

# Sanierung des Bornheimer Rheinufers zwischen Rhein-km 661,3 und 664,4



im Auftrag der



Bezirksregierung Köln

ICG Düsseldorf GmbH & Co. KG  
Ingenieur Consult Geotechnik



---

Dr.-Ing. Patrick Lammertz

Dipl.-Ing. Barbara Bredt

Dipl.-Ing. Roland Haarer



1a) Neuvermessung der Uferböschung

1b) Baugrunduntersuchung

⇒ Geotechnischer Untersuchungsbericht vom 30.07.2013

2a) Böschungsbruchberechnungen / Standsicherheitsuntersuchung

2b) Beurteilung der Standsicherheit der Uferböschung

⇒ Geotechnischer Entwurfsbericht, Ende Dezember 2013

3) Ausblick: Mögliche Sanierungsvarianten

⇒ Sanierungskonzept, Januar 2014

# Vermessung

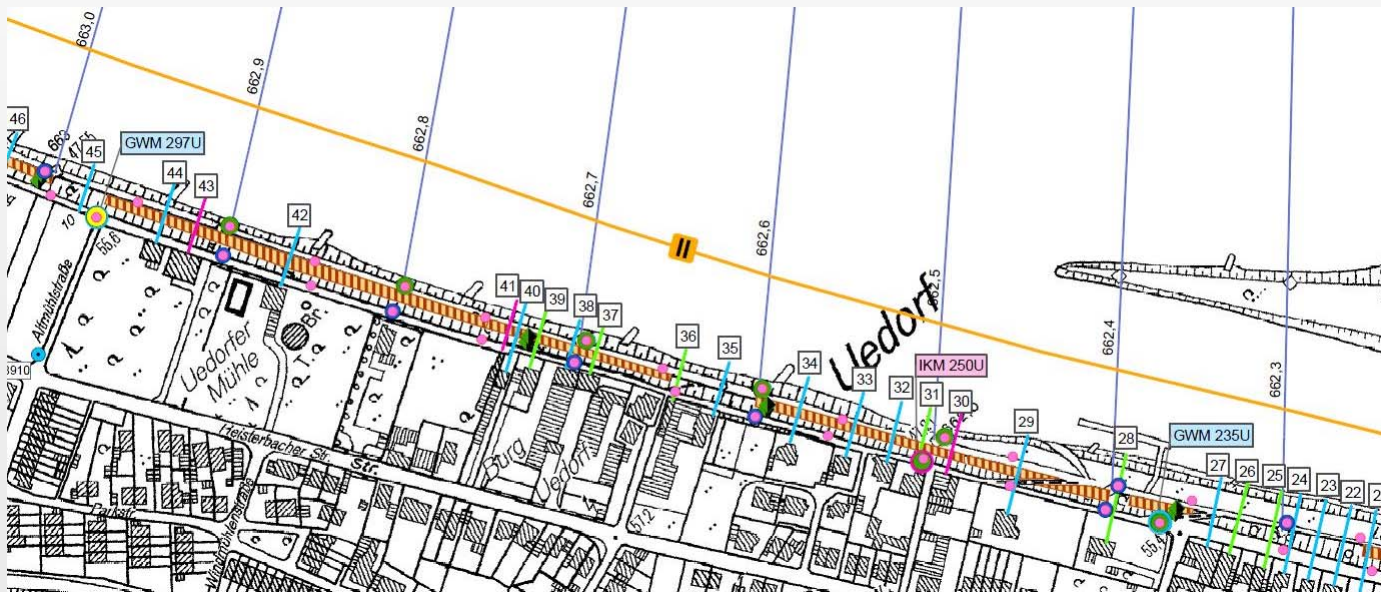


Untersuchungsgebiet: Rhein-km 661,3 bis 664,4 ⇒ Gesamtlänge 3,1 km

Vermessungsarbeiten: November 2012 bis Januar 2013

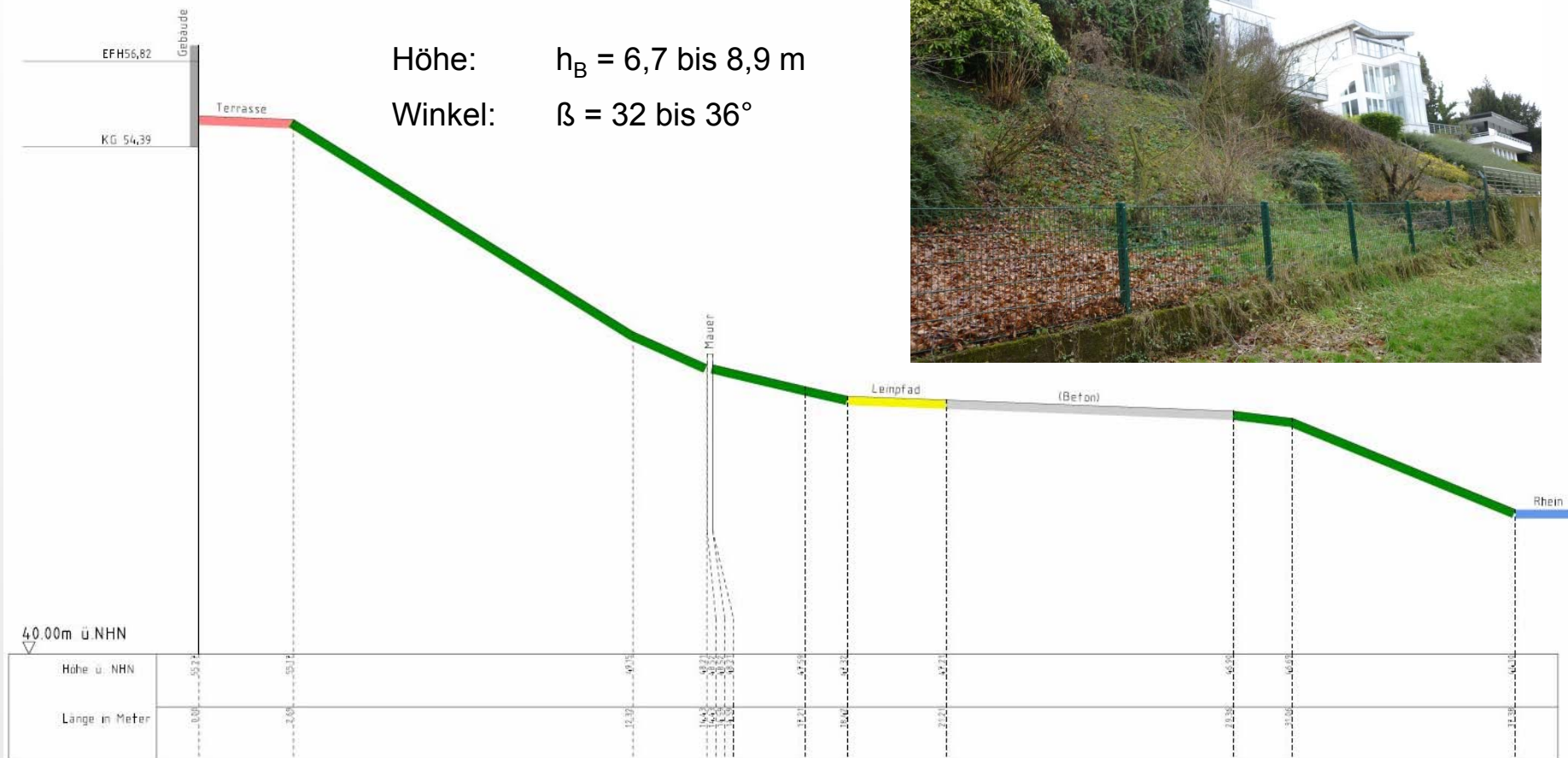
Ergebnis der Vermessung: 11 Lagepläne und 76 Querprofile

- Profilabstand: 50 m bzw.
- bei jedem Gebäude, das weniger als 15 m von der Uferböschung entfernt steht



