

Rorbas Dorfplatz,

Planungs-
und

Ausführungsempfehlungen
für die Natursteindecken,

vom 02. September 2024

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

1. Grundsätzliches zur Entwicklung der gebundenen Pflaster- und Plattenbauweise

Pflasterungen sind eine historische Bauweise für befestigte Strassen, Plätze und Wege. Bei den altehrwürdigen Pflasterungen waren die Bettungs- und Fugenmaterialien ungebunden. Diese Bauweise hielt grosse Verkehrslasten aus, wenn die Steingrösse der Belastung entsprach. Verschwunden ist die Pflasterungsart wegen der maschinellen Reinigung. Mit dieser Reinigungsart wird der Sand in den Fugen mit den Bürsten gelockert und anschliessend mit dem Sauger herausgesaugt. Es entstehen Fugenvertiefungen von mehreren Zentimetern. Die Steine werden instabil und lösen sich. Die Pflasterdecken werden zerstört.

Daher wurden die Pflasterungen den neuen Gegebenheiten angepasst. Es entstanden Pflasterungen in gebundener Bauweise, ohne jedoch je Forschung zu betreiben. Über das Tragfähigkeitsverhalten und wie einzelne Pflasterungsaufbauten auf die unterschiedlichen Verkehrsbelastungen reagieren, war wenig bekannt. Daher entstanden bei der gebundenen Bauweise, je nach Belastung und Steingrösse, früher oder später Schäden.

Seit ca. 20 Jahren werden vermehrt Plattendecken in Verkehrsflächen ausgeführt. Bei den Plattendecken ist das Tragverhalten je nach Plattenformat unterschiedlich, ansonsten verhalten sie sich ähnlich wie Pflasterdecken. Platten sollten in der gebundenen Bauweise oder in der Mischbauweise mit gebundener Bettung ausgeführt werden, weil sonst mit der Zeit Absätze zwischen den Platten entstehen, die zu einer Unfallgefahr führen können.

Ein wichtiger Faktor ist die Steinbearbeitung. Mit dem Aufkommen der maschinellen Herstellung von Natursteinplatten Anfang der 1990-er Jahre kamen Platten mit gesägten Unterseiten und Seitenflächen auf den Markt. Diese Platten haben sehr glatte Flächen, die keinen kraftschlüssigen Verbund zum Fugen- bzw. Bettungsmaterial ermöglichen. Eine Errungenschaft der damaligen Zeit, die kostengünstige Plattendecken ermöglichten, welche jedoch nicht verfestigt werden konnten. Das führte zum Loslösen der Platten. Die Produzenten, die dies zu verantworten hatten, weil sie Produkte auf den Markt brachten, die im System nicht erprobt waren, konnten in den seltensten Fällen zur Schadensregulierung beigezogen werden. Die Bauherren und Planer, die der irrigen Meinung waren, dass sie eine günstigere Natursteinplattendecke mit einer langen Gebrauchstauglichkeit bekommen, wurden überrascht und waren überzeugt, dass der Unternehmer qualitativ schlecht gearbeitet hatte, wenn sich die Platten lösten.

In der Schweiz haben der VSS und der Bund bis 2010 keine Forschung über Systemaufbauten mit den dazugehörigen Bewegungsfugen betrieben. Der Verband Schweizerischer Pflasterermeister (VSP) hat die Initiative ergriffen und bereits 1994 Versuche auf der

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

Rundlaufanlage in Dübendorf, in Zusammenarbeit mit der ETHZ, Abteilung IVT und dem Büro FPN, durchgeführt. Diese Versuche haben viele neue Erkenntnisse gebracht. 2013 wurde ein vierjähriges Forschungsprojekt der VSS abgeschlossen, welches weitere Erkenntnisse brachte.

Ein Unsicherheitsfaktor in der gebundenen Bauweise sind noch immer die Bewegungsfugen. Es existiert bis heute noch kein Systemaufbau für befahrbare Bewegungsfugen bei Pflasterungen und Plattendecken mit Verkehrsbelastung, der ein positives Langzeitverhalten garantiert. Aus diesem Grunde können bezüglich Bewegungsfugen nur Empfehlungen ohne Garantie ausgesprochen werden. Dieses Risiko trägt der Bauherr, das heisst, gebundene Natursteindecken müssen, vor allem in Verkehrsflächen, regelmässig kontrolliert werden.

