



Aktuelles zu Betonstrassen und zur Verkehrsinfrastruktur
Ausgabe September 2015

update 43

Mit harten Argumenten gegen Griffigkeitsverlust und Lärm: Erster Schweizer Kreisverkehr in Waschbeton.

Um die verkehrstechnischen Kapazitäten einer innerstädtischen Kreuzung in Altdorf entsprechend den Bedürfnissen aus Siedlung und Verkehr zu erhöhen, suchte das Tiefbauamt des Kantons Uri nach einer griffigen und gleichzeitig lärmindernden Lösung. Beide Ziele wurden durch die gewählte Waschbetonbauweise erfüllt.

Mit harten Argumenten gegen Griffigkeitsverlust und Lärm: Erster Schweizer Kreisverkehr in Waschbeton (Zweischicht-Bauweise)

Gert Müller, dipl. Ing. FH, Müller Engineering GmbH, Wäldi/TG

2014 wagte das Tiefbauamt des Kantons Uri erstmals den Versuch, eine zweischichtige Betonkreisverkehrsfläche mit einer Waschbetonoberfläche zu bauen. Aufgrund der zunehmenden Verkehrsbelastung infolge eines hohen Lastwagenanteils und der zugleich lärmtechnisch sensiblen innerstädtischen Umgebung galt es, neue Wege zu beschreiten. Man suchte nach einer nachhaltig griffigen und gleichzeitig lärmindernden Lösung. Die gewählte Waschbetonbauweise soll den Griffigkeitsverlust insbesondere bei Kreisverkehrsanlagen mit kleinem Aussendurchmesser mindern.

Die Waschbetonoberfläche verliert auch nach 10 Jahren kaum von ihrer hohen Griffigkeit.

Basierend auf den langjährigen positiven Erfahrungen, welche in Deutschland und Österreich mit der zweischichtigen Bauweise mit ausgebürsteter Waschbetonoberfläche gemacht wurden, entschied man sich in Uri für den Einbau eines neuen Kreisels mit dieser Methode. Hohe Erwartungen wurden an den Bau mit der Waschbetonbauweise geknüpft: So sollten unter anderem die Anforderungen an eine dauerhaft hohe Griffigkeit als auch an eine geringe Geräuschentwicklung erfüllt werden. Diverse Beispiele aus der Praxis haben gezeigt, dass Verkehrsflächen mit Waschbetonoberfläche unter der Voraussetzung einer fachgerechten Ausführung beide Ziele erreichen. Auch in Uri war man von dieser Einbaumethode überzeugt.

Erfahrungen aus Österreich

Die Waschbetonbauweise wurde in Österreich bereits 1990 mit ihren guten lärmindernden Eigenschaften und ihrem hohen Griffigkeitsniveau eingeführt. Sie stellt heute die Standardbauweise dar und hat sich im Autobahnbau und beim Bau von Stadtstrassen bewährt. Jüngste Untersuchungen bestätigen ihr gutes Langzeitverhalten. Die Waschbetonoberfläche mit einem Grösstkorn von 8 mm verliert auch nach weit über 10 Jahren unter Verkehr kaum von ihren Griffigkeitseigenschaften.

Ausgangslage

Die Gotthardstrasse ist Hauptverkehrsträger des motorisierten Verkehrs in Altdorf (Hauptverkehrsstrasse innerorts). Die Baudirektion Uri, Tiefbauamt, Abteilung Strassen entschied sich, die innerstädtische Kreuzung Gotthardstrasse / Obere Fabrikstrasse umzubauen, um die verkehrstechnischen Kapazitäten entsprechend den Bedürfnissen aus Siedlung und Verkehr zu erhöhen. Der Strassenzug Obere Fabrikstrasse – Hellgasse sollte zudem als Zu- und Wegfahrt des Parkhauses Schützenmatte und dem Industriegebiet aufgewertet werden. Im Juli 2008 wurde eine Projektstudie in Auftrag gegeben. Dabei ging ein Kleinkreis mit einem Aussendurchmesser $D_a = 28\text{m}$ als Bestvariante hervor. Ausgehend von zukünftig steigenden Verkehrsmengen mit zunehmendem LKW-Verkehr wurde bei der Materialwahl schnell deutlich, dass nur eine Fahrbahn aus Beton den Anforderungen gewachsen sein würde.

