius

Annahme: Abzutragender bzw. aufzuschüttender Erdkörper entspricht näherungsweise einem Rotationskörper (Guldin'sche Regel)

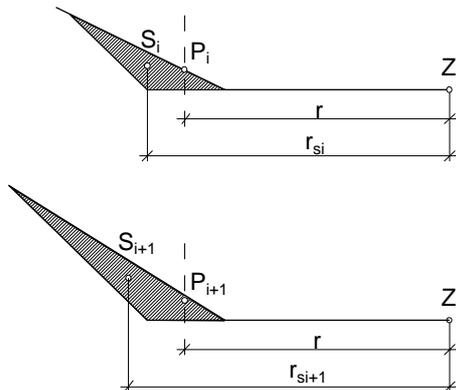


ΔL : Länge der Strassenachse
 $\Delta L'$: Weg des Schwerpunktes

$$V = \frac{\Delta L'}{2} (F_i + F_{i+1})$$

Anwendung des Schwerpunktweges: $\Delta L' > 1.1 \Delta L$
 $\Delta L' < 0.9 \Delta L$

Berechnung des Schwerpunktweges



$$r_{sm} = \frac{r_{si} + r_{si+1}}{2}$$

mittlerer Schwerpunktradius

$$\Delta L' = \frac{r_{sm}}{r} \Delta L$$

mittlerer Schwerpunktweg

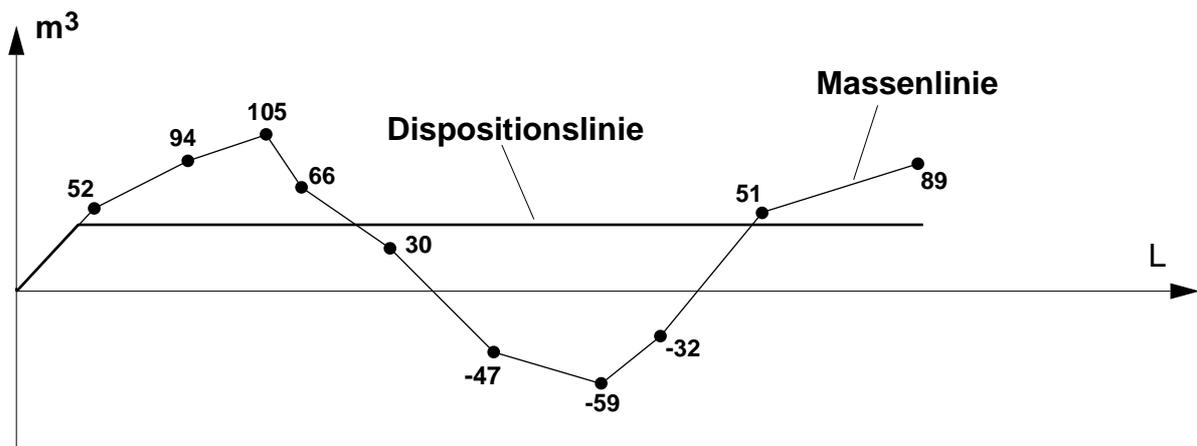
Formular Erdmassenberechnung

ERDMASSENBERECHNUNG

Prof. Nr.	Fläche der Querprofile		Fläche von je zwei Querprofilen		Zwisch. länge	Zwisch. länge	Kubik-Inhalt zwischen je 2 Querprofilen		Verwendung der Erdmasse			
	Abtr.	Auftr.	Abtr.	Auftr.	Abtr.	Auftr.	Abtr.	Auftr.	an Ort und Stelle	mit Transport		
	m2	m2	m2	m2	m	m	m3	m3		m3	m3	
1	2	3	4	5	6.1	6.2	7	8	9	10	11	12
								30%				
1	7.4	3.7										0
2A	5.7	0.0	13.1	3.7	12.5	12.5	82	30	30	52	0	52
3M	5.8	2.5	11.5	2.5	10.2	10.2	59	17	17	42	0	94
4E	2.3	2.1	8.1	4.6	10.2	10.2	41	30	30	11	0	105
5A	2.2	5.4	4.5	7.5	14.8	14.8	33	72	33	0	39	66