Treten unvermeidliche Risse infolge Temperaturschwankungen auf, müssen diese instandgesetzt werden, so dass keine Folgeschäden entstehen. Eine gebundene Natursteindecke entspricht einer starren Betonbauweise ohne Bewehrung, das heisst diese Beläge können nur sehr geringe Zugspannungen aufnehmen. Aus diesem Grund ist es ratsam, dass stark beanspruchte gebundene Natursteindecken nicht im Hochsommer bei heissen Temperaturen ausgeführt werden, oder falls erforderlich, mit entsprechenden Beschattungsmassnahmen und en erforderlichlich Vor- und Nachbehandlungen ausgeführt werden.

Die gebundene Bauweise kann nach den neuesten Erkenntnissen so ausgeführt werden, dass sie den in den Normen angegebenen Verkehrsbelastungen standhält.

Die Angaben in der Norm, SN 640 480 Pflasterungen, sind aus den Resultate der Versuche auf der Rundlaufanlage sowie aus Erkenntnissen von Objekten aus der Praxis entstanden. Bewegungsfugen sind in der Norm empfohlen. Es gibt jedoch keine fundierten Kenntnisse, wie diese sich im Fahrbahnbereich langfristig verhalten. Das heisst, heute ist bekannt, dass normale Bewegungsfugen ohne Stützkörper im unteren Fugenbereich unter Verkehrsbelastung zu Schäden führen. Aus diesem Grund wird u. a. in der Norm, wenn die Situation es zulässt, empfohlen, dass Risse infolge Temperaturschwankungen in Bewegungsfugen umgewandelt werden.

Im 2016/17 ist die Norm für Plattendecken überarbeitet worden und erschienen. Sie ist auf den neusten Erkenntnissen des VSS Forschungsprojekts und Erfahrungen der Praxis ergänzt worden.

Eine andere Problematik besteht bei den Tragschicht-, Bettungs- und Fugenmaterialien in der ungebundenen Bauweise. Die Norm fordert nur die Frostbeständigkeit des Tragschicht-, Bettungs- und Fugenmaterials. Verschiedene Schadensfälle haben gezeigt, dass diese Anforderung ungenügend ist. Wenn das Ursprungsgestein, aus dem der Splitt hergestellt wird, nicht frosttausalzbeständig ist und der Schlagzertrümmerungswert zu hoch ist, dann erfolgt bei diesen Materialien, welche der Norm entsprechen, unter Verkehrs-

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

belastung eine Kornzertrümmerung. Dies führt in der Folge zu einer ungenügenden Wasserdurchlässigkeit und zu Verfestigung. Die Natursteine schwimmen bei Regenwetter auf dem Bettungsmaterial und der Fugensand wird herausgespült. Dadurch werden die Steine zusammengedrückt bzw. abgekippt. Diese Thematik ist mittlerweile in den beiden Normen für Pflasterungen und Plattendecken angepasst worden, damit in Zukunft diesbezüglich keine Schäden mehr entstehen.

Die Tragschichten müssen auf die Verkehrsbelastung abgestimmt sein. Wie die Versuchsreihe des VSP gezeigt hat, können bei hohen Verkehrsbelastungen Verformungen in bituminösen Tragschichten entstehen. Diese Verformungen bewirken eine Zerstörung der gebundenen Natursteindecke. Vorteilhaft sind wasserdurchlässige Tragschichten. Obwohl die Würfeldruckfestigkeit von Drainbeton im Labor etwa 15 MPa erreicht, hat dieser als Tragschicht eine optimale Kraftübertragung und eine hervorragende Tragfähigkeit. Dies konnte bei den Versuchen festgestellt werden und auch verschiedene Objekte aus der Praxis haben diese Feststellung bestätigt. Die Labordruckfestigkeit von etwa 15 MPa ist deshalb nicht von entscheidender Bedeutung, weil Drainbeton in der Praxis eine flache Form hat und somit eine dreidimensionale Druckspannung entsteht, die 4 Mal höher ist als die Würfeldruckfestigkeit.

Werden in der heutigen Zeit Pflasterungen und Plattendecken geplant und ausgeführt, muss die genaue Verkehrsbelastung und Nutzung dieser Flächen bekannt sein. Nur mit dieser Grundvoraussetzung wird es möglich, ein auf das Objekt abgestimmtes Konzept zu erarbeiten. Den Bauherren müssen die Möglichkeiten von Natursteindecken mit den Vor- und Nachteilen der unterschiedlichen Bauweisen vermittelt werden, damit ihnen bewusst wird, was sie einkaufen, welche Risiken sie selbst tragen und mit welchen Unterhaltsarbeiten sie nach der Übernahme zu rechnen haben.