Bei anderen Kreisverkehren im Kanton Uri wurde schon in früheren Jahren versucht, die Oberflächen-textur mit Einstreuen von Hartstoffen höherer Dosierung griffiger und lärmärmer zu gestalten. Diese Versuche brachten nicht den gewünschten Erfolg.

Nach Abwägung aller Risiken entschied man sich für die zweischichtige Bauweise mit Waschbetonoberfläche. Dieser Betonkreis wird üblicherweise im Handeinbau realisiert. Die Schweiz verfügt noch über wenig Erfahrungen im Umgang mit dieser Bauweise – insbesondere den Bauunternehmen, welche sich auf dem Gebiet des Betondeckenbaus spezialisiert haben, fehlt noch die nötige Erfahrungen bei der Herstellung einer Waschbetonoberfläche. Durch insgesamt zwei Probeeinbauten wurde in Zusammenarbeit mit der Bauunternehmung versucht, die Qualitätsanforderungen zielsicher zu erreichen, das neue Verfahren kennenzulernen und die Abläufe bei der Oberflächenherstellung zu optimieren.

Belagskonzept und Bauweise

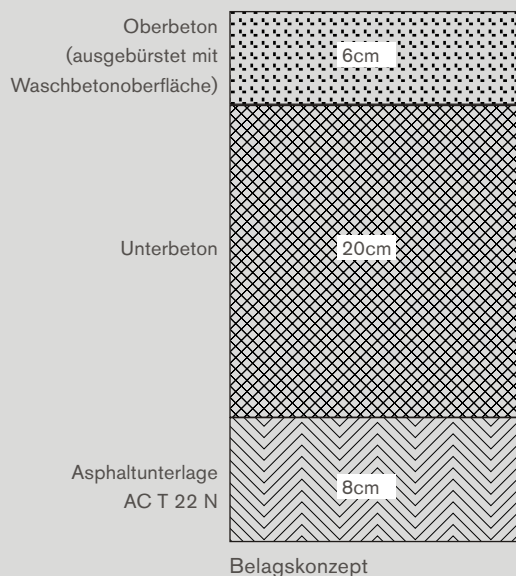
Die Waschbetonbauweise wird in der Regel im zweisechichtigen Einbau «frisch in frisch» erstellt. Die feuchte Betonoberfläche wird mit einem Kombimittel (Verzögerer und Curing) behandelt und im erdfeuchten Zustand ausgebürstet. Die Texturtiefe erreicht man in Abhängigkeit des Ausbürstzeitpunktes nach 3 bis 24 Stunden. Dieser ist von der Umgebungstemperatur abhängig. Mittels Vorversuchen kann dies getestet werden. Die angestrebte Texturtiefe beträgt zirka 0,8 bis 1,1 mm.

Durch diese Bauweise wird in einem ersten Schritt eine Unterbetonschicht mit Grösstkorn 32 mm eingebaut und verdichtet. In einem zweiten Schritte wird eine Oberbetonschicht aus qualitativ hochwertigem Splittbeton 0 bis 8 mm auf den noch frischen Unterbeton aufgebracht. Eine Durchmischung der beiden Schichten ist dabei zu vermeiden. Das Ausbürsten des Oberflächenmörtels mit freigelegter Gesteinskörnung verbessert ausserdem den Frost-Tausalz-Widerstand der Oberfläche.

Die Waschbetonbauweise ist eine gute Alternative zu herkömmlich strukturierten Betonfahrbahndecken wie auch zu üblichen Asphaltdecken und überzeugt sowohl technisch als auch wirtschaftlich.