6M	2.0	2.2	4.2	7.6	12.8	12.8	27	63	27	0	36	30
7E	0.0	8.6	2.0	10.8	12.8	12.8	13	90	13	0	77	-47
8	8.9	0.1	8.9	8.7	10.0	10.0	45	57	45	0	12	-59
9	1.6	4.1	10.5	4.2	10.6	10.6	56	29	29	27	0	-32
10A	14.8	0.0	16.4	4.1	15.0	15.0	123	40	40	83	0	51
11M	2.0	8.1	16.8	8.1	12.2	12.2	102	64	64	38	0	89
12E/A	3.5	1.6	5.5	9.7	12.2	12.2	34	77	34	0	43	46
13M	1.9	3.5	5.4	5.1	10.5	10.5	28	35	28	0	7	39
14E	0.0	6.4	1.9	9.9	10.5	10.5	10	68	10	0	58	-19
15	2.9	3.2	2.9	9.6	11.7	11.7	17	73	17	0	56	-75
16A	4.5	1.2	7.4	4.4	14.5	14.5	54	41	41	13	0	-62
17M	8.5	2.4	13.0	3.6	13.3	13.3	86	31	31	55	0	-7
18E	6.0	1.6	14.5	4.0	13.3	13.3	96	35	35	61	0	54
19	4.5	2.9	10.5	4.5	10.2	10.2	54	30	30	24	0	78
20	3.3	1.7	7.8	4.6	12.4	12.4	48	37	37	11	0	89
21	2.2	0.9	5.5	2.6	10.1	10.1	28	17	17	11	0	100
Total							1036	936	608	428	328	

Massenprofil

Zweck des Massenprofils: Bestimmung des Ausmasses, der Transportrichtung und der Transportdistanz der Längstransporte



Massenlinie: Graphische Darstellung der Transportmassensummutation (Werte der Kolonne 12) in Funktion der Strassenlänge

- Steigen der Massenlinie = Abtrag mit Transport
- Sinken der Massenlinie = Auftrag mit Transport

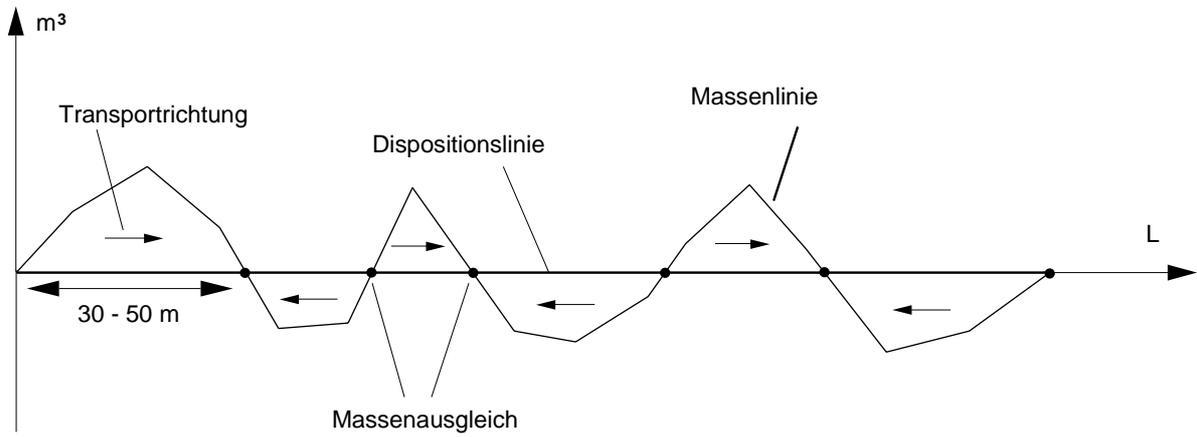
Zweck der Dispositionslinie:

