

Innerstädtische Betonstraße – Dimensionierung und Baubegleitung

Dipl.-Ing. Tanja Tschernack



**Weiterbildung für technisches
Leitungspersonal**

15.05.2025

VILLARET

Ingenieurgesellschaft mbH

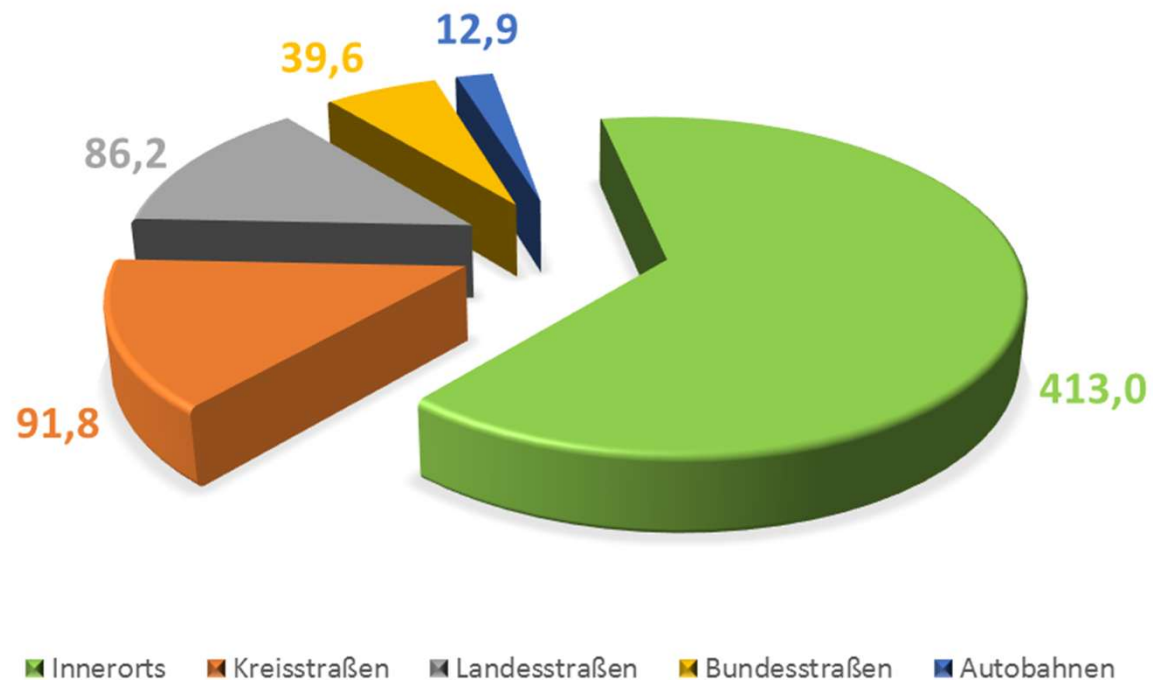


Motivation

Autobahnen
ca. 30% in Beton,

Andere Verkehrsflächen
ca. 2% in Beton

ANTEILE DER STRAßENARTEN AM GESAMTNETZ
(LÄNGE IN 1.000KM)



Quelle: Pro Mobilität

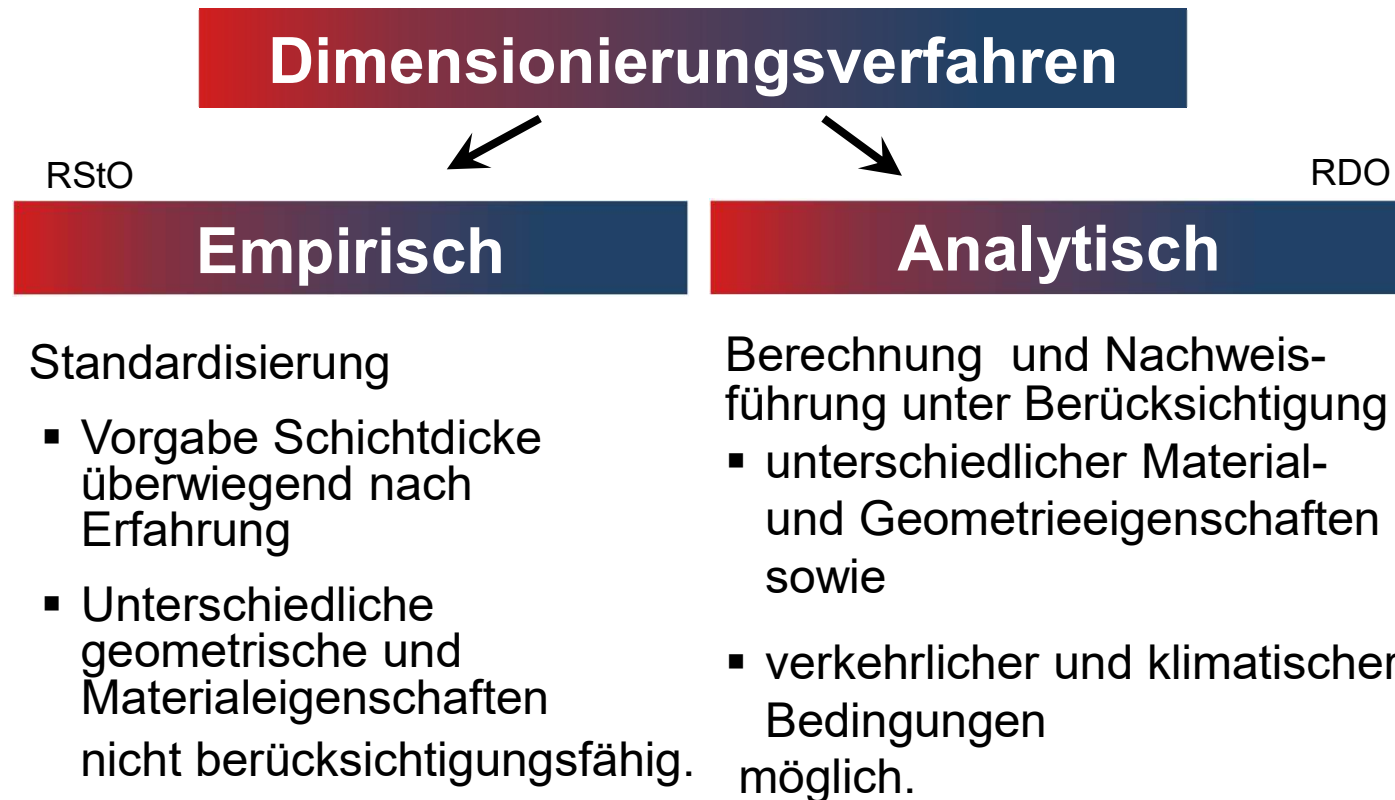
Stadtstraßen in Betonbauweise - Vorteile