ETHZ: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
IVT: Institut für Verkehrstechnik
VSP: Verband Schweizerischer Pflasterermeister
VSS: Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

2. Vor- und Nachteile der gebundenen und ungebundenen Bauweise

2.1 Ungebundene Bauweise

Vorteile:

- * Kostengünstige Erstellung.
- * Benötigt keine Bewegungsfugen.
- * Nach der Fertigstellung sofort benutzbar.
- * Bilden unerlässliche Entspannungszonen zwischen gebundenen Bauweisen.
- * Kanalisation wird entlastet, da ein Teil der Niederschlagsmenge versickern kann.
- * Im innerstädtischen Bereich entstehen natürliche Feuchtigkeitsspeicher, die die klimatischen Verhältnisse verbessern.
- * Keine Auskalkungen der Bettungsmaterialien und dadurch kein Verstopfen von Leitungen oder Kalkausschwemmungen an der Oberfläche.
- * Das Aufnehmen und Wiederverlegen ist sehr einfach und kostengünstig. Flickstellen sind innerhalb kurzer Zeit nicht mehr sichtbar. Die Steine können kostengünstig gereinigt und wiederverwendet werden. Bei Arbeiten an Werkleitungen ist dies von grossem Nutzen.
- * Das heisst, die ungebundene Bauweise ist eine nachhaltige Bauweise, da die Steine mehrmals verwendet werden können

Nachteile:

- Tropfkanten von Dachrinnen, Erkern, Balkonen usw. zeichnen sich ab.
- Die Entwässerung muss so geplant und ausgeführt werden, dass das Wasser von gebundenen Flächen abgenommen wird und nicht auf ungebundene Flächen fliesst.
- Kann nur schonend gereinigt werden, deshalb bei starker Verschmutzung ungeeignet.
- Es gibt zurzeit nur wenige Reinigungsmaschinen, die in der Lage sind, sowohl ungebundene als auch gebundene Flächen zu reinigen. Ansonsten müssen sie von Hand, ohne Wasser, gereinigt werden.
- Sind in Innenbereichen hochwertige Fussböden aus „Weichgesteinen“, können Sandkörner, die an den Schuhsohlen haften, Kratzer verursachen. Dies vor allem, wenn die Schmutzlaufzonen zu kurz sind.
- Unter überdachten Flächen können durch den Taupunkt unter den Steinen, vor allem bei dünnen Natursteindecken, Feuchtigkeitsverfleckungen entstehen.

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

Was man wissen muss:

- Nur im Freien möglich, nicht unter grossen Vordächern, Balkonen usw..
- Im Fahrbahnbereich entsteht durch den Verkehr eine normale Fugenvertiefung von 10 - 30 mm, je nach Fahrgeschwindigkeit, Fugenbreiten und Gefälleverhältnissen. Bei Regen wird vor dem Reifen Wasser in die Fuge gepresst. Dadurch wird die oberste Sandschicht instabil und beim Abrollen saugt der Reifen das gelöste Fugenmaterial heraus. Dies bedingt, dass vor allem in den ersten Jahren öfters nachgesandet werden muss.
- Eine leichte Spurrinnenbildung durch Nachverdichtung und Walkwirkung im Bettungsmaterial, die durch das Überrollen der Räder der Schwerverkehrsfahrzeuge bewirkt wird, ist unvermeidlich.
- Natursteinbeläge mit Sandfugen müssen engfugig versetzt werden. Der Fugensand ist der instabilste Faktor im ganzen System.
- Nachsanden ist je nach Fugenvertiefungen notwendig. Wird dies vernachlässigt, entstehen Schäden
- Das Ursprungsgestein, aus welchem der Splitt hergestellt wird, muss frosttausalzbeständig sein und nicht nur frostbeständig, wie dies in der neuen Norm gefordert ist.

2.2 Gebundene Bauweise

Vorteile:

- * Intensive Reinigung mit üblichen Reinigungsmaschinen möglich, auch Nassreinigung. Aus diesem Grund ist diese Bauweise in Fussgängerbereichen mit Strassencafes und Aussenverkaufsständen zu bevorzugen.
- * Oberfläche ist ab dem Benutzungszeitpunkt „sauber“, keine Verschmutzung von Innenböden durch Sandrückstände an Schuhsohlen.