Festlegung

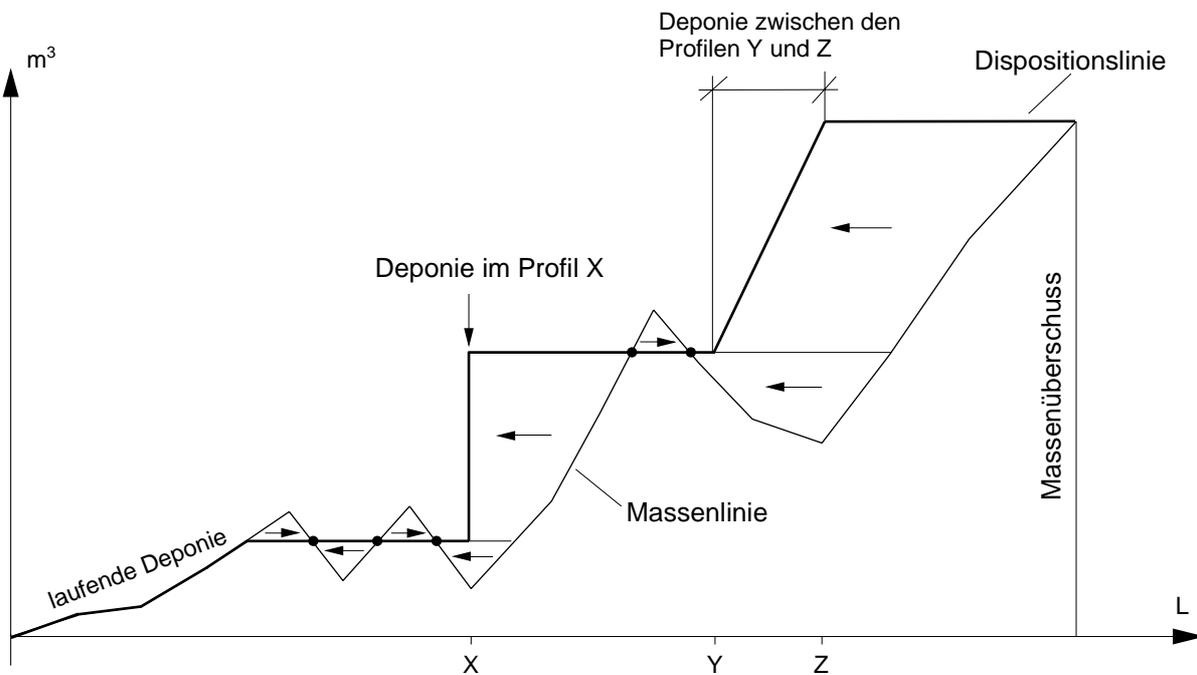
- der Verwendung des im Profil selbst nicht verwendbaren Abtragsmaterial
 - Auftragsmaterial für Dämme und Böschungen
 - Deponien
- des Ausmasses und der Lage der Deponien und Seitenentnahmen
- der Transportrichtung
- der Transportmenge
- der Transportdistanz

Massenprofil

Lage der Dispositionslinie bei Massenausgleich (keine Deponien und Seitenentnahmen)