- Sehr lange Nutzungsdauer
- Instandhaltungsarmut
- Gute und dauerhafte Nutzereigenschaften (Vermeidung der Spurrinnenbildung)
- Helle Oberfläche reduziert Aufheizen
- Hohe Wirtschaftlichkeit und Ressourcenschonung durch lange Liegedauer



40 Jahre alte innerstädtische Betonstraße

Dimensionierung in der Planungsphase



Regelwerk – RStO

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement



RStO 12/24

Richtlinien
für die Standardisierung
des Oberbaus von Verkehrsflächen

Ausgabe 2012/Fassung 2024

R1



Standardaufbauten

Dicken und Schichtenfolge

Tafel 2 Bauweisen mit Betondecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-
Untergrund/Unterbau

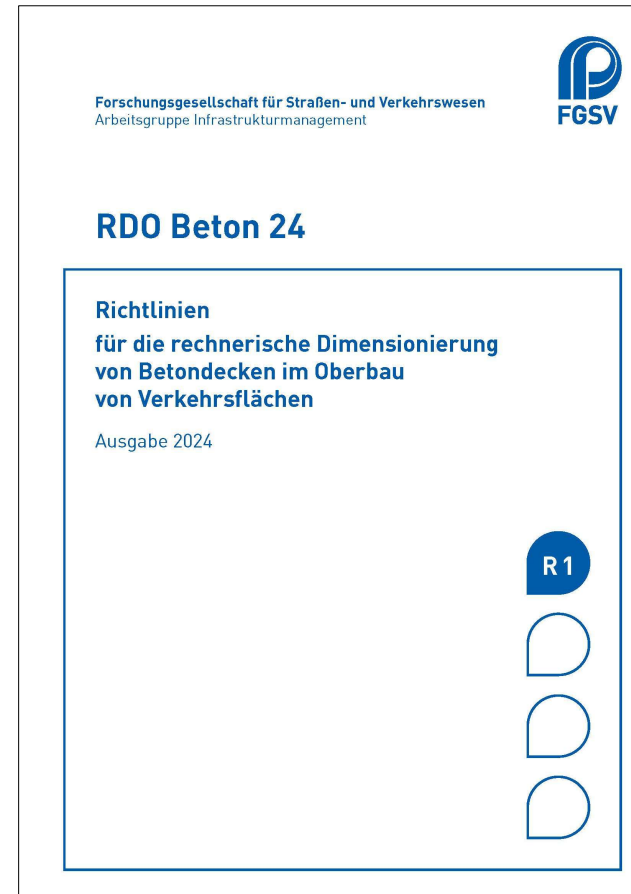
(Dickenangaben in cm; — E_{v2}-Mindestwerte in MPa)

Zeile	Belastungsklasse	Bk100	Bk32	Bk10	Bk3,2	Bk1,8	Bk1,0	Bk0,3
	B [Mio]	> 32	> 10 - 32	> 3,2 - 10	> 1,8 - 3,2	> 1,0 - 1,8	> 0,3 - 1,0	≤ 0,3
	Dicke des frostsch. Oberbaus	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	45 55 65 75	45 55 65 75	45 55 65 75	45 55 65
Asphalttragschicht und Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel auf Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material								
1.1	Betondecke							
	Vliesstoff ¹⁾	27	26	25	24	23		
	Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)							
	Frostschuttschicht							
	Dicke der Frostschuttschicht	- - 33 43	- 24 34 44	- 25 35 45	- - 26 36	- - 27 37		
1.2	Betondecke							
	Vliesstoff ¹⁾	27	26	25	24	23		
	Verfestigung							
	Schicht aus frostunempfindlichem Material - weit- oder normierend gestuft gemäß DIN 18156							
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	8" 18" 28 38	14" 24 34 44	15" 25 35 45	6" 16 26 36	- - 27 37		
1.3	Betondecke							
	Vliesstoff ¹⁾	27	26	25	24	23	20	20
	Verfestigung							
	Schicht aus frostunempfindlichem Material - enggestuft gemäß DIN 18156							
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	3" 13" 23 33	9" 19 29 39	10" 20 30 40	1" 11" 21 31	2" 12" 22 32	10" 20 30 40	- 10" 20 30
Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht								
2	Betondecke							
	Asphalttragschicht							
	Frostschuttschicht							
	Dicke der Frostschuttschicht	- 29 39 49	- 30 40 50	- 31 41 51	- - 32 42	- 25 35 45		
Schottertragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material								
3.1	Betondecke							
	Schottertragschicht							
	Schicht aus frostunempfindlichem Material							
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen						
Schottertragschicht auf Frostschuttschicht								
3.2	Betondecke							
	Schottertragschicht							
	Frostschuttschicht							
	Dicke der Frostschuttschicht	- - 26 36	- - 27 37	- - 28 38	- - 19 29	- - 21 31		
Frostschuttschicht								
4	Betondecke							
	Frostschuttschicht							
	Dicke der Frostschuttschicht						24 34 44	54 14 24 34 44

- 1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tabelle 8
2) Mit runderkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar
3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
4) Nur auszuführen, wenn das frostunempfindliche Material und das zu verfestigende Material als eine Schicht eingebaut werden
5) Anstelle des Vliesstoffes kann eine Asphaltzwischenlage gewählt werden
6) bei örtlicher Bewehrung 25 cm

Regelwerk – RDO Beton

- **Vorteile:**
 - bessere Differenzierung nach
 - Unterlage
 - Betonfestigkeit
 - Plattengeometrie
 - Belastung aus Verkehr und Witterung



Betonfahrbahnen – rechnerische Dimensionierung

**Rechnerische Dimensionierung analog dem Grundkonzept
der Europäischen Normung im Betonbau:**

Weiterentwickelt für den Betonstraßenbau:

einwirkendes Moment $M_E \leq$ aufnehmbares Moment M_R

Rechenverfahren

Was ist berücksichtigungsfähig?