Es handelt sich dabei um eine technisch anspruchsvolle Oberflächentexturierung. Bezüglich der Ausführungsqualität sind für das Gelingen einer Waschbetontextur folgende Parameter von grosser Bedeutung:

- Kornzusammensetzung bzw. Sieblinie für eine hohe Profilspitzenzahl an der Oberfläche
- hoher Polierwiderstand der gebrochenen Gesteinskörnungen, PSV > 53
- Anteil, Kornform und Bruchflächigkeit der gebrochenen Gesteinskörnungen. Es ist ein Beton mit 100% gebrochener Körnung und einer Bruchflächigkeit $C_{100/0}$ bei guten Erfahrungen $C_{90/1}$ zu verwenden. Die Sandfraktion hat aus gleicher Provenienz wie der geprüfte 8er Splitt zu stammen.
- Witterung und Temperatur beim Betoneinbau bzw. beim Entfernen des Oberflächenmörtels
- Dicke und Qualität des Oberflächenmörtels
- Typ des Oberflächenverzögerers, Ausbürstzeitpunkt und Nachbehandlung vor und nach dem Ausbürsten



Beispiel einer Waschbetonoberfläche, GK 0-8 mm

Probereinbau 1

Es wurde ein Testfeld von 3×15 m Grösse eingerichtet und am 28. November 2013 konnte der erste Probeeinbau beginnen. Wegen der klimatischen Bedingungen Ende November fand dieser Versuch in einer überdachten und beheizten Einstellhalle statt. Erfahrungswerte konnten somit bei Temperaturen von etwa 10 °C gesammelt werden. Ziel des Probeeinbaus:

- Vertraut machen mit der zweischichtigen Bauweise (Arbeitsabläufe)
- Oberflächenbearbeitung Waschbeton
- Optimierung der Betonrezeptur
- Haftzugfestigkeit Ober-/ Unterbeton

Beurteilung der Oberflächenbearbeitung

Insgesamt wurde geprüft, mit welcher Methode des Oberflächenabtrags die geforderte Waschbetonoberfläche zielsicher erreicht werden kann.

1. Behandlung ohne Verzögerungsmittel
2. Behandlung mit Verzögerungsmittel und Abtrag mittels Wasserhochdruck
3. Behandlung mit Verzögerungsmittel und Abtrag mittels Rotationsbürste
4. Behandlung mit Verzögerungsmittel und Abtrag mittels Kkehrbürste

Die beste Annäherung an die Abnahmeprüfwerte wurden bei den Testflächen mit Verzögerungsmittel und ausgebürsteter Oberfläche mit der Kkehrbürste erzielt.

Rautiefenbestimmung

An allen 13 Teilflächen wurde eine Prüfung mit je drei Sandflächen durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Flächen (8) und (13) bei der Erstmessung mit Rautie-

Tabelle 1: Rautiefen-Messwerte der Teilflächen (8) und (13)

Resultate Rautiefenmessung	Fläche (8) (mm)	Fläche (13) (mm)	Anforderung (mm)
Prüfung 1	1,1	0,9	
Prüfung 2	1,4	0,9	
Prüfung 3	1,4	1,1	
Mittelwert	1,3	0,97	0,8 – 1,1

fen zwischen 1,1 mm (8) und 0,9 mm (13) den Vorgabewerten entsprachen. Zur Mittelwertbildung wurden bei den Flächen (8) und (13) je zwei weitere Prüfungen durchgeführt, um einen repräsentativen Durchschnitt zu erhalten.

Beurteilung Teilflächen ohne Verzögerungsmittel

Diese beiden Oberflächen wurden nicht mit einem Verzögerungsmittel behandelt. Nach einer Wartezeit von rund 19 Stunden wurden diese Flächen ausgebürstet und mit Wasserhochdruck behandelt. Die Oberflächenstrukturierung ergab ein ungenügendes Ergebnis, die Rautiefen lagen zwischen 0,4 bis 0,6 mm. Fazit: Die Bearbeitung ohne Verzögerung der Oberfläche war nicht zielführend.