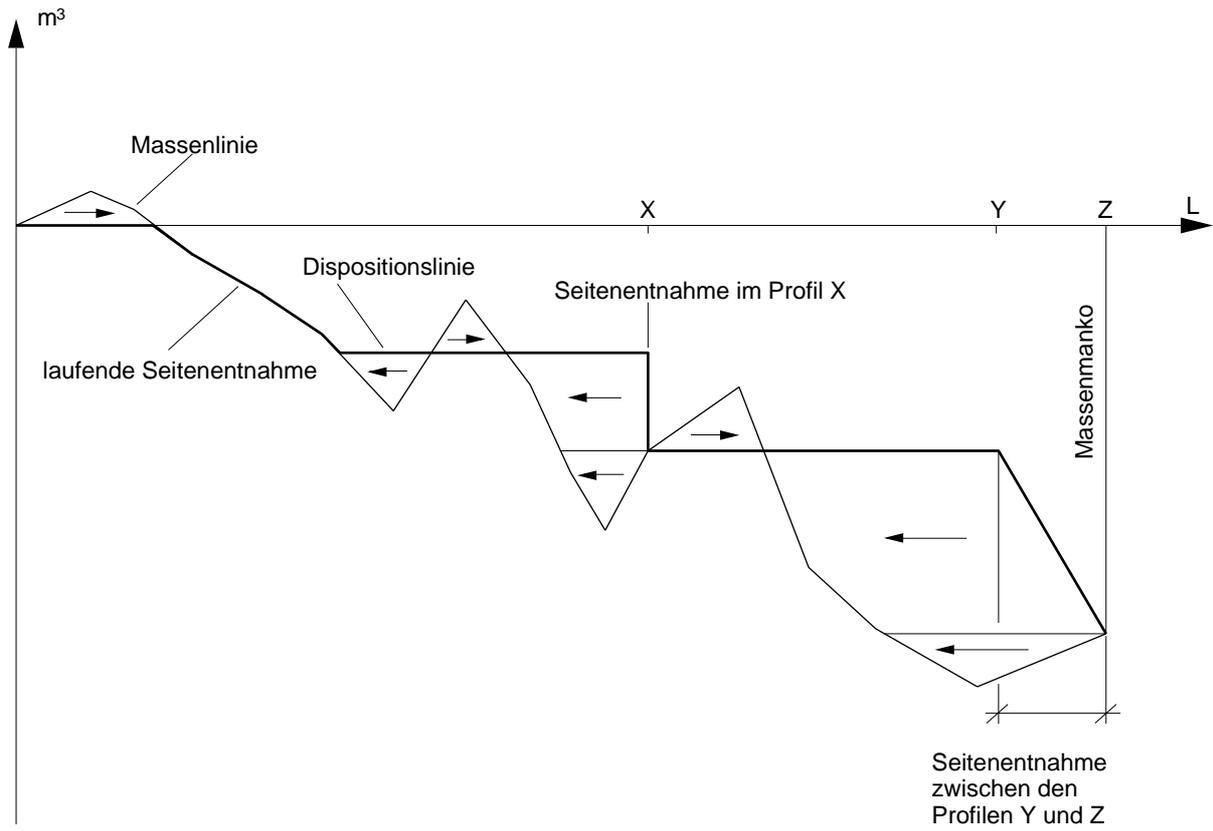


Verlauf der Dispositionslinie bei Massenüberschuss (Deponien)



Massenprofil

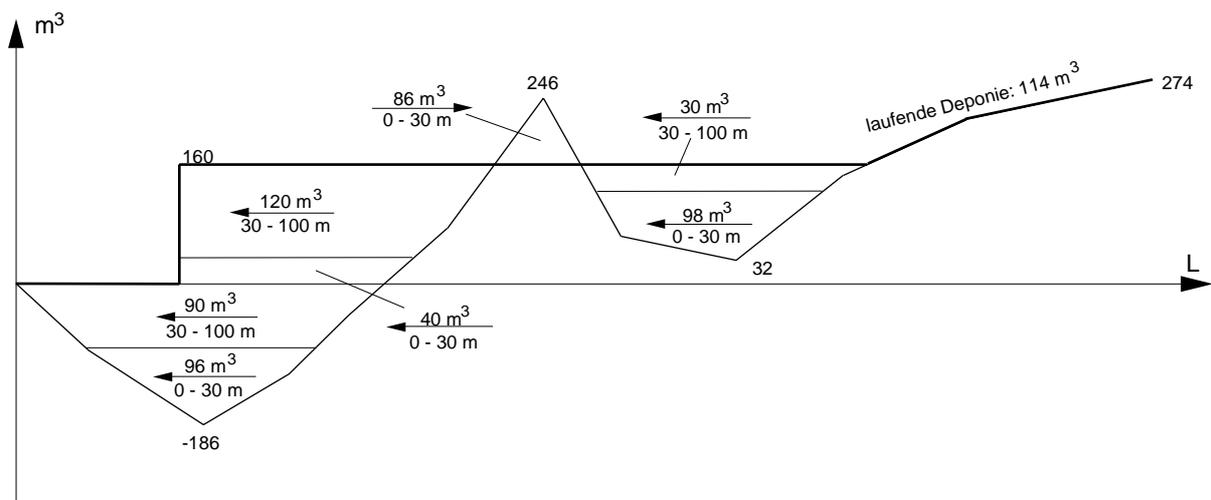
Verlauf der Dispositionslinie bei Massenmanko (Seitenentnahmen)