- ⇒ Verkehrsbelastung (wie Menge und Art, Sonderlasten)
- ⇒ Witterung (Temperatur- und Feuchteverhältnisse)
- ⇒ Lagerungsbedingungen (Art der Unterlage)
- ⇒ Plattengeometrie (Länge und Breite)
- ⇒ Materialeigenschaften (mechanisch: Spaltzugfestigkeit)
- ⇒ Streuung der Einflüsse (statistische Absicherung der Eingangsgrößen und der Berechnungsergebnisse)

Rechenverfahren

Anwendungsgebiete

- ⇒ Autobahnen
- ⇒ Bundesstraßen
- ⇒ Landes- und Kreisstraßen
- ⇒ Stadt- und Gemeindestraßen
- ⇒ Park- und Rastanlagen
- ⇒ Kreisverkehre und Busspuren
- ⇒ Industrie-, Gewerbeflächen und deren Zufahrten

Rechenverfahren

**Software für die rechnerische Dimensionierung von
Verkehrsflächen mit Betondecke:**

ConcreteLissi[©]

**Kostenlose Nutzung für Bundesfernstraßen –
Registrierung unter:**

<https://software.villaret.de>

Die Johannisstraße

- Fußgängerzone, die für Bus- und Radverkehr freigegeben ist
- Warum dann Beton?
 - Hohes tägliches Busverkehrsaufkommen
 - Spurbundene Fahrweise aufgrund beengter Platzverhältnisse
 - Einsatz von Elektrobussen mit hohen Achslasten
 - Zusätzlich Lieferverkehr

Elektrobusse in Osnabrück

- Vorreiter bei Umstellung auf rein elektrisch betriebenen ÖPNV
- Einsatz von E-Gelenkbussen im Metrobusliniennetz:



- 62 Fahrzeuge → eine der größten E-Gelenkbusflotten Deutschlands
- Führend bei Verhältnis Flottengröße zu E-Bussen
- Erste Solobusse ab Ende 2023 (Stadtbuslinien)

Verkehrsbelastung – B-Zahl

	Bussteig C1/C2 (stadtauswärts) [pro 24h]	Bussteig D (stadteinwärts) [pro 24h]
Metrobus 1	94 Fahrten	94 Fahrten
Metrobus 2	97 Fahrten	96 Fahrten
Metrobus 3	94 Fahrten	95 Fahrten
Stadtbus 12	83 Fahrten	83 Fahrten
	368 Fahrten	368 Fahrten
	Σ 736 Fahrten	

Lieferfahrzeuge: pauschal 5%

Σ 773 Fahrten/24h

Vorderachse: 7.700 kg

Zweite Achse: 10.000kg

Hinterachse: 11.500 kg

B=30,4 Mio. 10t-ÄU

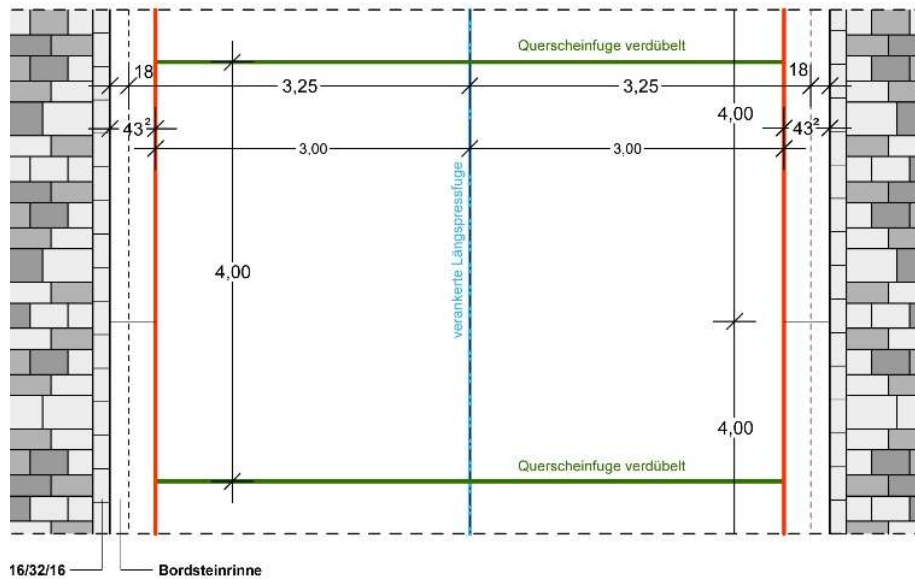
→ Rechnerische Dimensionierung

Definition einer neuen Bezugsachslast
basierend auf tatsächlichen Achslasten

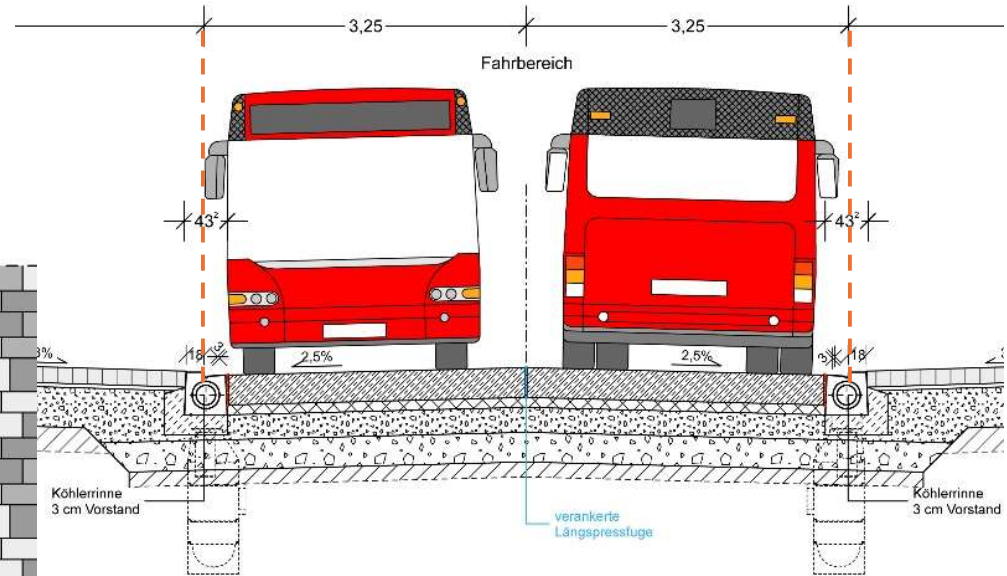
Eingangswerte in die rechnerische Dimensionierung