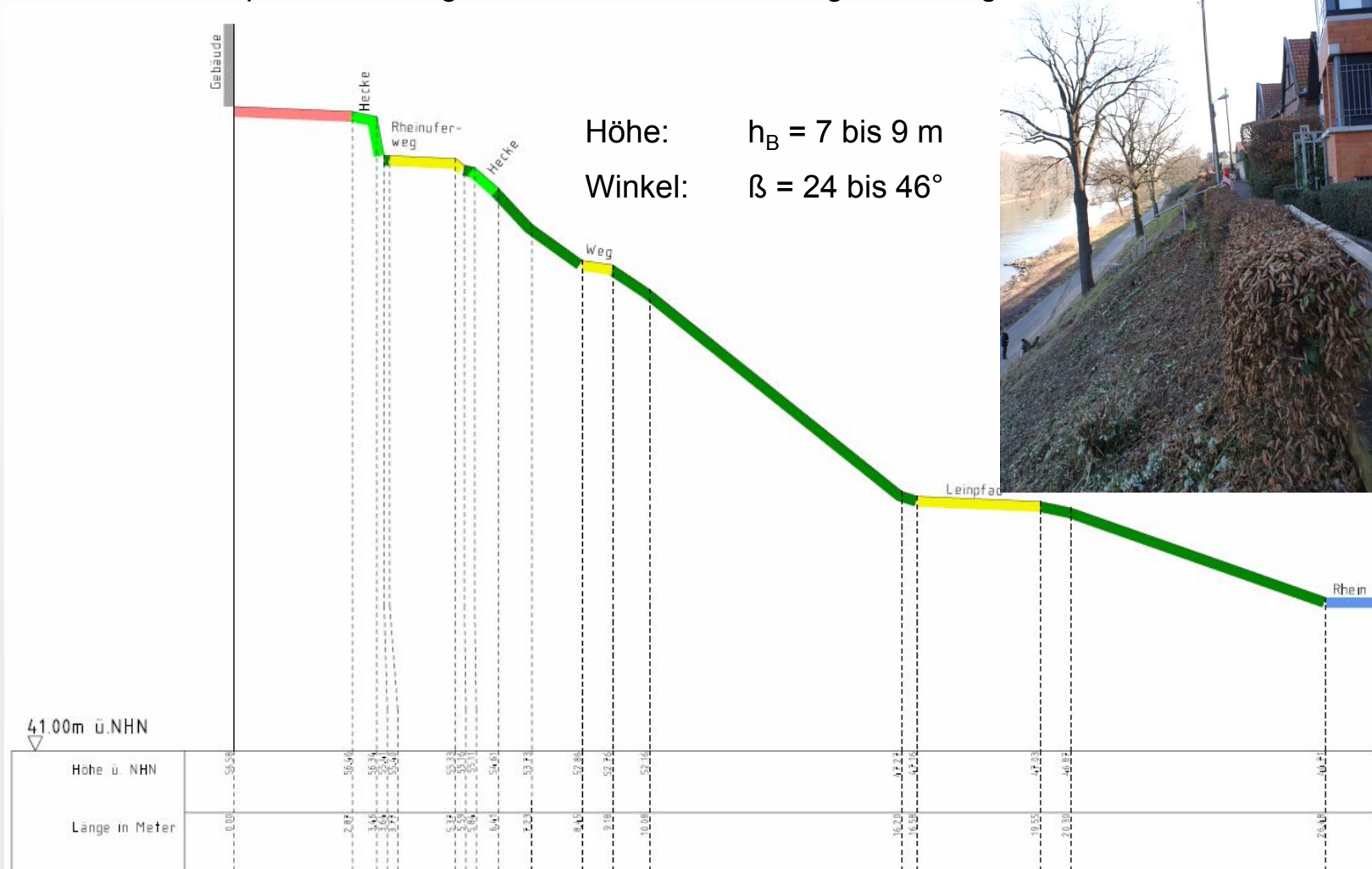
⇒ Unterteilung des Untersuchungsgebietes in insgesamt 4 Uferabschnitte

Abschnitt I: „Ursulinen Kloster bis Rheinstraße (Parkplatz)“  
 ca. 500 m, Profil 1 bis 5  
 Leinpfad-Böschung-Bebauung



Profil 2 [661,56]

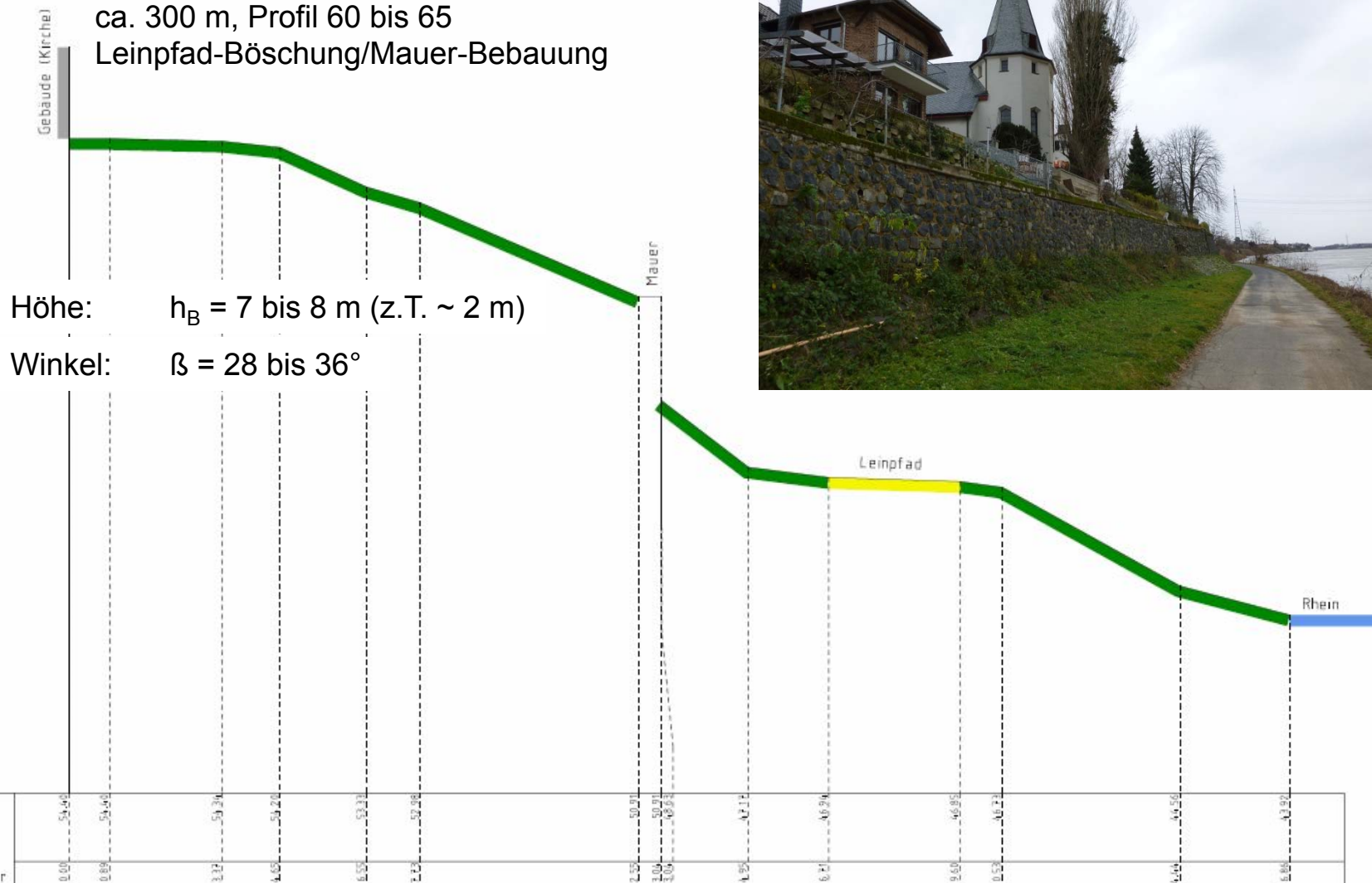
Abschnitt II: „Rheinstraße (Parkplatz) bis Rheinterrassen“  
 ca. 1,6 km, Profil 6 bis 59  
 Leinpfad-Böschung-Rheinstraße/Rheinuferweg-Bebauung



## Abschnitt II



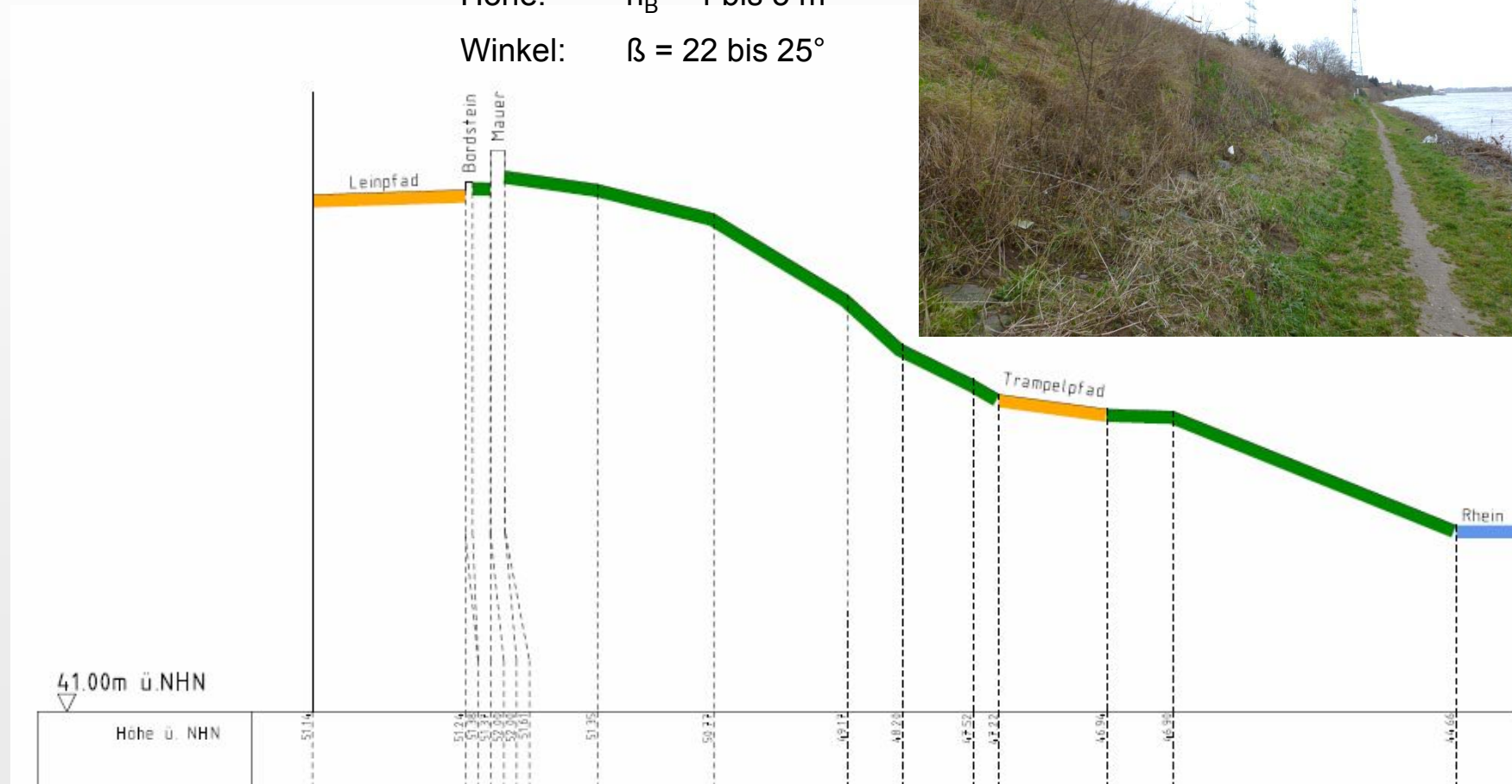
Abschnitt III: „Rheinterrassen bis Schweizstraße“  
 ca. 300 m, Profil 60 bis 65  
 Leinpfad-Böschung/Mauer-Bebauung