Nachteile:

- Teure Bauweise. Im Zusammenhang, dass bei der gebundenen Bauweise dünnere Steine verwendet werden können, kann sie kostenneutral sein.
- Empfindlich auf Setzungen

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

- Benötigt nach der Fertigstellung die erforderlichen Sperrzeiten (LW - Belastung nach 28 Tagen) oder es müssen Spezialmörtel verwendet werden, die nach kurzer Zeit eine hohe Anfangsfestigkeit aufweisen.
- Je nach Temperatur bei der Ausführung entstehen mehr oder weniger Risse infolge Temperaturrückgang = Zugspannungen.
- Benötigt Bewegungsfugen, die auch in der Norm empfohlen sind. Wie die Fugen schadensfrei erstellt werden müssen, ist jedoch in keiner Norm beschrieben. Aus diesem Grund können für die befahrenen Bewegungsfugen nur Empfehlungen ohne Garantie abgegeben werden.
- Bewegungsfugen sind optisch zu sehen.
- **Risse infolge von Temperaturspannungen sind unvermeidlich und können auch durch die Steine verlaufen.** Sie müssen nachträglich aufgefräst und falls erforderlich zu Bewegungsfugen umfunktioniert werden, damit keine Schäden entstehen. **Dies ist keine Garantie- sondern Unterhaltsarbeit** und muss entschädigt werden.
- Grosse zusammenhängende Flächen müssen vermehrt kontrolliert werden. Risse zwischen Fugenmörtel und Steinen sind zu sanieren = Unterhaltskosten.
- Gebundene Bauweisen mit Drainmörtel mit Feinteilen als Bettungsmaterial führen zu Feuchtigkeitsproblemen und zu Schäden bei erhöhter Belastung.
- Bei gebundenen Bettungsmaterialien wird durch eindringendes Wasser Kalk ausgelöst, wenn keine Spezialzemente zur Anwendung kommen. Dies kann auf unterbauten Flächen zu Verstopfungen von Leitungen oder unschönen Kalkausschwemmungen an der Oberfläche führen.
- Werkleitungsgräben und -löcher sind teuer beim Öffnen und Wiederinstandstellen. Diese Reparaturarbeiten sind eine **Qualitätsminderung**, die zudem in einer Natursteindecke über längere Zeit sichtbar ist.

Was bekannt sein muss:

- Wenn es bei grösseren Flächen in gebundener Bauweise keine Entspannungszonen gibt, führt dies zu vermehrten Haarrissen.
- Die Fugenbreite muss so sein, dass die ganzen Fugen mit Mörtel gefüllt sind.
- Die gebundene Tragschicht und das Bettungsmaterial müssen sickerungsfähig sein und ein gutes Tragfähigkeitsverhalten aufweisen.
- Die Fläche muss so geplant und ausgeführt werden, dass keine Wölbwirkung infolge Erwärmung entstehen kann.
- Je mehr Flächen von unterschiedlicher Sonneneinstrahlung sich abwechseln mit Flächen, die im Schatten sind, desto grösser werden die unterschiedlichen Spannungen zwischen diesen Flächen.

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

- **Risse infolge Temperaturschwankungen sind unvermeidlich.** Diese Tatsache ist in den Normen SN 640 480, Pflasterung, und SN 640 482, Plattendecken, festgehalten.
- Bewegungsfugen müssen regelmässig kontrolliert werden. Schadhafte Fugen sind zu erneuern = Unterhaltsarbeit.
- Auf den Steinoberflächen ist nach dem Verfugen mit einem zementösen Fugenmörtel verarbeitungsbedingt ein leichter Grauschleier vorhanden. Dieser wird durch Witterungseinflüsse und Nutzung entfernt. Flächen, die nicht der Witterung ausgesetzt sind, müssen je nach Aussehen eventuell nachbehandelt werden.
- Mörtelrückstände auf Steinoberflächen sind ein Mangel und müssen nicht akzeptiert werden
- Bei grösseren zusammenhängenden Flächen, in denen die Verfugung in mehreren Etappen ausgeführt wird, können witterungs- und verarbeitungsbedingt unterschiedliche Fugenvertiefungen entstehen, wodurch optisch ein unregelmässiges Erscheinungsbild der Natursteindecke entsteht.
- Optisch entsteht durch die volle Mörtelfuge eine zusammenhängende Fläche, bei der das Muster nicht deutlich wahrgenommen wird. Der Unterschied zwischen gebundener und ungebundener Bauweise ist gut sichtbar.