- Verkehrsbelastung (Ermittlung äquivalenter AÜ bezogen auf Bezugsachslast)
 - Plattengeometrie
 - Fugenausbildung (Anker und Dübel)
 - Spaltzugfestigkeit
 - Art der Tragschicht
- } Fugenplan

Plattengeometrie



Quelle: pbh Planungsbüro Hahn



Quelle: pbh Planungsbüro Hahn

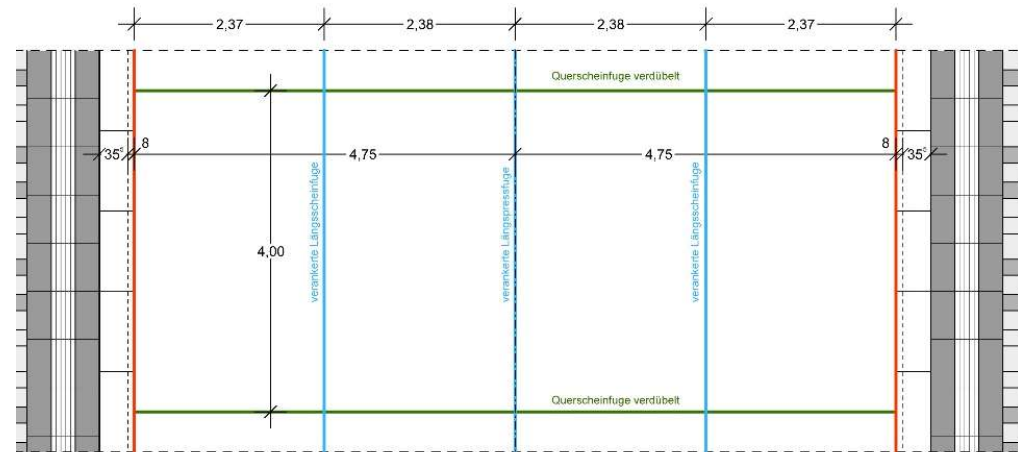
Fahrstreifenbreite von 3,25 m
(Rinne anteilig als Teil Fahrbahn)

Plattengeometrie
~ 3,00 m x 4,00 m

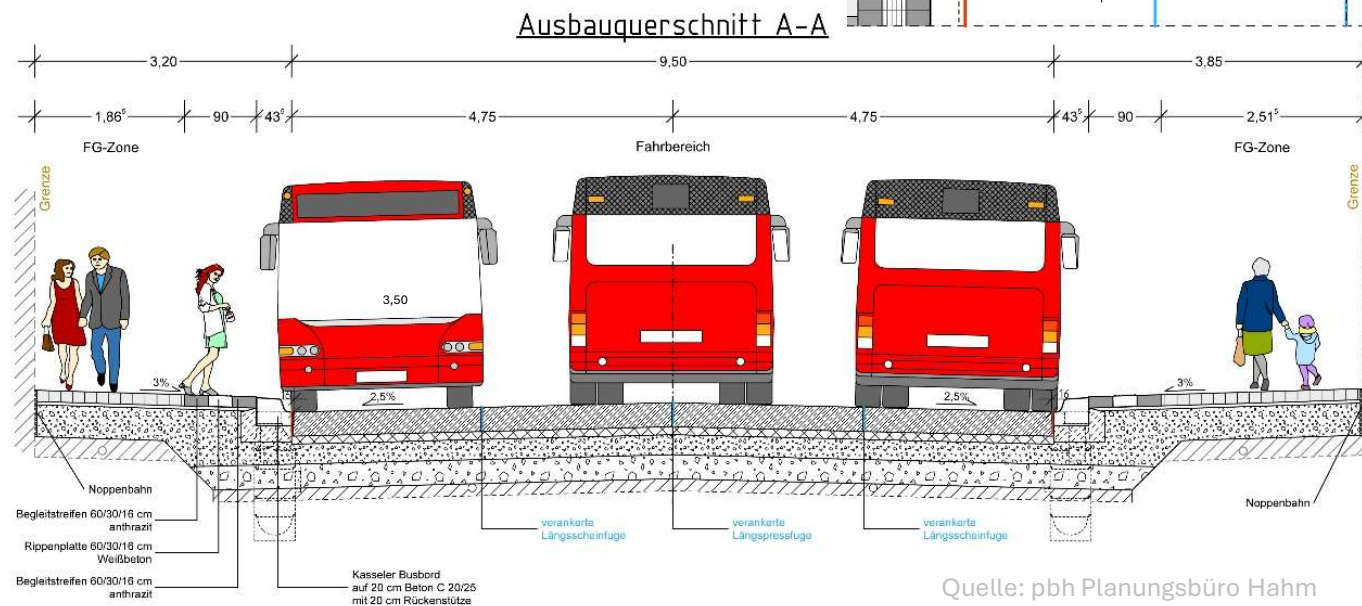
Plattengeometrie

Bushaltestellenbereich

Plattengeometrie
~ 2,40 m x 3,50 m



Quelle: pbh Planungsbüro Hahm



Quelle: pbh Planungsbüro Hahm

Regelwerk – M VaB

In Überarbeitung → Zusammenlegung Teile 1 und 2



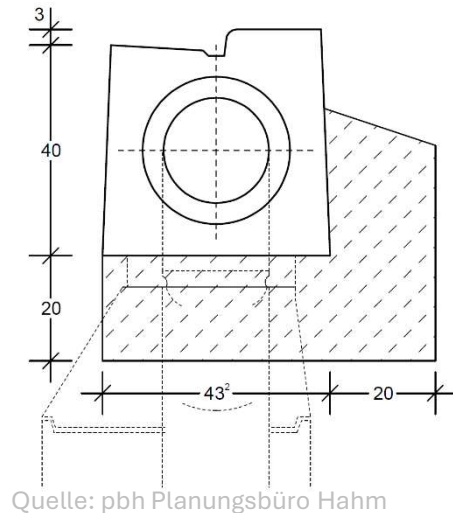
Aktuelle Inhalte

- 0. Einführung
 - 1. Begriffe
 - 2. Planungs- und Konstruktionsansätze
 - 3. Beton
 - 4. Ausführung
 - 5. Anforderungen an die fertige Leistung
 - 6. Prüfungen des Betons
 - 7. Rad- und Gehwege mit Betondecke
 - 8. Aufgrabungen