Abschnitt IV: „Schweizstraße bis Lichtweg“  
ca. 700 m, Profil 66 bis 76  
Trampelpfad-Böschung-HSW-Leinpfad-Bebauung

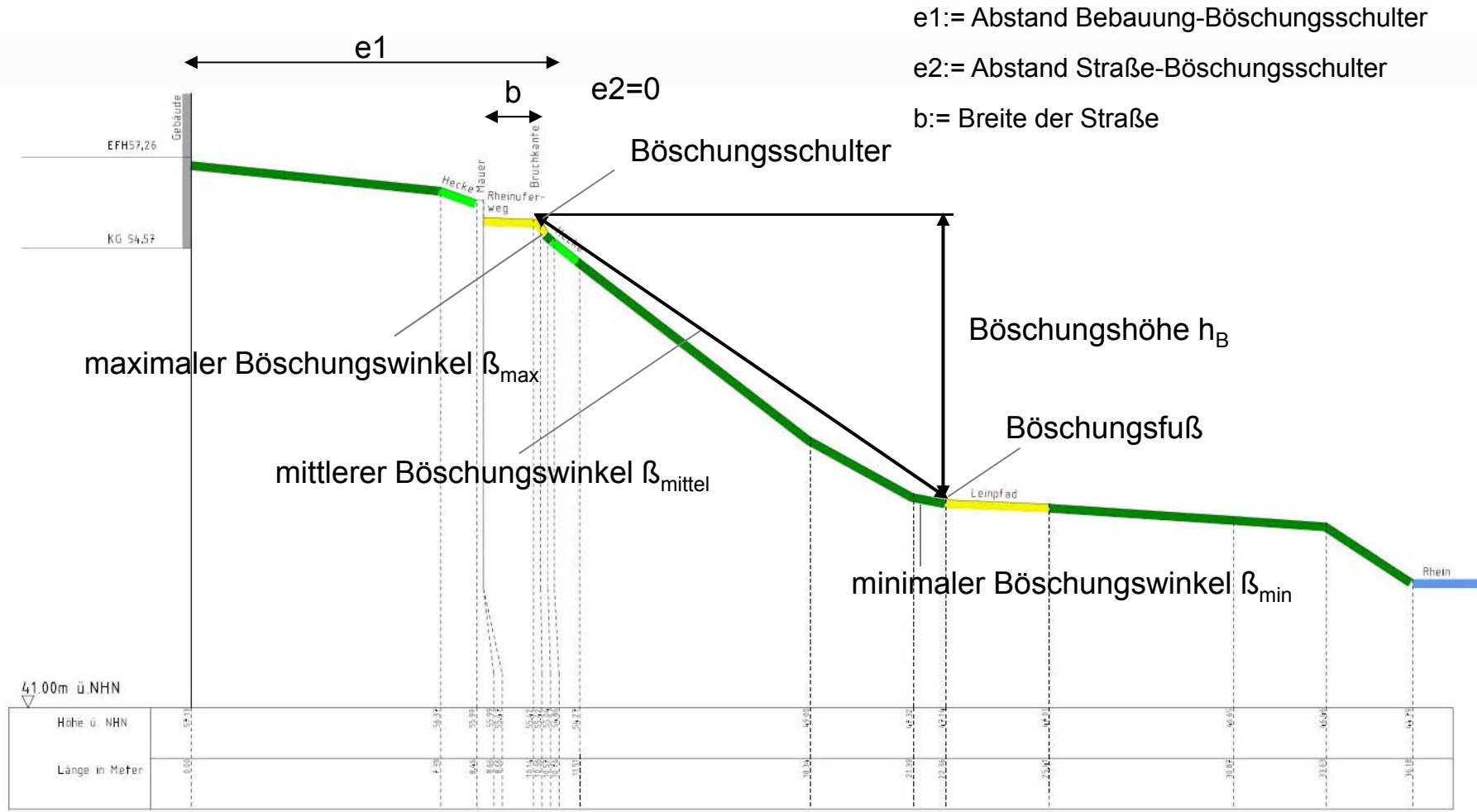
Höhe:  $h_B = 4$  bis  $5$  m

Winkel:  $\beta = 22$  bis  $25^\circ$

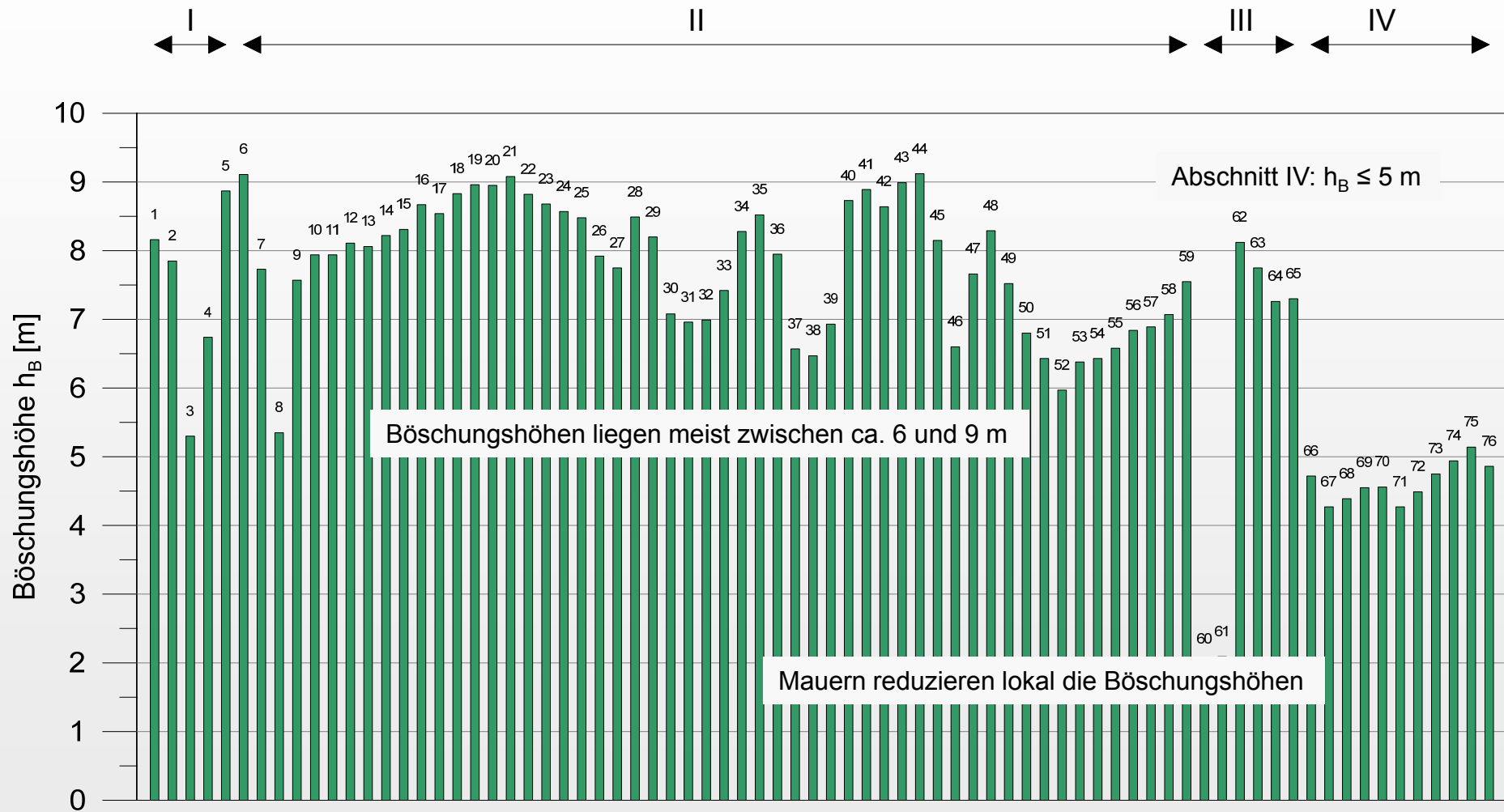




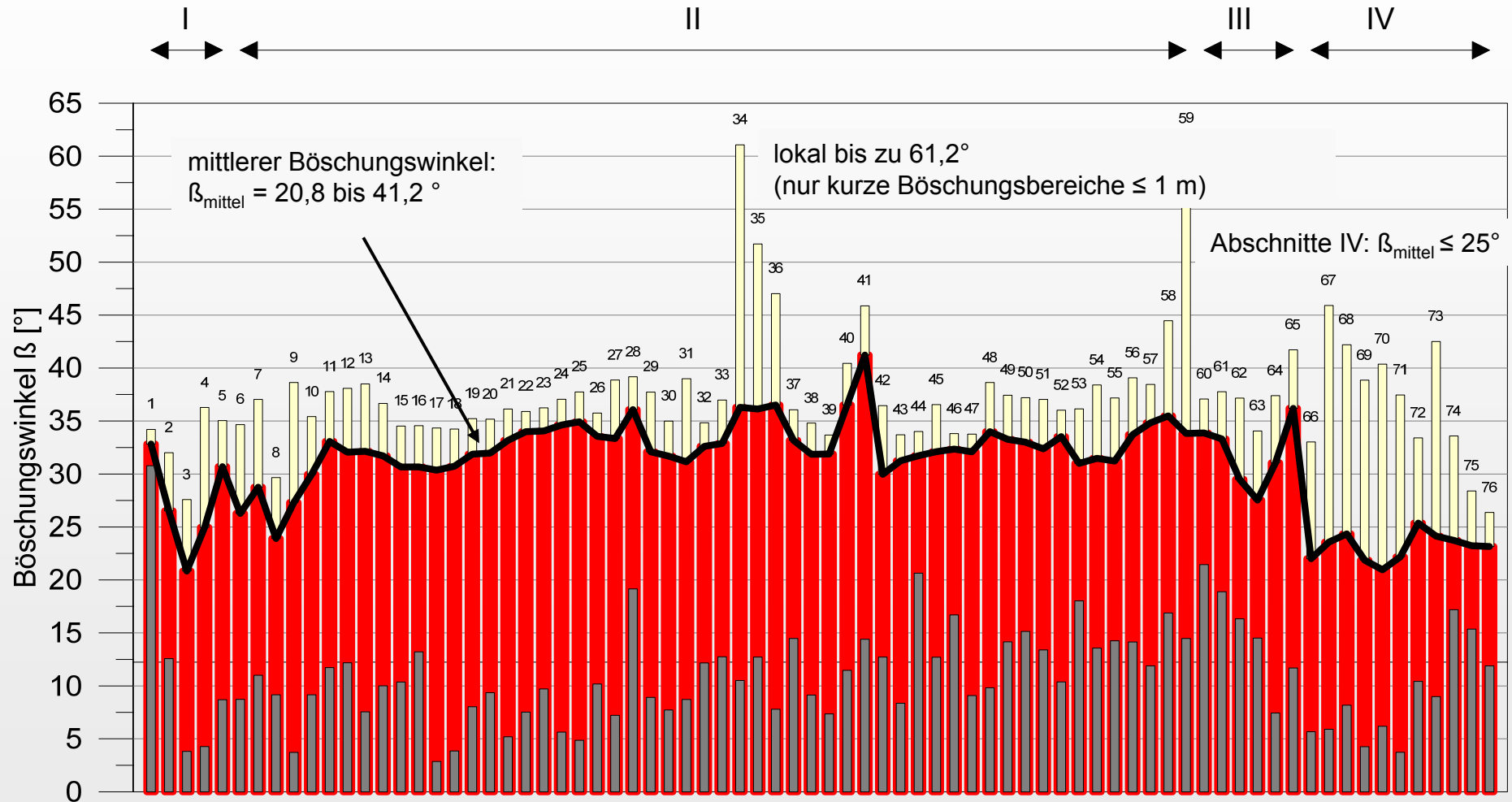
## Ermittlung der maßgebenden geometrischen Kenngrößen



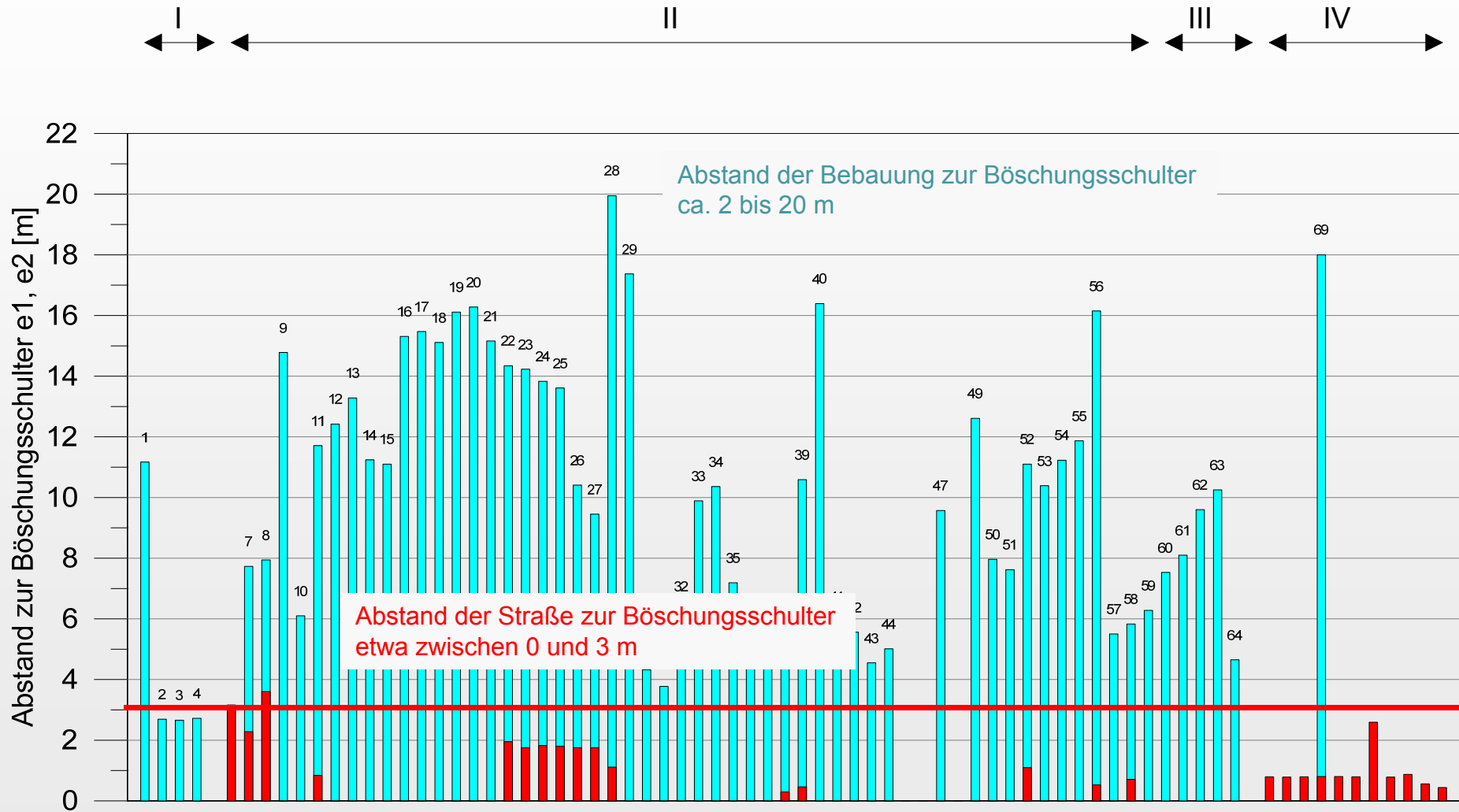
## Auswertung: Böschungshöhe



## Auswertung: Böschungswinkel



## Auswertung: Abstand Bebauung/Straße - Böschungsschulter



# Baugrunduntersuchung



Baugrunderkundung: (Nov 12 - Feb 13)

4 Greiferbohrungen (GRB),  $\varnothing$  600 mm

29 Rammkernbohrungen (RKB),  $\varnothing$  219 mm

19 Kleinbohrungen (KIB),  $\varnothing$  80 mm

24 Baggerschürfe (SCH)

88 Rammsondierungen (DPH)



Bornheim, 09. Dezember 2013

Bodenmechanische Laborversuche: (Dez 12 - Apr 13)

- Korngrößenverteilung
- Zustandsgrenzen
- Glühverluste
- Korndichte
- Scherfestigkeiten

Ausbau von großkalibrigen Bohrungen zu

- 3 Grundwassermessstellen (GWM)