Auswertung der Massenberechnung

Auswertung des Massenprofils:

- Unterteilung der zu transportierenden Erdmassen in verschiedene Transportklassen, wie z.B. 0 - 30 m, 30 - 100 m, 100 - 200 m, 200 - 500 m, > 500 m
- Ermittlung der Erdkubaturen der jeweiligen Transportklassen



Erstellen der Massendisposition:

Gegenüberstellung der Gewinnung des Materials und dessen Verwendung (Grundlagen: Erdmassenberechnung und Massenprofil)

- | | | |
|---------------|---|--|
| - Gewinnung: | Abtrag
Seitenentnahmen
Anderweitiges Material | (Massenberechnung)
(Massenprofil)
(Massenprofil) |
| - Verwendung: | Auftrag an Ort und Stelle
Auftrag mit Transport
Deponien
Anderweitige Verwendung | (Massenberechnung)
(Massenprofil)
(Massenprofil)
(Massenprofil) |

6.6 Festlegen der horizontalen Linienführung auf dem Plan

Festlegen der Strassenachse auf dem Plan

Grundlage: der in Anlehnung der Nulllinie abgesteckte Polygonzug sowie die in regelmässigen Abständen abgesteckten und aufgenommenen Querprofile

- Festlegen der Strassenachse auf ihrer gesamten Länge auf dem Plan
- nachträgliches Abstecken und Aufnehmen der Achse im Gelände

Verschieben der Strassenachse auf dem Plan (Achsverschiebung)

Grundlage: die aufgrund der Nulllinie im Gelände abgesteckte Strassenachse

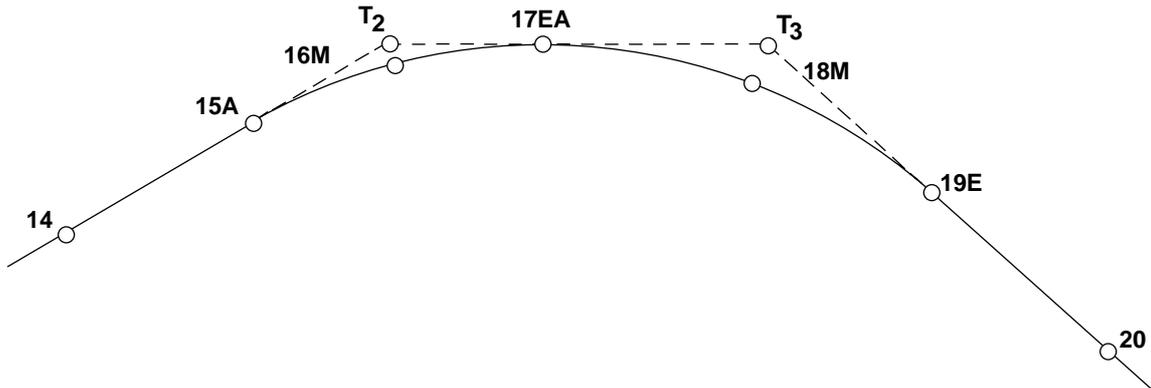
- Ziel:**
- Verbesserung der horizontalen Linienführung (z.B. Vergrösserung von zu kleinen Radien)
 - Bessere Anpassung der Strasse an das Gelände (Vermeidung von Kunstbauten, Verminderung der Abtragskubaturen)