Fugenausbildung und Fugenplan

Detail "Bordsteinrinne"
M. 1:10

- Freier Plattenrand an Rinne und Kasseler Bord
(keine Verankerung möglich)
- Bauphasen (Press- oder Scheinfugen)
- Längspressfuge verankert und verdübelt
- Endbereiche (freier Plattenrand, keine Verdübelung möglich)



Fugenausbildung und Fugenplan

- Verlauf
- ung in M VaB
- mfuge
-
- Schacht
- Auflage-ringe
- PE-Folie
- 10 mm Lagerfugen
- Auflage-ringe nach DIN 4034-2
- Detail
- Pressfuge
- Schacht
- Auflage-ringe
- PE-Folie
- 0.16
- 0.13
- 0.29 (≈ 0.30)

Dimensionierung

- Ziel: qualitativ abgesicherter Befestigungsaufbau
- Nutzungsdauer 30 Jahre
- Straßenbetonklasse StC 30/37-3,0
- Berechnung für beide Plattengeometrien
- Definition der Straßenart → Städtische Hauptverkehrsstraße
(Anstreben einer geringen Ausfallrate am Ende der geplanten Nutzungszeit)

Char. Spaltzugfestigkeit	2,40 x 3,50 m unverankert/verdübelt	3,00 x 4,00 m unverankert/verdübelt
3,0 MPa	31,0 cm	32,5 cm

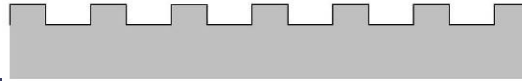


Oberflächentexturierung

- Standardtextur für innerstädtische Betonflächen: Besenstrich
- Antriebsgeräusch bis etwa 50 km/h dominant (Normalfall)
- vollelektrische Busse: Reifen-Fahrbahn-Geräusch bei geringerer Geschwindigkeit maßgebend → Entscheidung für lärmarmen Fahrbahnbelag
- Waschbeton technologisch eher schwierig



Grinding



Quelle: Merkblatt Texturgrinding

- Verfahren zum mechanischen Abtrag von erhärtetem Beton
- längsgerichtete Textur mit homogenen Leistungseigenschaften
- Diamantscheiben auf rotierender Welle dicht nebeneinander montiert schneiden definierte Rillen in die Oberfläche

Ergänzung:

Grober Kostenansatz:

5 €/m² bei BAB und größeren Bereichen

10 €/m² innerorts (grobe Schätzung)

Kann von Maßnahme zu Maßnahme variieren



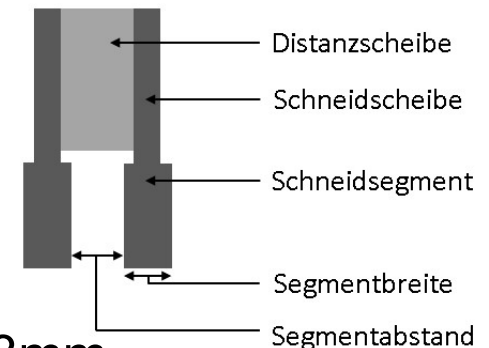
Grindingmaschine



Welle mit diamantbesetzten Schleifscheiben

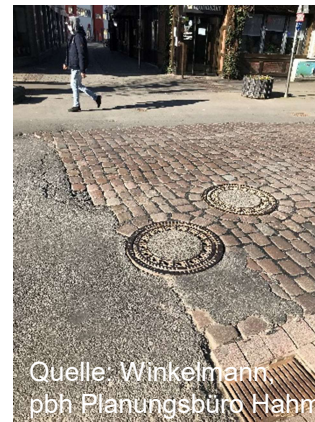
Ausschreibung

- Rechnerisch dimensionierter Oberbau:
 - Charakteristische Deckendicke: 32,5 cm
 - Charakteristische Spaltzugfestigkeit: 3,0 MPa (Mindestwert)
- Erstellen notwendiger Unterlagen/ Pläne
 - Erweiterte Erstprüfung (Spaltzugfestigkeit)
 - Fugenplan
 - Schneidplan Grinding
- Anforderungen Grinding:
 - Segmentbreite: 2,4mm Segmentabstand: 1,8mm



Quelle: Merkblatt Texturgrinding

Zustand vor Bauarbeiten



Quelle: Winkelmann,
pbh Planungsbüro Hahm



Quelle: Winkelmann, pbh Planungsbüro Hahm

Zustand vor Bauarbeiten



Quelle: Winkelmann, pbh Planungsbüro Hahn



Quelle: Winkelmann, pbh Planungsbüro Hahn

Arbeiten im unterirdischen Raum



Erstprüfung und Materialauswahl

- Erweiterte Erstprüfung
- StC 30/37 – 3,0
- Gesteinskörnung:
 - 0/2 Leese
 - 2/8 Piesberg
 - 8/16 Piesberg
- CEM III/A 42,5 N Holcim, Dortmund
- Feuchtigkeitsklasse WS
- Spaltzugfestigkeit $f_{ct,cd} = 4,0 \text{ MPa}$