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflästerungen und Natursteinbeläge

3. Verkehrsbelastung

Berechnung der äquivalenten Achslasten:

Gemäss Busfahrpläne fahren folgende Busse in den verschiedenen Richtungen:

Buslinie	Richtung	Montag - Freitag	Samstag	Sonntag	Durchschnitt pro Tag	Total Halte- stelle Nord
521	Flughafen	37	20	19	32,0	
522	Embrach	27	19	18	24,6	
529	Burggi	25	19	18	23,1	79,7

Buslinie	Richtung	Montag - Freitag	Samstag	Sonntag	Durchschnitt pro Tag	Total Halte- stelle Süd
522	Teufen	34	34	33	33,9	
529	Pfungen	25	19	18	23,1	
N52	Teufen		2	2	0,6	57,6

Wird die Annahme getroffen, dass die Fahrzeuge je zu einem Drittel voll, halb voll bzw. kaum beladen sind errechnen sich folgende äquivalente Achslasten:

Fahrzeugart	Achslast Vorderachse in Tonnen	Achslast Hinterachse in Tonnen	Äquivalents-faktor Vorderachse	Äquivalents-faktor Hinterachse	Äquivalents-faktor pro Fahrzeug
Gelenkbus voll	6,5	2 x 11,75	0,45	4,75	9,95
Gelenkbus halb voll	5,5	2 x 9,25	0,25	1,7	3,65
Gelenkbus fast leer	4,5	2 x 6,75	0,12	0,51	1,14
Anhängerzug bzw. 4-Achs LW voll	8	3 x 8	1	1	4
Anhängerzug bzw. 4-Achs LW leer	5	3 x 4	0,15	0,07	0,36
LW 16 to voll beladen	8	8	1	1	2
LW 16 to halb beladen	6,5	5,5	0,39	0,1	0,49
LW 16 to leer	5	3	0,15	0,02	0,17

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

Car 16 to voll	8	8	1	1	2
LW 7,5 to voll beladen	4	3,5	0,07	0,04	0,11
LW 7,5 to halb beladen	2,75	2,25	0,012	0,009	0,021
Lieferwagen 3,5 to voll beladen	2	1,5	0,006	0,0025	0,0085
PW 1,8 to	1	0,8	0,0003	0,0002	0,0005

Aufgrund dieser äquivalenten Achsbelastung errechnet sich unter der Anzahl aufgeführten Fahrzeugen folgende tägliche Verkehrsbelast TF

Belastung Seite Nord			
Fahrzeugart	Anzahl Fahrzeuge pro Tag	Äquivalentsfaktor pro Fahrzeug	Äquivalentsfaktor pro Tag und Fahrzeug
Gelenkbus voll	27	9,95	268,65
Gelenkbus halb voll	27	3,65	98,55
Gelenkbus fast leer	26	1,14	29,64
Anhängerzug bzw. 4-Achs LW voll	2	4	8
Anhängerzug bzw. 4-Achs LW leer	2	0,36	0,72
LW 16 to voll beladen	2	2	4
LW 16 to halb beladen	2	0,49	0,98
LW 16 to leer	1	0,17	0,17
Car 16 to voll	1	2	2
LW 7,5 to voll beladen	2	0,04	0,08
LW 7,5 to halb beladen	2	0,009	0,018
Lieferwagen 3,5 to voll beladen	24	0,0025	0,06
PW 1,8 to	800	0,0002	0,16
Total tägliche Äquivalentsbelastung TF			413

Damit ein realistischer TF-Wert entsteht, muss bei der Bushaltestelle für die Busse der Faktor 2 eingesetzt werden, weil die Busse immer am gleichen Ort halten und fahren.