Bemerkung: nachträgliches Verschieben der Strassenachse auf dem Plan nur in Ausnahmefällen und auf kurzen Strecken

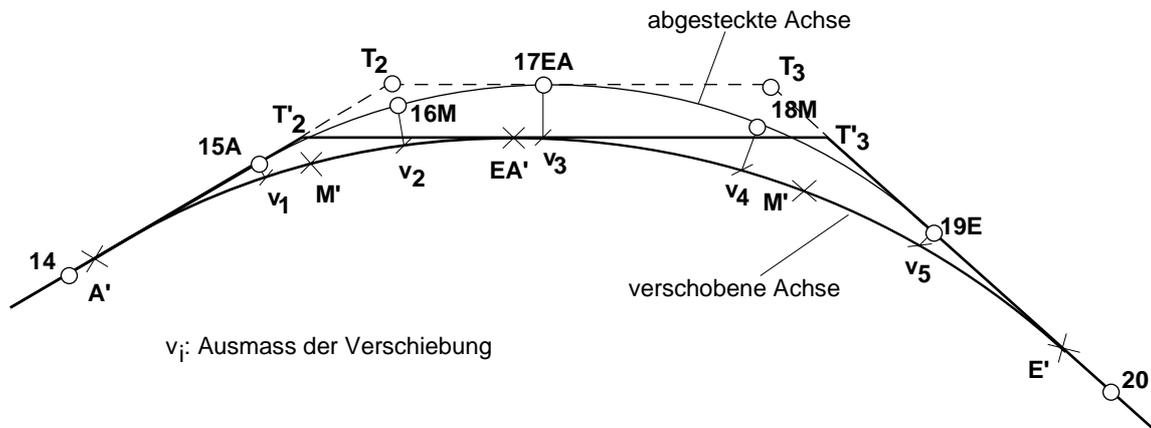
Vorgehen beim Verschieben der Strassenachse auf dem Plan

Ziel: Verbesserung der horizontalen Linienführung

1. Aufzeichnen des Abschnittes, für welchen die Verschiebung der Strassenachse vorgesehen ist, auf einem speziellen Situationsplan (1: 200)

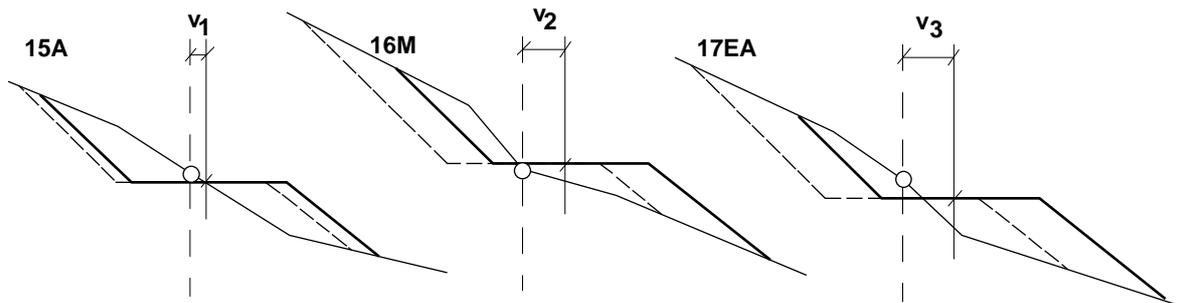


2. Festlegen der neuen Achse auf dem speziellen Situationsplan, Verschiebung der Achse in jedem Profilpunkt herausmessen oder berechnen