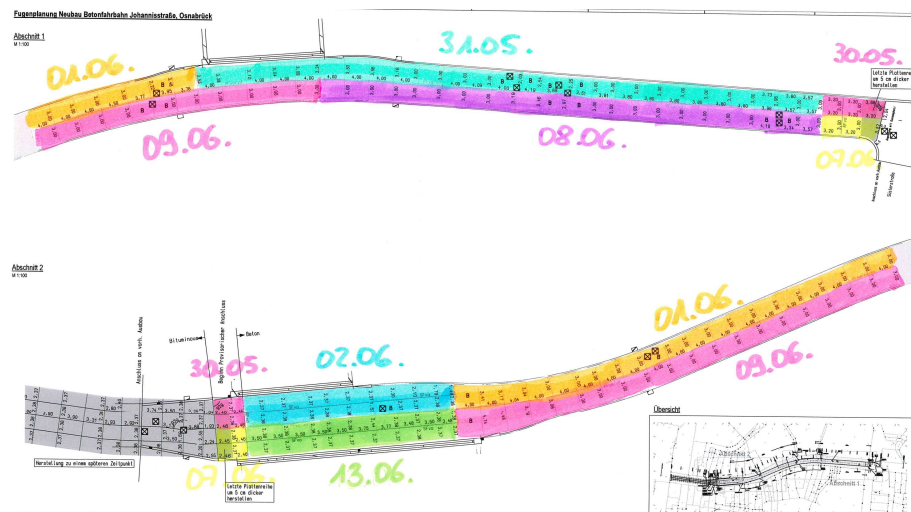
The image displays several overlapping technical documents. The most prominent ones are from 'THE CUBE' and 'BETON'. 'THE CUBE' documents include 'Prüfprotokoll TC 22 8319' and 'Prüfprotokoll TC 21 1526', both detailing material properties and test results. The 'BETON' document shows a detailed 'Materialauswahl' table with columns for various material parameters and their values. The documents are arranged in a way that shows different parts of the same project or different related projects.

Bauausführung

- Vorüberlegungen Grinding:
 - Zwei Grindingdurchgänge
 - Breite der Grinding-Bahn ~1,50 m → 2 Spuren je Seite (Rest 10 cm vor Rinne)
 - Grinding-Textur im Bereich der Kasseler Borde bis zu einem Abstand von 40 cm möglich
 - Dritte Grinding-Spur im Bereich der Bushaltestellen
 - Bereiche ohne Grindingtextur erhalten Besenstrich längs

Einbau Betondecke

- Nebenanlagen fertiggestellt
- Einbau tagsüber
- Einbauzeitraum: 30.05.2022 – 13.06.2022



- Lieferwerk:
 - GP Betonwerke West GmbH Osnabrück
 - 5 km / 12 min

Bauausführung



Bauausführung



Eigenüberwachung

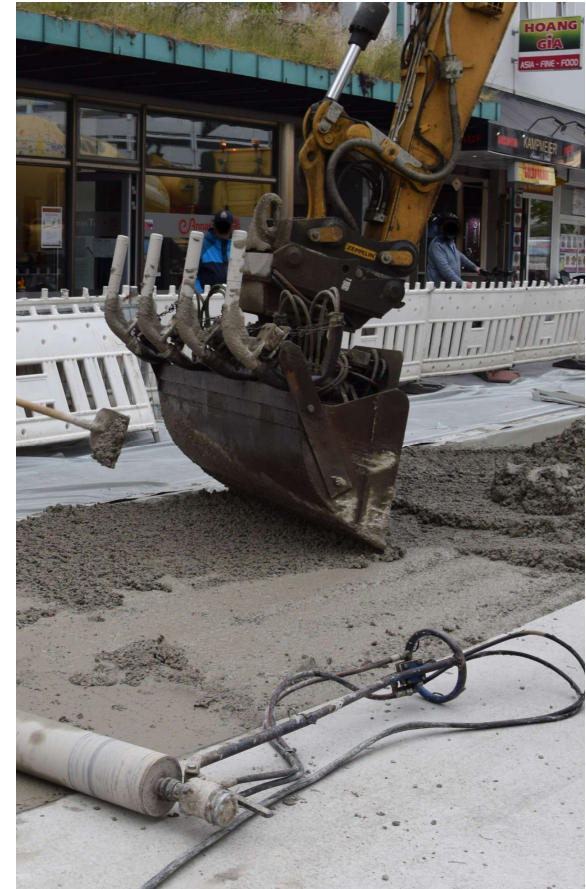
- Ermittlung LP-Gehalt jedes Fahrzeug
- Ausbreitmaß
- Beton-temperatur

Datum	TB-Lieferschein	Abzähl-/Sortennummer	Betonmenge		Probekörper Nr. DF	Geprüfte Werte			Bauteilschnitt, Bauteil	Betonvorgang		Temperatur				Nachbehandlung		Witterung
			in Fahrzeug	in Tüte		Ausbreitmaß	Verdichtungsmaß	LP		Anfang	Ende	Luft	Min.	Beton ¹⁾	Art ²⁾	Dauer		
			m³	m³		mm	V	%		Uhr	Max	Min	f _{ct}	h	-	Tag		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
01.06.2022	66001260	1663763300	8,00			390		6,5	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt			18,4	12,4			C	-	bewölkt
01.06.2022	66001262	1663763300	8,00		8	390		6,2	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt			18,4	12,4	17,9		C	-	bewölkt
01.06.2022	66001264	1663763300	8,00			390		6,0	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt			18,4	12,4			C	-	sonnig
01.06.2022	66001265	1663763300	8,00			400		5,8	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt			18,4	12,4	17,2		C	-	sonnig
01.06.2022	66001266	1663763300	8,00			390		5,9	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt			18,4	12,4			C	-	sonnig
01.06.2022	66001267	1663763300	8,00		9	400		5,5	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt			18,4	12,4	17,9		C	-	heiter
01.06.2022	66001268	1663763300	8,00			390		6,0	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt			18,4	12,4			C	-	heiter
01.06.2022	66001270	1663763300	8,00			390		6,2	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt			18,4	12,4	17,5		C	-	bewölkt
01.06.2022	66001271	1663763300	4,00	92,00		390		5,8	Fahrbahn Ost 2. Abschnitt		16:10	18,4	12,4			C	-	bewölkt
02.06.2022	66001280	1663763300	8,00		10	400		4,8	Fahrbahn Ost 3. Abschnitt	07:30		19,6	14,2	18,0		C	-	heiter
02.06.2022	66001281	1663763300	8,00			410		5,2	Fahrbahn Ost 3. Abschnitt			19,6	14,2			C	-	heiter
02.06.2022	66001282	1663763300	8,00		11	390		6,0	Fahrbahn Ost 3. Abschnitt			19,6	14,2	18,3		C	-	heiter
02.06.2022	66001284	1663763300	8,00			400		5,8	Fahrbahn Ost 3. Abschnitt			19,6	14,2			C	-	heiter
02.06.2022	66001285	1663763300	8,00			410		5,5	Fahrbahn Ost 3. Abschnitt			19,6	14,2			C	-	heiter
02.06.2022	66001286	1663763300	8,00		12	390		5,8	Fahrbahn Ost 3. Abschnitt			19,6	14,2	18,6		C	-	heiter
02.06.2022	66001287	1663763300	8,00			400		5,8	Fahrbahn Ost 3. Abschnitt			19,6	14,2	17,9		C	-	heiter
02.06.2022	66001288	1663763300	7,00	63,00		410		5,5	Fahrbahn Ost 3. Abschnitt		16:16	19,6	14,2			C	-	heiter
07.06.2022	66001297	1663763300	8,00		13	390		5,5	Anfangsfeld Fahrbahn West	07:50		20,9	14,1	19,2		C	-	schauer
07.06.2022	66001298	1663763300	8,00		14	390		5,3	Endfeld Fahrbahn West			20,9	14,1	18,9		C	-	schauer
07.06.2022	66001301	1663763300	1,50	17,50		400		5,8	Endfeld Fahrbahn West		08:55	20,9	14,1	19,2		C	-	trocken/bewölkt