Total tägliche Äquivalentsbelastung TF Bushaltestelle	809,868
---	---------

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

Belastung Seite Süd (Gemeindehaus)			
Fahrzeugart	Anzahl Fahrzeuge pro Tag	Äquivalentsfaktor pro Fahrzeug	Äquivalentsfaktor pro Tag und Fahrzeug
Gelenkbus voll	20	9,95	199
Gelenkbus halb voll	19	3,65	69,35
Gelenkbus fast leer	19	1,14	21,66
Anhängerzug bzw. 4-Achs LW voll	2	4	8
Anhängerzug bzw. 4-Achs LW leer	2	0,36	0,72
LW 16 to voll beladen	2	2	4
LW 16 to halb beladen	2	0,49	0,98
LW 16 to leer	1	0,17	0,17
Car 16 to voll	1	2	2
LW 7,5 to voll beladen	2	0,04	0,08
LW 7,5 to halb beladen	2	0,009	0,018
Lieferwagen 3,5 to voll beladen	24	0,0025	0,06
PW 1,8 to	800	0,0002	0,16
Total tägliche Äquivalentsbelastung TF			306

Total tägliche Äquivalentsbelastung TF Bushaltestelle	596
---	-----

Sämtliche äquivalente Belastungen TF liegen in der Verkehrslastklasse T4 > 300 – 1000. Dies trifft auch auf die Kreuzung Kirchgasse – Altebrücke – Postgasse zu. Somit kann im Strassenbereich nach den Normen eine Pflasterdecke erstellt werden.

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

4. Objektspezifische Angaben

4.1 Generelles zu diesem Objekt

Bei der Ausführung einer Pflasterdecke ist eine ungebundene Bauweise mit 15-er Bindersteinen die in ECOPREC® versetzt und verfugt werden, die nachhaltigste Lösung. Bei dieser Ausführung benötigt es keine untere Entwässerungsebene, das heisst es muss keine Drainbeton- bzw. Drainasphaltschicht eingebaut werden. Bei Werkleitungsöffnungen, welche in überbauten Flächen durch Gebäudeumnutzung immer wieder erforderlich sind, können 90 – 95 % der Materialien wieder verwendet werden. Zudem entsteht mit ECOPREC® als Bettungs- und Fugenmaterial keine Kornzermahlung, die unter den Pflastersteinen zu einem Wasserstau und somit zu einem Schaden führen können.

Bei einer gebundenen Bauweise entstehen immer wieder unvermeidliche Spannungsrisse, die zum Loslösen von Steinen führen. Solche Schäden zu reparieren sind in Flächen, wenn sie nicht über 4 Wochen gesperrt werden können, problematisch. Zudem ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass bei den Anschlussstellen wieder unvermeidliche Haarrisse entstehen.

In den Nebenflächen, auf denen vor allem kaum Schwerverkehr fährt, können gebundene oder Mischbauweisen für Pflasterdecken mit Mörtelfugen zur einfacheren Reinigung ausgeführt werden.

Unter überdachten Flächen sollten generell Mörtelfugen erstellt werden, weil bei diesen Flächen unter den Steinen immer ein Taupunkt entsteht, welcher zu Feuchtigkeitsproblemen führen kann.

Als Naturstein soll der Guber Quarzsandstein zur Anwendung kommen, der früher oft in Altstädten und Dorfkernen ausgeführt wurde. Bei diesem Stein werden heute die Oberflächen geschliffen und geflammt, so dass eine Oberfläche entsteht, die für Rollatoren und Rollstühle gut befahren werden kann. Zudem werden ebene Oberflächen leiser wahrgenommen.

Damit der Strassenbereich beim Befahren leiser wahrgenommen wird, sollte eine Reihen- oder Fischgrätpflasterung, die diagonal zur Fahrrichtung versetzt wird, erstellt werden. Die Anschlüsse können mit längeren Steinen oder Bischofsmützen ausgeführt werden. Wobei in diesen vielen Radien eine Ausführung mit längeren Steinen einfacher ist.

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

4.2 Tragschicht

Wenn als Bettungsmaterial ECOPREC® zur Anwendung kommt, kann ein normaler Kieskoffer zur Ausführung kommen. Sollte im Oberbau keine gleichmässige Tragfähigkeit hergestellt werden können, besteht die Möglichkeit eine Asphalttragschicht einzubauen.