v_i : Ausmass der Verschiebung

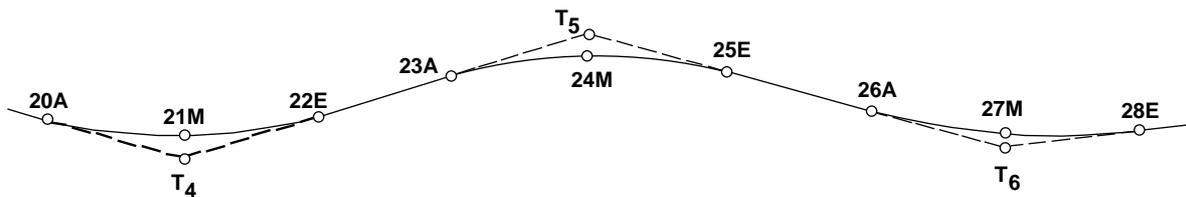
3. Aufgrund der ermittelten Verschiebungen Strassenkörper in die Querprofile eintragen



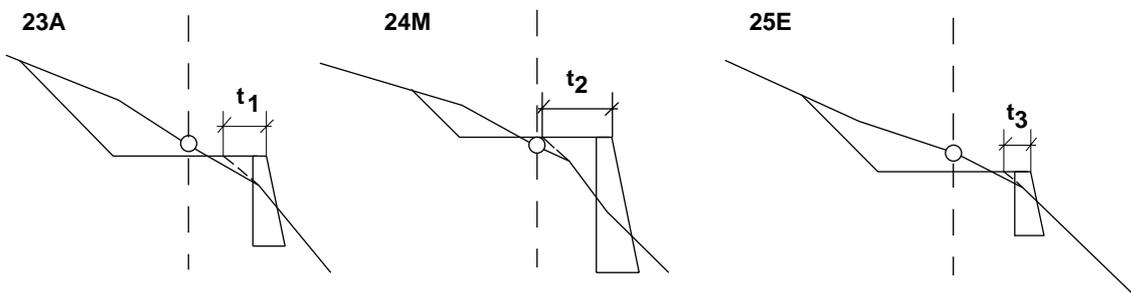
Vorgehen beim Verschieben der Strassenachse auf dem Plan

Ziel: Bessere Anpassung der Strasse an das Gelände

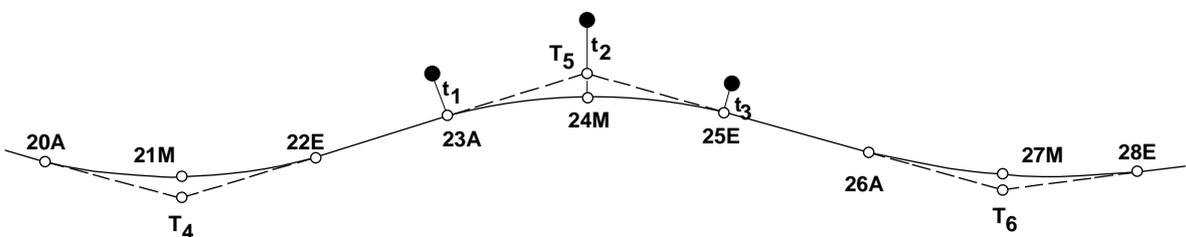
1. Aufzeichnen des Abschnittes, für welchen die Verschiebung der Strassenachse vorgesehen ist, auf einem speziellen Situationsplan (1: 200)