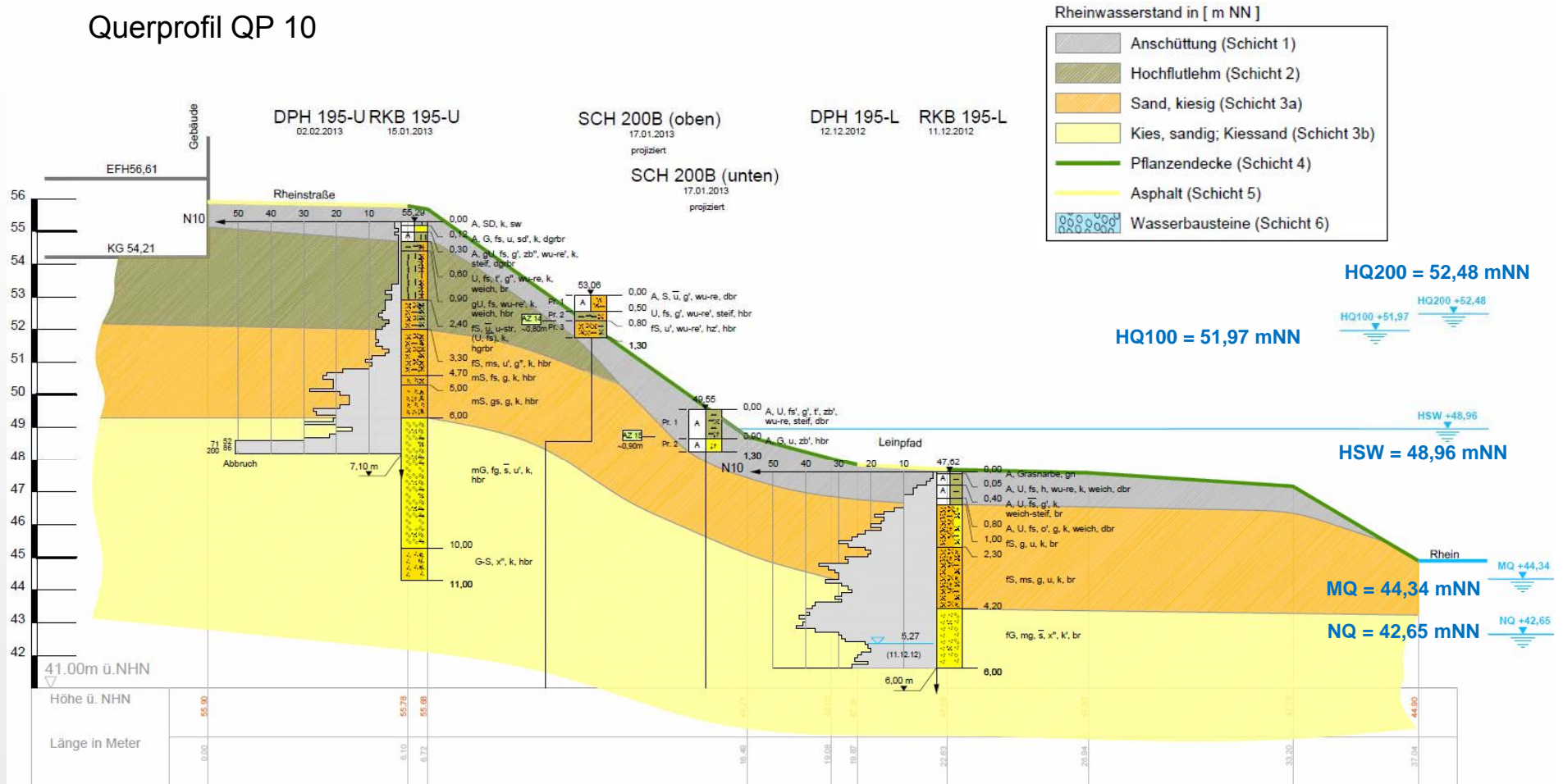
- 4 Inklinometermessstellen (IKM)



# Baugrundmodell und charakteristische Bodenkenngößen



## Querprofil QP 10

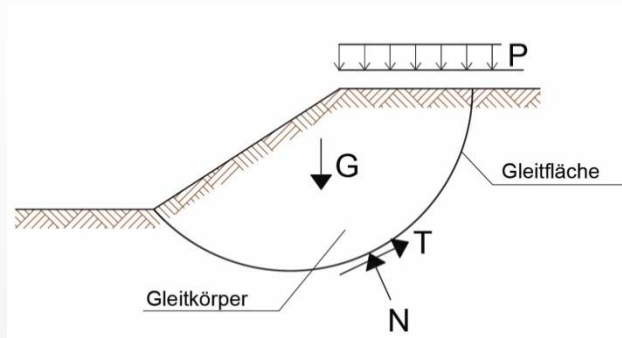


Profil 10 [661,97]

# Böschungsbruchberechnung - Sicherheitskonzept



Böschungsbruch: Abrutschen eines Gleitkörpers auf einer Gleitfläche



### treibenden Kräfte $E_k$ :

- Gewicht des Bodens G,
- Äußere Lasten P, (Gebäude, Verkehr..)
- Grund- und Rheinwasserstände W

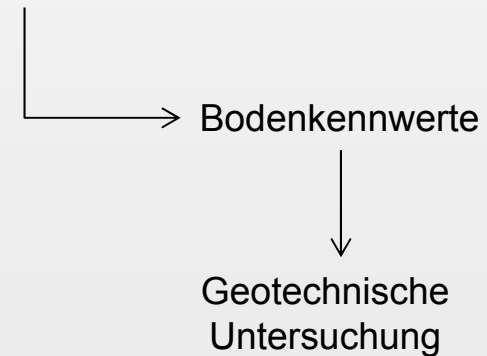
### widerstehende Kräfte $R_k$ :

- T Scherwiderstand



$$E_k \geq R_k$$

⇒ der Böschungsbruch tritt ein





# Böschungsbruchberechnung - Sicherheitskonzept



⇒ Widerstehende Kräfte und einwirkende Kräfte stehen im Gleichgewicht (Grenzzustand)



$$R_k = E_k$$

- Böschung steht im Kräftegleichgewicht (Grenzzustand)
- Sicherheit = 1,0

⇒ Sicherheit des Gleitkörpers gegen Abrutschen (Gleiten) wird als **Standicherheit der Böschung** bezeichnet

EC 7: Sicherheit > 1,0

$$\frac{R_k}{\gamma_R} = R_d = E_d = E_k \cdot \gamma_F$$

Teilsicherheitsbeiwerte (TSB)

Ausnutzungsgrad:

$$\mu = E_d / R_d$$

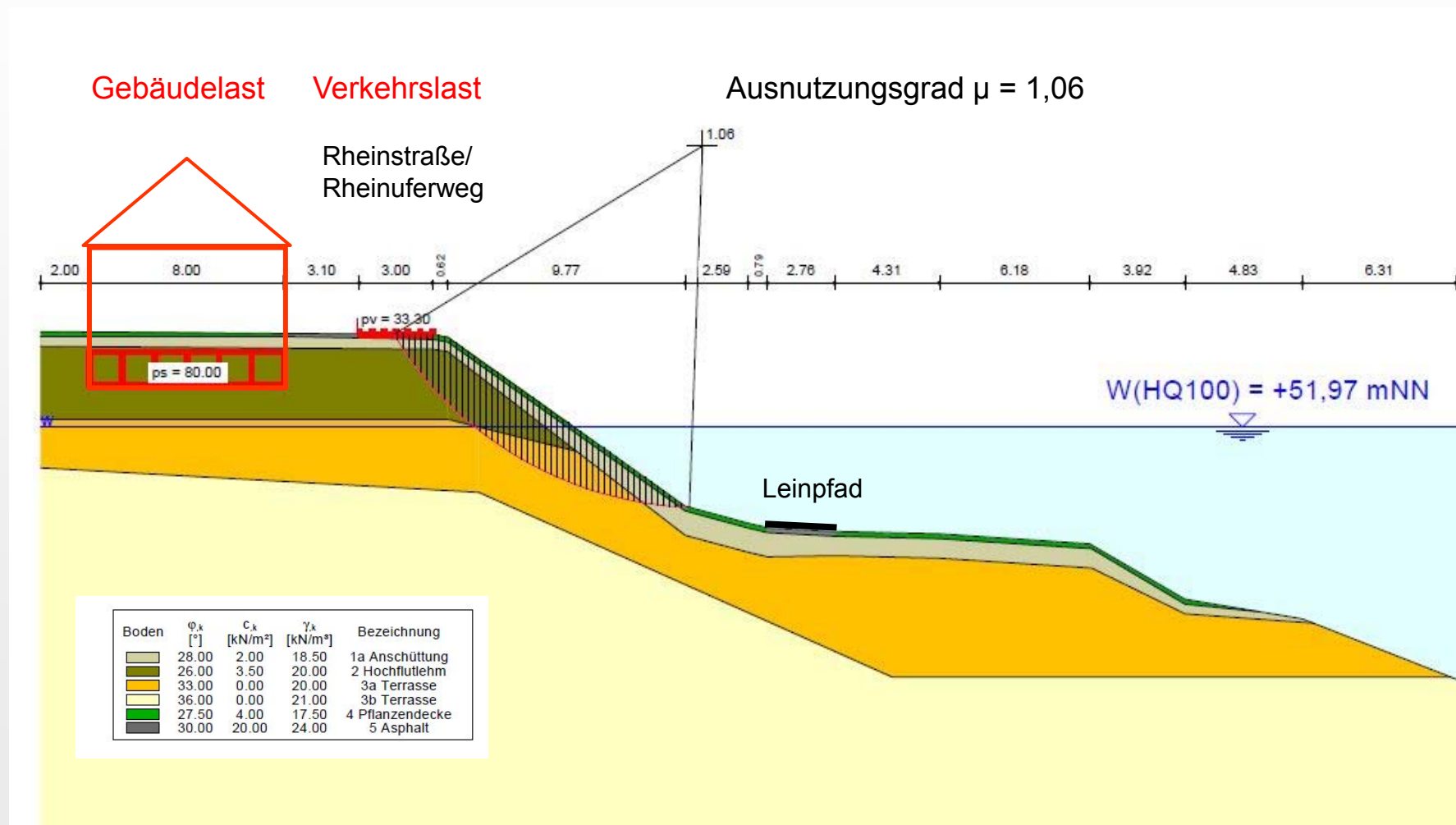
$\mu \leq 1$ : ausreichende Standicherheit vorhanden!