4.3 Bettungs- und Fugenmaterial

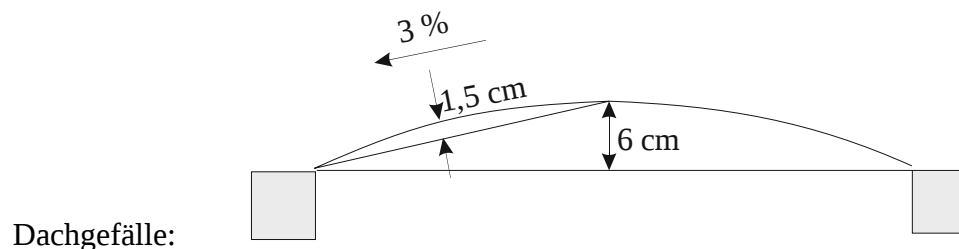
Grundsätzlich muss die Pflasterdecke im Querschnitt immer in Gewölbeform ausgeführt werden, unabhängig ob ein Dach- oder ein einseitiges Gefälle ausgeführt wird.

ECOPREC® ist ein bituminierter, hydrophober Brechsand 0 – 2 mm, der grundsätzlich kalt eingebaut wird. ECOPREC® sollte nur in dünnen Schichten eingebaut werden, was bei Natursteinen nicht immer möglich ist. Wenn unter den Steinen eine Bettungsschicht von mehr als 30 mm entsteht, muss zuerst ein Splitt 4/8 mm vorgelegt werden. Danach kommt das ECOPREC® darauf und wird mit einer kleinen Rüttelplatte in die Hohlräume des Splitts vibriert. Danach können die Steine hammerfest versetzt werden.

Sind die Fugen breiter als 5 mm, was bei Natursteinen mit bruchrauen Seitenflächen oft der Fall ist, dann muss in die Fugen zuerst ein Splittgemisch 1/5 mm (ca. 2/3 Splitt 1 – 3 mm plus 1/3 Splitt 2 – 5 mm) eingebracht werden. Danach muss das ECOPREC® aufgebracht und so lange abgerüttelt werden (ca. 6 – 8 Rüttelvorgänge) bis kein ECOPREC® mehr in die Hohlräume der Fugen hinein vibriert werden kann.

4.4 Wölbung in der Pflasterdecke

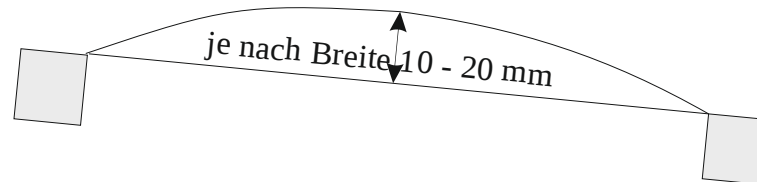
Die Pflasterflächen müssen, ob einseitiges oder Dachgefälle, immer mit eine Wölbung gepflastert werden, damit die Steine durch die Walkwirkung der Reifen in sich verspannen und somit kaum Spurrinnen entstehen.



Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge



Einseitiges Gefälle:

4.5 Guber Bindersteine

Für das Reihenpflaster oder Fischgrätmuster sollten 150 mm breite und 225 mm lange Steine zur Anwendung kommen. Die Dicke dieser Steine beträgt 140 – 180 mm. Die Bauchungen dürfen max. 5 mm und die Unterschlagung am Fuss sollten nicht mehr als 20 mm betragen.

Für ein Reihenpflaster können Steine mit bruchrauen Seitenflächen und Unterseiten zur Anwendung kommen was relativ kostengünstig ist. Soll ein Fischgrätmuster erstellt werden bei dem Steinverschiebungen kaum wahr genommen werden, müssen maschinell hergestellte Steine zur Anwendung kommen, weil mit bruchrauen Steinen infolge der Toleranzen zu breite Fugen entstehen würden. Maschinell hergestellte Steine sind mit Gubersteinen etwa zweieinhalb mal teurer als Steine mit bruchrauen Seitenflächen und Unterseiten.