2. Ermittlung der optimalen Lage der Strasse in den Querprofilen (Höhe durch die Längenprofilberechnung vorgegeben)

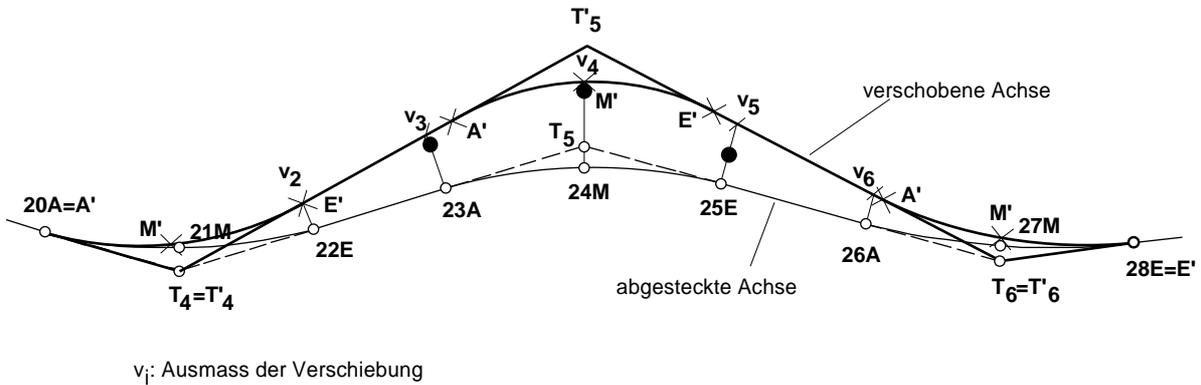


3. Optimale Verschiebungen in speziellen Situationsplan eintragen

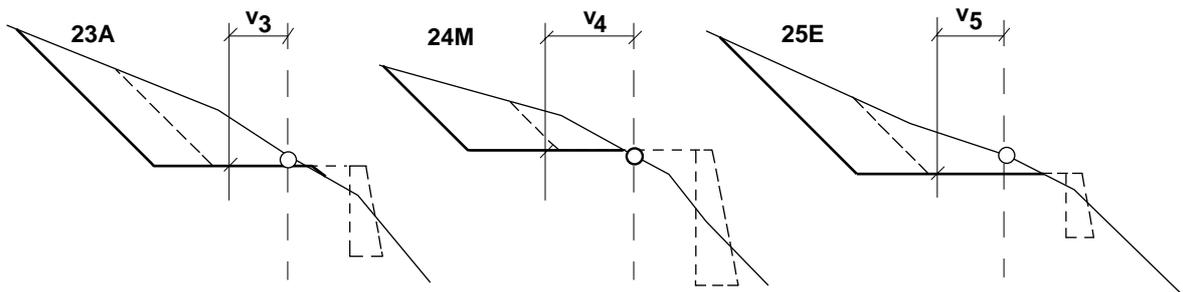


Vorgehen beim Verschieben der Strassenachse auf dem Plan

4. Unter Berücksichtigung der eingetragenen optimalen Verschiebungen neue Achse im speziellen Situationsplan festlegen, Verschiebung der Achse in jedem Profilpunkt herausmessen oder berechnen



5. Aufgrund der ermittelten Verschiebungen Strassenkörper in die Querprofile eintragen



Bemerkungen zur Verschiebung der Strassenachse auf dem Plan

- Länge der verschobenen Achse \neq Länge der abgesteckten Achse (im Bereich der Achsverschiebung)
 - > Überprüfung der Gradienten, d.h. Berechnung der Neigungen und der Projekthöhen mit der neuen Achslänge
 - > Neue Projekthöhen im Bereich der Achsverschiebung

- Unterschied zwischen neuer und alter Projekthöhe in jedem Achspunkt < 5 cm im Lockergestein bzw. < 10 cm im Festgestein
 - > Beibehalten der alten Gradienten

- Unterschied zwischen neuer und alter Projekthöhe in jedem Achspunkt > 5 cm im Lockergestein bzw. > 10 cm im Festgestein
 - > Weiterbearbeitung des Projektes mit neuer Gradienten, d.h. für alle Berechnungen (Längenprofil- und Massenberechnung) und Pläne neue Achslänge verwenden

Literaturverzeichnis

- Dietz, P.; Kigge, W. :
Löffler, H. : Walderschliessung. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1984.
- Heinimann, H. R. : Forstliche Erschliessungsplanung im ländlichen Raum. Unterlagen zur Vorlesung, Professur Forstliches Ingenieurwesen,ETH Zürich, 1994.
- Kuonen, V. : Wald- und Güterstrassen. Eigenverlag des Verfassers, Pfaffhausen, 1984.