Erkenntnisse

Es kann festgehalten werden, dass die mit Verzögerungsmittel behandelte Oberfläche (13) und das Ausbürsten mittels Kehrbrüste die geforderte Oberflächen-Rautiefe am besten erreicht hat. Ausgebürstet wurde die Fläche (13) am 29. November 2013 um 09:30 Uhr. Rund 18 Stunden nach dem Einbringen des Oberbetons (28. November 2013 um 15:30 Uhr) erfolgte das Ausbürsten bei einer Umgebungstemperatur von zirka 10 °C.

- Die Bearbeitungsmethode mit Verzögerung der Oberfläche und Ausbürsten mittels Kehrbrüste erzielte das beste Ergebnis, muss aber auf die jeweilige Umgebungstemperatur abgestimmt werden. Allenfalls besteht auch Optimierungspotenzial bei der Wahl des Ausbürstfahrzeugs.
- Auch die Methode mittels Ausbürsten mit Rotorbürste ist eine Möglichkeit, die Oberfläche mit der nötigen Rautiefe zu versehen. Auch hier muss der richtige Ausbürstzeitpunkt durch Versuche in Abhängigkeit zur Umgebungstemperatur ermittelt werden.
- Die Methode durch Wasserhochdruckabtrag hat gezeigt, dass bei den untersuchten Zeiten teilweise zu viel Material abgetragen wurde, d.h. die Rautiefen lagen zwischen 1,2 und 1,4 mm und somit über der angestrebten Rautiefe von 0,8 bis 1,1 mm. Unter



Ausbürsten der Oberfläche



Versuchsfelder mit unterschiedlicher Oberflächenbearbeitung

reellen Bedingungen beim Einbau mit einer doch erheblich grösseren Fläche und höheren Umgebungstemperaturen (Frühjahr, Sommer) würde diese Methode wohl zu viel Zeit in Anspruch nehmen.

Die Bearbeitungsmethode mit Verzögerung der Oberfläche und Ausbürsten mittels Kehrbürste erzielte das beste Ergebnis.

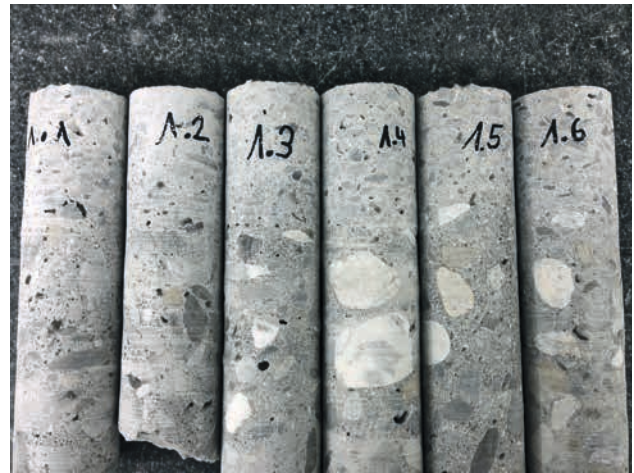
Fazit: Die Schwierigkeit besteht darin, eine gleichmässige Rautiefe und eine homogene Oberflächenstruktur mit dem jeweiligen Verfahren zu erhalten. Hier dürfte die Methode «Ausbürsten mittels Kehrbürste» – auch wegen der rationelleren Arbeitsweise – im Vorteil sein.