- Grenzzustand der **Tragfähigkeit (TSB > 1)**

- Grenzzustand der **Gebrauchstauglichkeit (TSB=1)**:

$$\mu = E_k / R_k$$

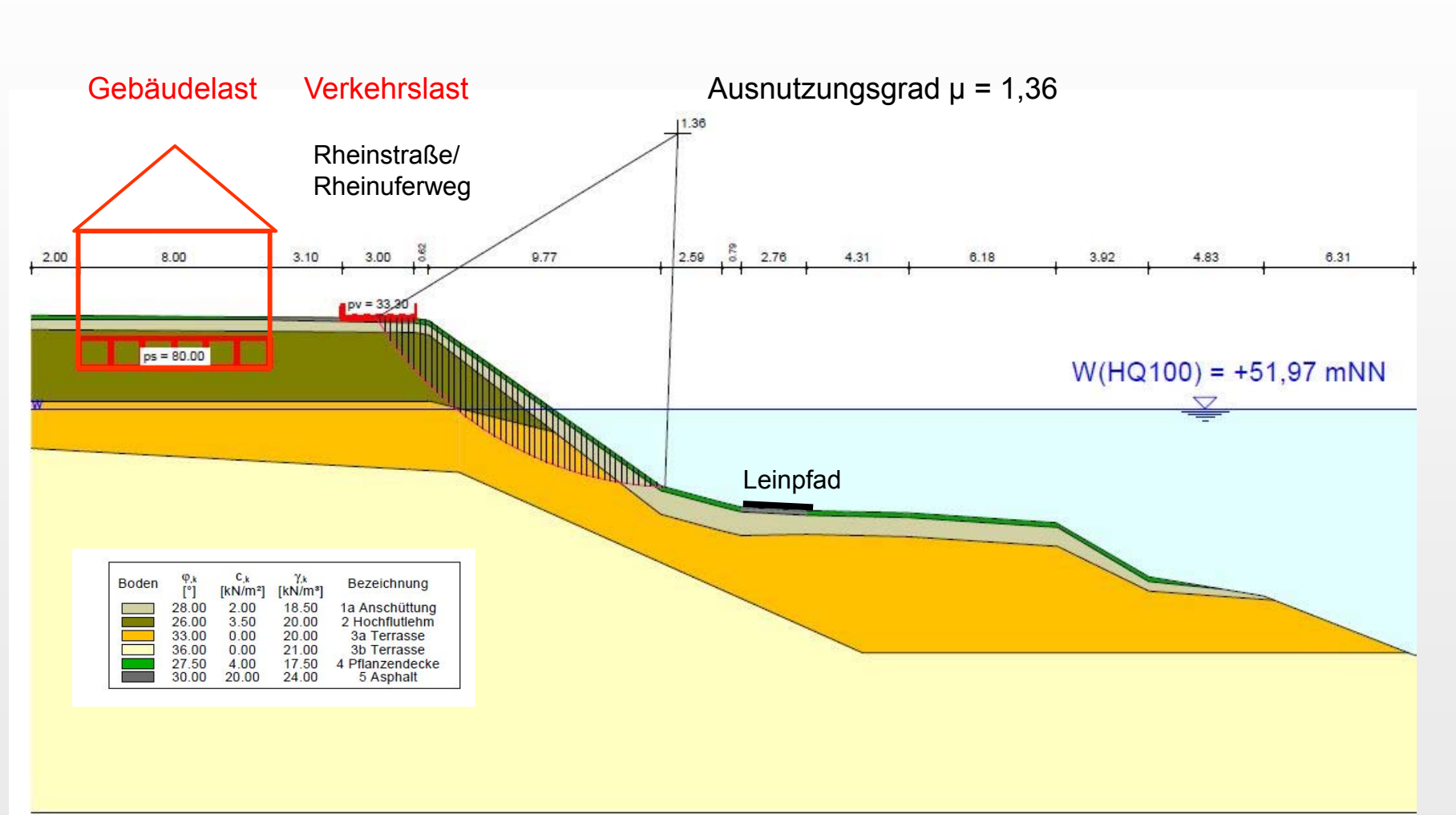
Grenzzustand der **Gebrauchstauglichkeit** (TSB = 1,0)



# Böschungsbruchberechnung



Grenzzustand der **Tragfähigkeit (Standicherheit!)** ( $TSB > 1,0$ )



# Böschungsbruchberechnung



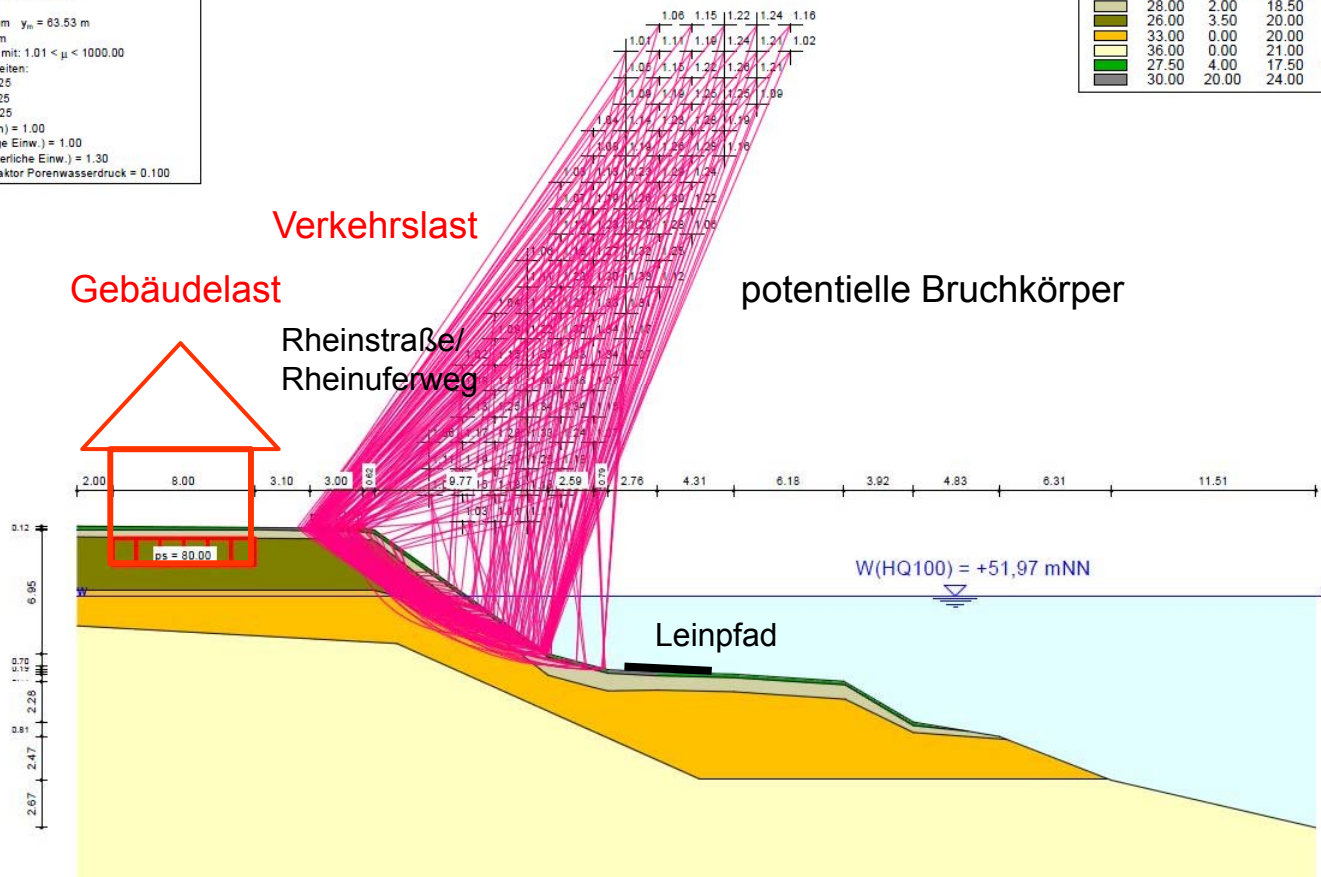
Gefährdungspotential der Wohngebäude / des Straßenraums

Ausnutzungsgrad  $\mu > 1$

GGU-STABILITY / Version 10.56 / 24.06.2013  
 Berechnungsgrundlagen  
 400 Mittelpunkte definiert.  
 23303 Gleitkreise untersucht.  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 1.36$   
 $x_m = 17.20 \text{ m}$   $y_m = 63.53 \text{ m}$   
 $R = 14.86 \text{ m}$   
 Nur Kreise mit:  $1.01 < \mu < 1000.00$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\varphi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100

Querprofil 10, BS-P, GEO 3

Boden	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
[Light Green]	28.00	2.00	18.50	1a Anschüttung
[Yellow-Green]	26.00	3.50	20.00	2 Hochflutlehm
[Yellow]	33.00	0.00	20.00	3a Terrasse
[Light Yellow]	36.00	0.00	21.00	3b Terrasse
[Green]	27.50	4.00	17.50	4 Pflanzendecke
[Dark Green]	30.00	20.00	24.00	5 Asphalt



## Fallstudien / Sensitivitätsanalysen

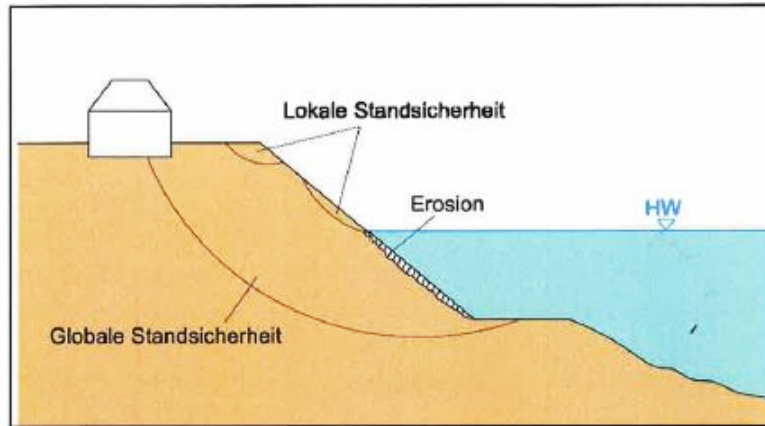
- Rheinwasserstand
- Verkehrslasten
- Bemessungssituationen  
(Einwirkungskombinationen)
- Erdbeben...