Bauausführung



Bauausführung



Bauausführung



Quelle: Farr, Stadt Osnabrück



Quelle: Farr, Stadt Osnabrück

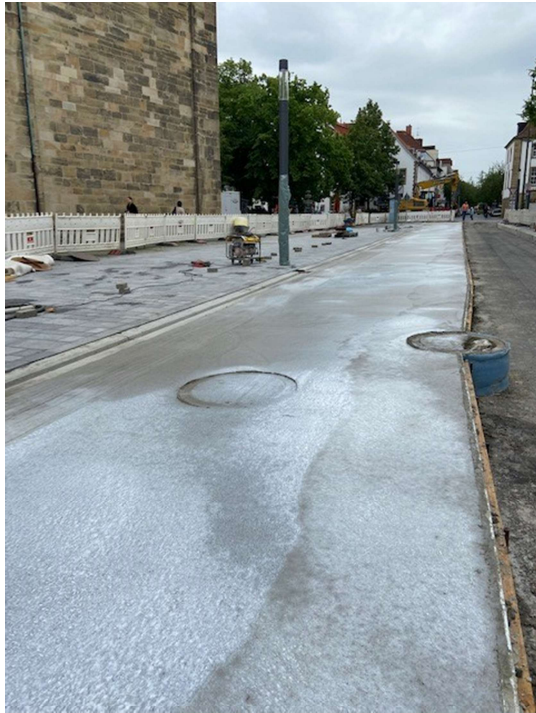


Quelle: Farr, Stadt Osnabrück

Bauausführung



Bauausführung



Quelle: Farr, Stadt Osnabrück



Quelle: Farr, Stadt Osnabrück



Quelle: Farr, Stadt Osnabrück

Bauausführung - Schächte



Quelle: Winkelmann, pbh Planungsbüro Hahm



Quelle: Winkelmann, pbh Planungsbüro Hahm

Bauausführung - Schächte



Quelle: Winkelmann, pbh Planungsbüro Hahm



Quelle: Winkelmann, pbh Planungsbüro Hahm

Grinding



Quelle: Farr, Stadt Osnabrück

Grinding



Quelle: Farr, Stadt Osnabrück

Grinding (im Bereich der Schächte)



Quelle: Farr, Stadt Osnabrück

Nach Verkehrsfreigabe



Nach Verkehrs- freigabe



Kontrollprüfungen

Festigkeitsvergleich (Spaltzugfestigkeit): $f_{ct,cd,soll}(DIM/AUS) \leq f_{ct,cd,ist}(BT)$

$f_{ct,cd,soll}(DIM/AUS)$ = Charakteristische Spaltzugfestigkeit (5%-Quantil), die der Dimensionierung zugrunde gelegt wurde bzw. die in der Ausschreibung gefordert wurde

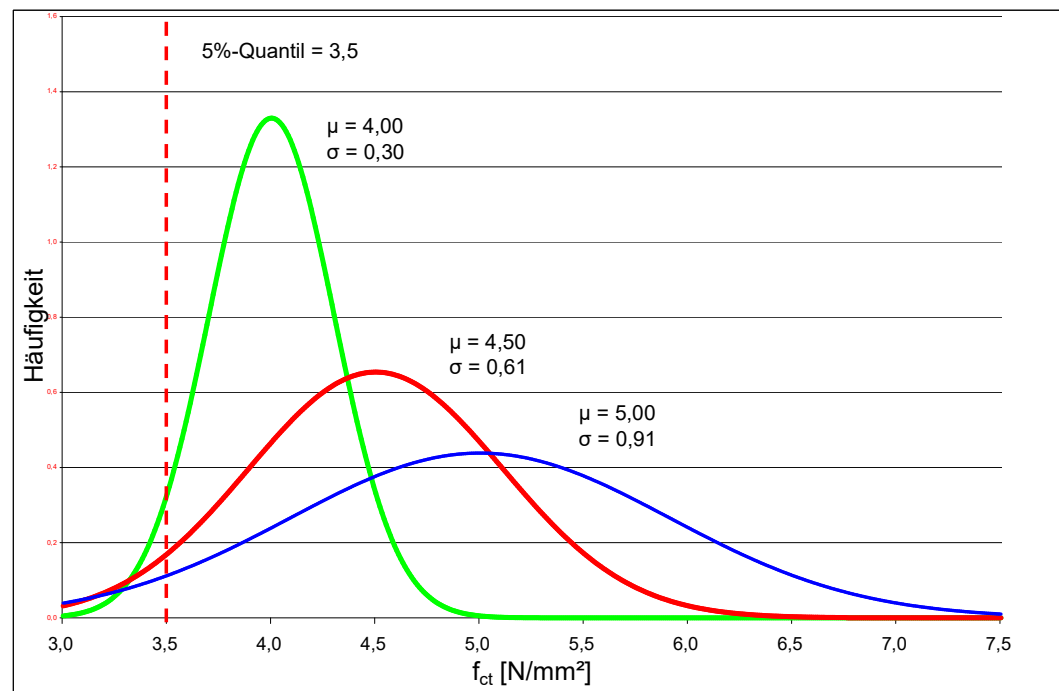
$f_{ct,cd,ist}(BT)$ = Char. Spaltzugfestigkeit (5%-Quantil), die am Bauteil/Bauwerk Straße ermittelt wurde