Hinweise zur Ebenheit und zum Einbau

Es gelten die Qualitätsanforderungen an die Ebenheit gemäss SN 640 520 resp. SN 640 521. Für die zweischichtige Waschbetonbauweise ist die Ebenheit in Quer- und Längsrichtung mit geeigneten Geräten sicherzustellen. Die Oberfläche ist mit dem Vibrationsbalken abzuziehen und von Hand abzuglätten und zu taloschieren. Beim Vorversuch lag die Konsistenz des Oberbetons im Bereich C3/C2 und konnte recht gut verarbeitet und verdichtet werden. Je weichplastischer ein Beton ist, desto schwieriger wird es, einerseits den Beton im Gefälle einzubringen und andererseits die Oberfläche gemäss den Ebenheitsanforderungen zu bearbeiten. Im Rahmen des Vorversuchs wurde das Einbringen des Ober- und Unterbetons durch die Unternehmung akzeptabel umgesetzt.

Haftzugfestigkeit an Bohrkernen

Zur Überprüfung des Haftverbunds zwischen Ober- und Unterbeton wurde an 6 Bohrkernen nachgewiesen. Die Anforderungen an die Haftzugfestigkeit wurden im Mittelwert auf 2,0 N/mm² festgelegt.



Bohrkerne Ø 50mm des 1. Probeinbaus

Tabelle 2: Haftzugfestigkeit (DAfStb-Richtlinie-SIB, Teil 3, Anhang C, 2001 / SOP 3066)

Lage bzw. Probenbezeichnung	Ø (mm)	max. Prüfkraft (kN)	Zugfestigkeit (MPa) (N/mm ²)	Versagensart
BK 1.1	50	3,8	1,9	A/B
BK 1.2	50	3,9	2,0	A
BK 1.3	50	3,7	1,9	B
BK 1.4	50	4,0	2,0	B
BK 1.5	50	4,7	2,4	A
BK 1.6	50	3,9	2,0	A
Mittelwert			2,04	

Beschreibung der Versagensart:

- A Kohäsionsversagen im Oberbeton
- B Kohäsionsversagen im Unterbeton
- A/B Adhäsionsversagen zwischen Ober- und Unterbeton

Probereinbau 2

Um bei der Bauausführung zusätzlich Sicherheit mit den Abläufen zu gewinnen, wurde ein zweiter Probereinbau für den 26. Mai 2014 vorgesehen. Als Zielsetzung sollte ein Kreiselsegment unter realen Bedingungen erstellt werden. Vor dem definitiven Haupteinbau sollte insbesondere der Ausbüstzeitpunkt in Abhängigkeit der Temperaturen im Sommer einerseits und die Betonrezeptur andererseits verfeinert werden.

Erkenntnisse

Infolge Verzögerungen bei den Betonlieferungen wurde festgestellt, dass unter optimalen Witterungsbedingungen mit Temperaturen leicht über 20°C, ein Unterbruch von zirka 30 Minuten zwischen dem Einbringen der beiden Schichten liegen kann, ohne dass die Qualität des Haftverbunds beeinträchtigt wird. Die Haftzugversuche erfüllten ebenfalls die geforderten Werte.