## In Abhängigkeit der

- geometrischen Kenndaten,
- des Baugrundmodells, und der
- Einwirkungsgrößen

wurden an den Querprofilen Böschungsbruchberechnungen durchgeführt.

⇒ Verweis auf den Geotechnischen Entwurfsbericht !!



## Abschnitt I und II:

- globale Standsicherheit **nicht** gegeben
- lokale Standsicherheit **nicht** gegeben
- Erosionssicherheit ist meist gegeben (Basaltpflaster, Wasserbausteine)

## Abschnitt III:

- globale Standsicherheit ist gegeben
- lokale Standsicherheit ist meist gegeben
- Erosionssicherheit ist meist gegeben

## Abschnitt IV:

- globale Standsicherheit ist gegeben
- lokale Standsicherheit ist teilweise gegeben
- Erosionssicherheit ist teilweise gegeben

## Zusammenfassung (Abschnitte I und II)

### Betrachtung des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit (Ist-Zustand), TSB = 1,0

- die Uferböschung befindet sich im Grenzgleichgewicht ( $\mu \approx 1 \pm 10\%$ )
- jede Störung im System kann zu Böschungsrutschungen führen



## Zusammenfassung (Abschnitte I und II)

- organisatorische Maßnahmen können die Gefahr von Böschungsruutschungen verringern
  - ⇒ Reduzierung der einwirkenden Kräfte (G, P, W)
  - ⇒ Beobachtungsmethoden



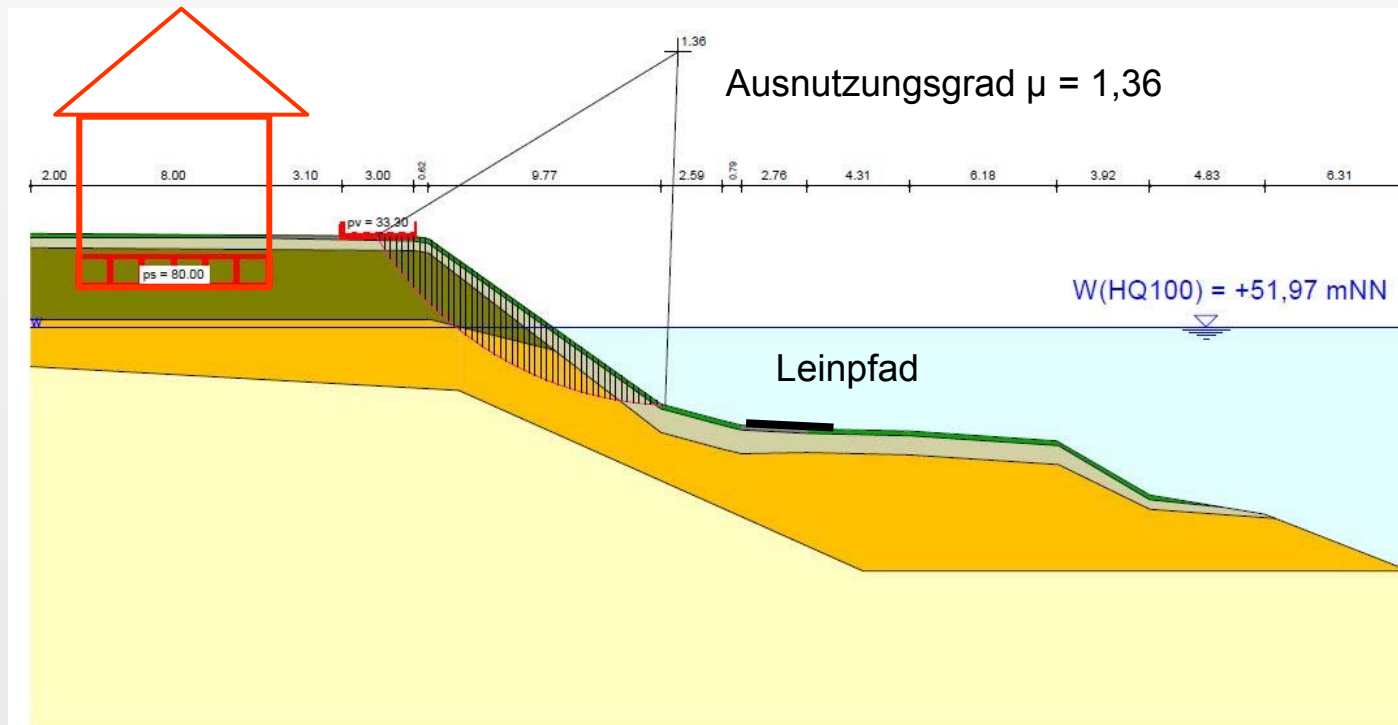
⇒ gemäß EC 7 nicht maßgebend für die Beurteilung der Standsicherheit



## Betrachtung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit (Sicherheit), $TSB > 1,0$

- ausreichende Standsicherheit konnte nicht nachgewiesen werden ( $\mu \gg 1$ )
- organisatorische Maßnahmen reichen nicht aus!

⇒ bauliche Maßnahmen sind erforderlich!



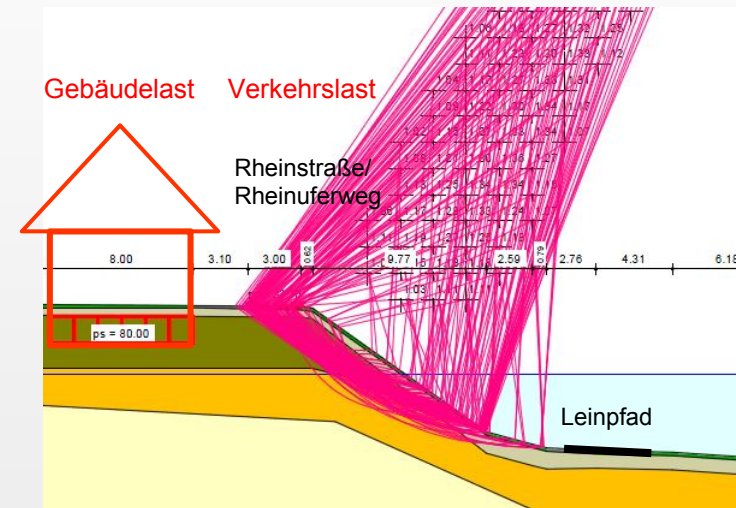
## Gefährdung der angrenzenden Bebauung (Gleitkreise mit $\mu > 1$ )

- die Standsicherheit der Bebauung ist nicht unmittelbar gefährdet (außerhalb der Gleitkreise)
- im Fall einer Böschungsrutschung sind jedoch Sachschäden nicht auszuschließen (Setzungen, Risse etc.)

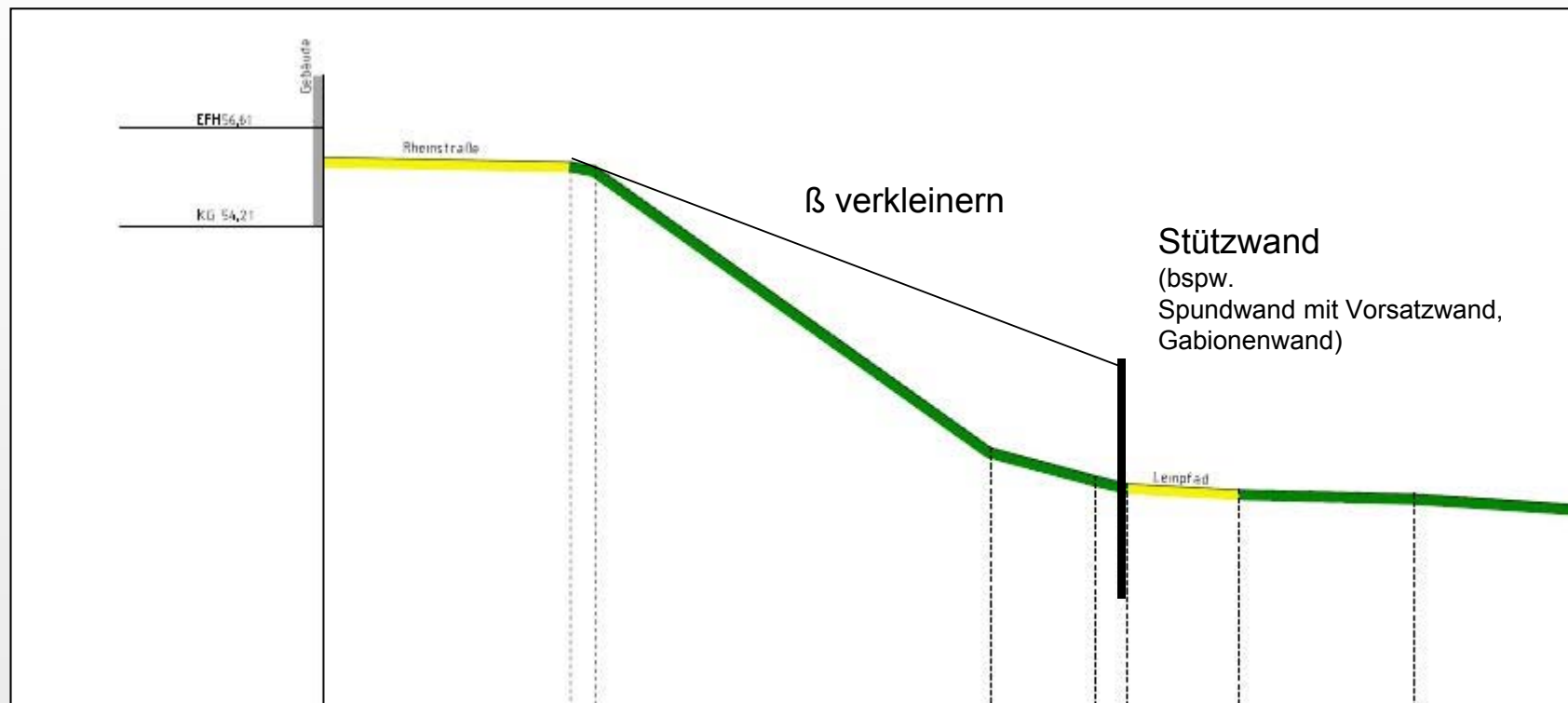
## Gefährdung des Straßenraums (Gleitkreise mit $\mu > 1$ )

- die Gleitkreise reichen generell in den Straßenraum
- weitergehende Straßenschäden sind zu erwarten
- Sach- und Personenschäden sind nicht auszuschließen
- mögliche Sofortmaßnahme: Verkehrslast verringern, z. B. durch Gewichtsbeschränkung, Parkverbote, Nutzungsverbote...