Deckendickenvergleich: $h_{d,soll}(DIM) \leq h_{d,ist}(BT)$

$h_{d,soll}(DIM/AUS)$ = Char. Deckendicke (10%-Quantil), die bei Dimensionierung berechnet bzw. in der Ausschreibung gefordert wurde

$h_{d,ist}(BT)$ = Char. Deckendicke (10%-Quantil), die am Bauteil/Bauwerk Straße ermittelt wurde

Kontrollprüfungen

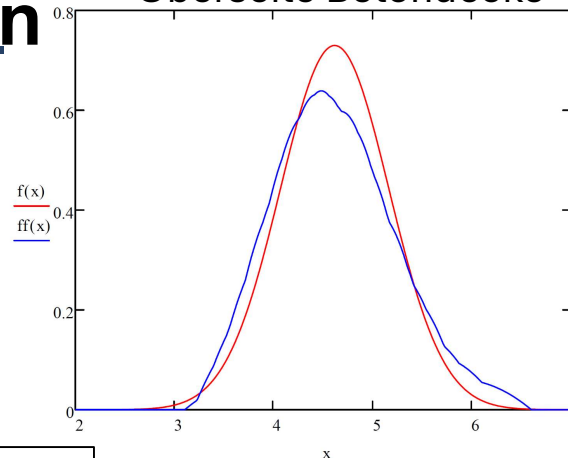


Kontrollprüfungen

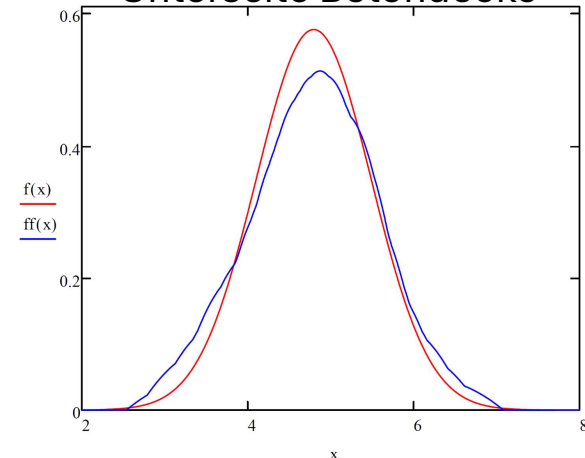
10 Bohrkerne Ost
7 Bohrkerne West

$f_{ctk,cd}$ (Ausschreibung) $\geq 3,0$ MPa

Oberseite Betondecke



Unterseite Betondecke



Verteilungsfunktion Spaltzugfestigkeit

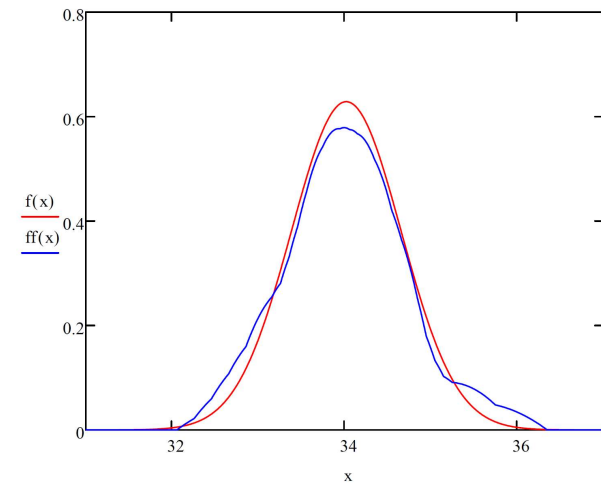
Ergebnisse der stat. Auswertung der Spaltzugfestigkeiten

Beton	Stich- probenzahl	Mittelwert [MPa]	Standard- abweichung [MPa]	Variations- koeffizient [%]	5%-Quantilwert [MPa]	
Oberseite	17	4,6	0,55	11,9	3,4	✓
Unterseite	17	4,8	0,69	14,5	3,2	✓

Kontrollprüfungen

Bohrkernentnahme erfolgte vor Grinding
(pauschal Abzug von 0,5 cm für Einzelwerte)

$$h_k \text{ (Ausschreibung)} \geq 32,5 \text{ cm}$$



Verteilungsfunktion
Deckendicke

Ergebnisse der stat. Auswertung der an Bohrkernen ermittelten Deckendicken

Bauteil	Stich- probenzahl	Mittelwert [cm]	Standard- abweichung [cm]	Variations- koeffizient [%]	10%-Quantilwert [cm]
Betondecke	17	34,0	0,64	1,9	32,9 ✓

Beteiligte

- Stadt Osnabrück
- BPH Planungsbüro Hahm, Osnabrück
- Villaret Ingenieurgesellschaft mbH
- DIECKMANN Bauen + Umwelt GmbH & Co. KG, Osnabrück
- Oevermann Verkehrswegebau GmbH, Niederlassung Osnabrück/Gütersloh
- Otto Alte-Teigeler GmbH, Hambühren

Fazit

- Rechnerische Dimensionierung berücksichtigt:
 - Hohe Achslasten
 - Freie Plattenränder
- Anforderungswerte sowohl bei Deckendicke als auch bei Spaltzugfestigkeit übertroffen
→ Nutzungsdauer >30 Jahre

Fazit

- Beton für innerstädtische Flächen geeignet, wenn im Vorfeld ingenieurtechnisch betrachtet
- Einsatz großer Baumaschinen innerorts oft schwierig
- Grinding führt zur Verbesserung
 - Ebenheit
 - Griffigkeit
 - Lärmemissionen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Dipl.-Ing. Tanja Tschernack
03342 / 303180 | tts@villaret.de