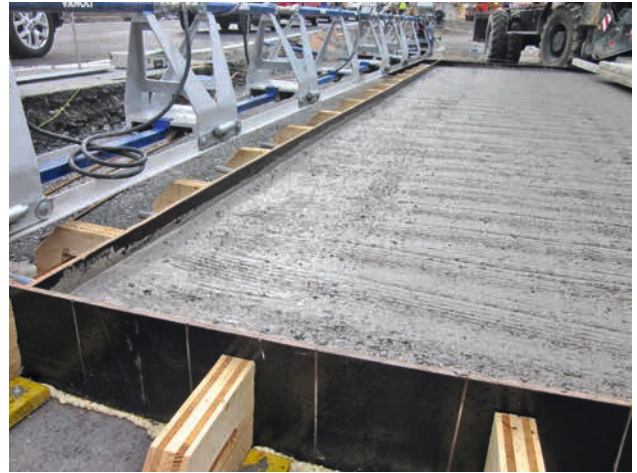
Probereinbau 2

Baudurchführung

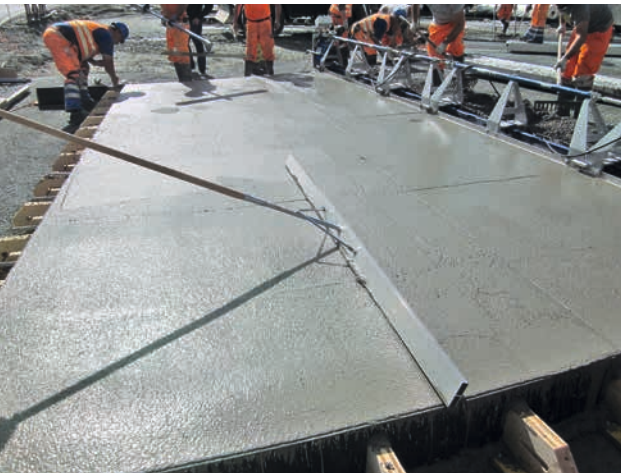
Die Bauarbeiten sollten in mehreren Teiletappen erfolgen. Am 5. Juni 2014 wurde die erste Etappe in Angriff genommen. Dabei mussten sämtliche Qualitätsanforderungen, die aus den beiden Probeeinbauten hervorgegangen sind, umgesetzt werden.



1. Einbringen des Unterbetons, d = 20 cm



2. Aufrauen der frischen Betonoberfläche



4. Abglätten und Kontrolle der Ebenheit



5. Aufsprühen eines Kombimittels (Verzögerer und Curing)



7. Ausbürsten der Betonoberfläche und erneutes Aufbringen des Verdunstungsschutzes (Curing)



8. Kontrolle der Rautiefe



3. Einbringen des Oberbetons, d = 6 cm



6. Abdecken und Schützen des Betons mit Vlies und/oder Matten

Waschbetonoberflächen:



Direkt nach dem Ausbürsten



Nach der Reinigung

Abnahmeprüfwerte

Rautiefe

Auf der gesamten Fläche der Betonfahrbahn des Kreisels wurden insgesamt 12 Serien mit je drei Messungen durchgeführt. Im Mittel wurde eine Rautiefe von 0,93 mm festgestellt, die Einzelwerte lagen dabei zwischen 0,9 und 1,0 mm. Dies spricht für eine sehr regelmässige Texturierung der Waschbetonoberfläche. Die geforderte Rautiefe von 0,8 bis 1,1 mm wurde ziel-sicher erreicht.

Griffigkeit

Am 1. September 2014, rund zwei Monate nach Fertigstellung der Betonfahrbahnen wurden die Griff-igkeitseigenschaften beurteilt.

Zur Bestimmung der Griffigkeit wurden mit dem SRT-Pendel insgesamt 15 Serien mit je fünf Messungen durchgeführt. Die Mikrotextur als massgebendes Kriterium für das Griffigkeitsniveau ist genügend und liegt im Bereich des geforderten SRT-Werts.

Lärmuntersuchung

Zur Beschreibung und zur Kontrolle der Lärmsituation an der Kreuzung Gotthardstrasse, Gründligasse und Obere Fabrikstrasse wurde im Auftrag des Tiefbauamt des Kantons Uri sowohl vor als auch nach dem Umbau bei den exponiertesten Liegenschaften Lärm-messungen durchgeführt. Mit den Messungen soll aufgezeigt werden, ob sich die Lärmsituation durch den Neubau des Kreisels mit Waschbetonoberfläche wesentlich ge-ändert hat. Massgebend für die Lärmsituation ist alleine der Verkehr der Gotthardstrasse.

Tabelle 3: Massgebende Lärmquellen

Strassenname	DTV Fz/Tag	Nt	Nn	Nt2	Nn2
Gotthardstrasse	18'966	1'096	178	10,0	5,0

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die massgeben- den Beurteilungspegel (Lr) vor und nach dem Umbau sowie die Veränderungen dargestellt. Dazu wurden die Messresultate vor und nach dem Umbau der Kreuzung auf die Verkehrswerte der Tabelle 3 umgerechnet (normalisiert).