⇒ Dauerhaft: Standsicherheit der Böschung herstellen

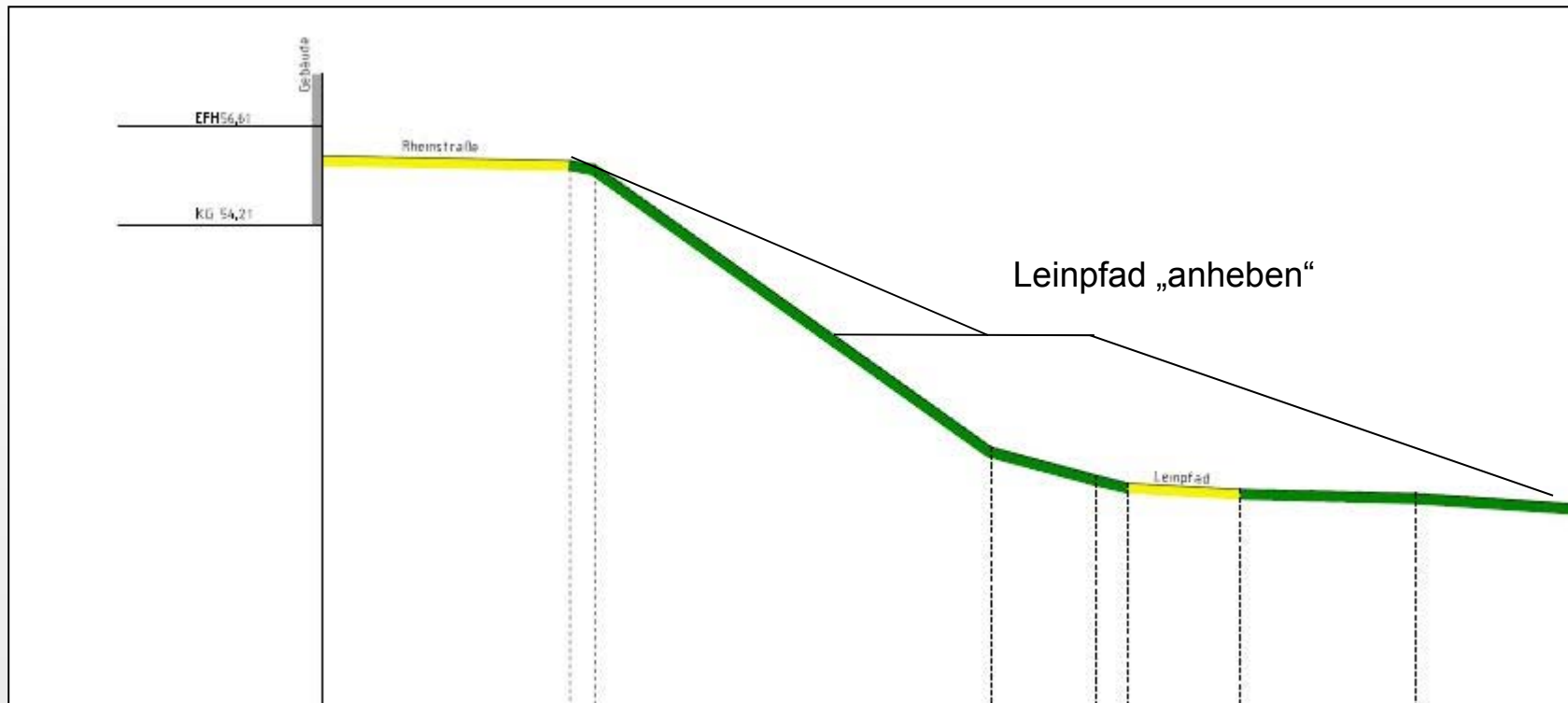


## 1. Variante: Stützwand am Fuß der Böschung Böschungswinkel $\beta$ verkleinern



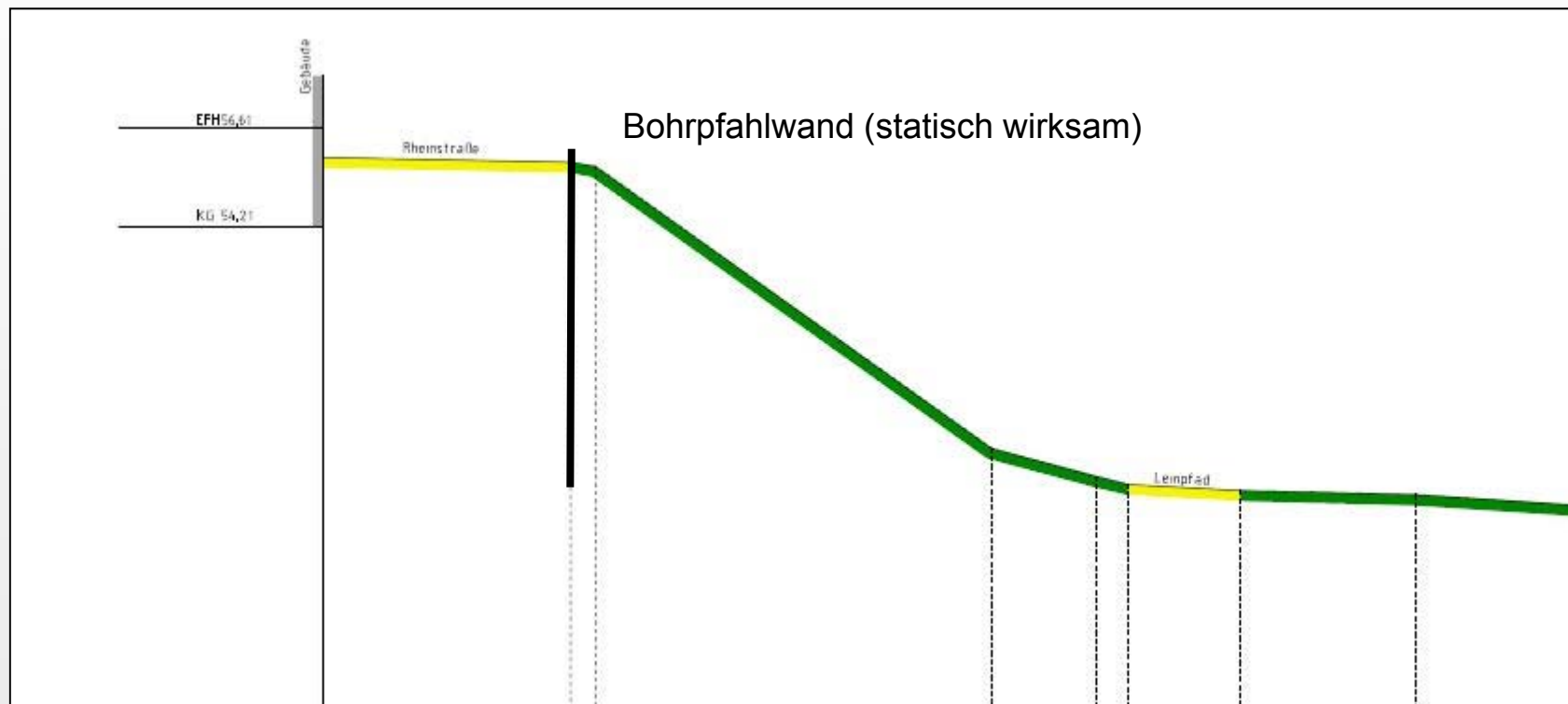
- globale Standsicherheit erfüllt!
- lokale Standsicherheit und Erosionssicherheit auch erfüllt!

## 2. Variante: Erdbaumaßnahme, „Anheben des Leinpfades“ Böschungswinkel $\beta$ verkleinern



- globale Standsicherheit erfüllt!
- lokale Standsicherheit und Erosionssicherheit auch erfüllt!

## 3. Variante: Bohrfahlwand (ggf. Spundwand) am Kopf der Böschung



- globale Standsicherheit erfüllt!

- lokale Standsicherheit und Erosionssicherheit sind zusätzlich herzustellen!!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

ICG Düsseldorf GmbH & Co. KG  
Ingenieur Consult Geotechnik



---

[www.icg-duesseldorf.de](http://www.icg-duesseldorf.de)