Beurteilung

Durch die Realisierung des Kreisels mit einer Wasch- betonoberfläche haben die Lärmbelastungen an den beiden kritischen Liegenschaften um 2 bis 4 dBA ab- genommen. Gründe hierfür sind die leicht geänderte Verkehrsführung im Kiesel und die guten akustischen Eigenschaften der Betonfahrbahn nach knapp einem Jahr unter Verkehr.

Auch von den Anwohnern wird die neue Ober- fläche als «leise» wahrgenommen, dies bestätigt zu- sätzlich die hervorragenden Lärmeigenschaften der Waschbetonoberfläche.

Tabelle 4: Massgebende Beurteilungspegel (Lr)

MP	Messort	Fassade	Beurteilungspegel Lr (dBA) ohne Kiesel		Beurteilungspegel Lr (dBA) mit Kiesel		Veränderung (dBA)	
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Gründligasse 1	NO	70	60	66	57	-4	-3
2	Gründligasse 1	NW	66	56	64	54	-2	-2
3	Gotthardstrasse 46	SO	67	57	64	55	-3	-2
4	Gotthardstrasse 46	NO	70	60	67	58	-3	-2



Waschbetonoberfläche nach einem Jahr unter Betrieb

Literatur:

- [1] Neubau Kreisel Poli Altdorf, Lärmuntersuchung, Grolimund + Partner AG, Bern vom 29. Mai 2015
- [2] Prüfbericht «Bestimmung der Griffigkeit mit dem SRT-Pendel nach SN 640 512-4b, TFB AG, Wildegg vom 22. September 2014
- [3] Bericht 8380, «Abnahmemessung der Längs- und Querebenheit und der Griffigkeit», K2 Gotthardstrasse, Kreisel Poli, SACR, Seewen SZ vom März 2013
- [4] Bericht B2-064, «Überprüfung der Oberflächenbeschaffenheit (Rautiefe)», Altdorf, Kreisel Poli, Vorversuch Waschbetonbauweise, Gert Müller, BTS Bauexpert AG, Schlieren vom 5. Dezember 2013
- [5] SN 640 461, Betondecken für Verkehrsflächen, Konzept, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten, Ausgabe 2014-12
- [6] RVS 08.17.02 (13.07.2011) Betondecken, Deckenherstellung
- [7] BETONSTRASSEN Das Handbuch, Leitfaden für die Praxis, Zement + Beton Handels- und Werbegesellschaft, Wien, Ausgabe August 2012
- [8] Technischer Bericht Kreisel Poli (Bauprojekt) vom 22. September 2009, Ingenieurbüro A. Kälin AG, Altdorf



Für weiterführende Informationen steht Ihnen der Verein Betonmarketing Österreich jederzeit zur Verfügung

www.betonmarketing.at



Vereinigung der Österreichischen
Zementindustrie
Reisnerstraße 53
A-1030 Wien
Tel. +43 (0)1 714 66 81-0



Verband Österreichischer
Beton- und Fertigteilwerke
Gablenzgasse 3/5. OG
A-1150 Wien
Tel. +43 (0)1 403 48 00



Güteverband
Transportbeton
Wiedner Hauptstraße 63
A-1045 Wien
Tel. +43 (0)5 90 900-4882



Forum
Betonzusatzmittel
Wiedner Hauptstraße 63
A-1045 Wien
Tel. +43 (0)5 90 900-3749

Vertrieb durch
BETONSUISSE

BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53, CH-3011 Bern
Telefon +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch



InformationsZentrum Beton GmbH
Steinhof 39, D-40699 Erkrath
Telefon +49 (0)211 28048-1, Fax +49 (0)211 28048-320
erkrath@beton.org, www.beton.org



Verein Betonmarketing Österreich
Anfragen für den Bereich Betonstraßen an Zement + Beton
Handels- und Werbeges.m.b.H., Reisnerstraße 53, A-1030 Wien
Telefon +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at