4.6 Abschlüsse zu flexiblen oder ungebundenen Belägen

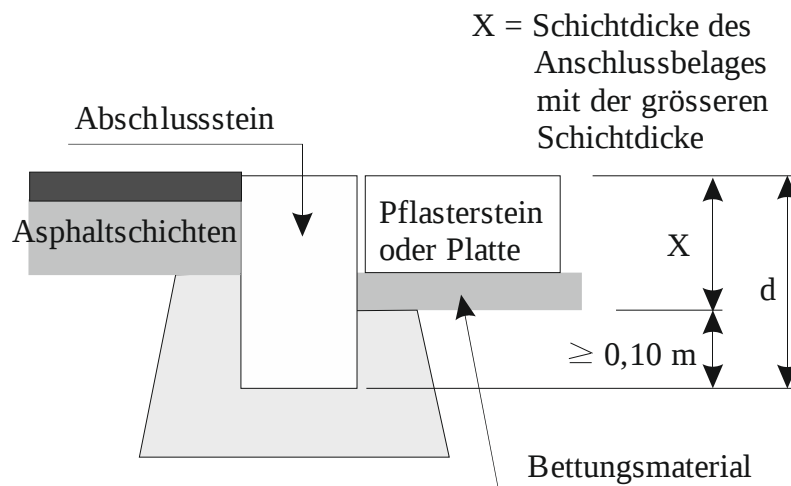
Als Abschluss zu flexiblen Asphaltdecken bzw. ungebundenen Pflasterungen oder Plattendecken muss ein Widerlagerstein gemäss SN 640 481, Abschlüsse, versetzt werden, damit in der gebundenen Natursteindecke keine Risse infolge ungenügender Stützfähigkeit entstehen.

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

Schematische Skizze des Abschlusssteines



Zwischen Asphalt- und Pflasterdecke muss ein Widerlagerstein eingebaut werden. Falls im Kreuzungsbereich ein Binderstein als Strassenmarkierung durchgezogen und unterschiedliche Bauweisen vorhanden sind, muss auch an dieser Stelle ein Widerlagerstein ausgeführt werden.

4.7 Entwässerung

Die Entwässerung muss so angeordnet werden, dass von verfestigten Flächen kein Wasser auf die ungebundene Pflasterdecke fliesst. Diesbezüglich könnte es vorteilhaft sein, wenn die Anschlüsse zu verfestigten Flächen schiefwinklig ausgeführt werden.

4.8 Reinigung

Die Reinigung von ungebundenen Pflasterdecken muss mit einer horizontalsaugenden Reinigungsmaschine geschehen. Wenn keine solche Maschine vorhanden ist, muss die Fläche von Hand gereinigt oder vermehrt nachgesandet werden.

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

4.9 Flächen neben dem Strassenbereich

Die Flächen neben dem Strassenbereich, wo keine Busse fahren, können - falls gewünscht - in gebundener oder in Mischbauweise ausgeführt werden. Inwieweit eine gebundene oder eine Mischbauweise ausgeführt werden kann, ist von der Belastung abhängig, siehe hierzu auch die Schweizer Norm SN 640 840 Pflasterungen oder klären Sie es Vorzeit mit uns. Bei der gebundenen Bauweise werden die Steine in Grobkornbeton versetzt und mit einem frosttausalzbeständigen Pflasterfugenmörtel verfugt. Bei der Mischbauweise werden die Pflastersteine in Splitt versetzt und ebenfalls mit einem frosttausalzbeständigen Pflasterfugenmörtel ausgefugt. Je härter der Fugenmörtel desto mehr entstehen unvermeidliche Spannungsrisse infolge Temperaturschwankungen. Geeignet wäre z. B. der Fugenmörtel Contour der Firma ACOSIM AG.

4.10 Anschlüsse an Gebäude und Mauern

Bei den Fassaden muss kontrolliert werden, ob sie in den untersten 30 cm über der Natursteindecke wasserabweisend sind. Dies kann mit einer Giesskanne kontrolliert werden. Sind die Fassadenmaterialien nicht wasserabweisend, muss der Bauherr darauf aufmerksam gemacht werden, dass durch Spritzwasser Feuchtigkeitsschäden entstehen können.

Zu den Fassaden oder Mauern muss im Bereich der Schottertragschicht eine Noppenmatte verlegt werden. Im Bereich der Natursteindecke kann ein Plexband eingelegt werden. In den obersten 30 mm sollte eine PU Kittfuge, z. B. mit Sikaflex pro 3 und unter dem Kitt muss vorgängig ein wasserabweisendes, rundes Stopfprofil eingedrückt werden. Die sauber gereinigten Seitenflächen müssen mit Primer vorbehandelt werden.

5. Schlussbemerkungen

Mit den empfohlenen Ausführungsdetails und den vorgeschlagenen Materialien entstehen hochwertige Natursteinarbeiten. Voraussetzung ist, dass der Unternehmer eine qualitativ hochwertige Arbeitsausführung erstellt. Aus diesem Grund muss der Unternehmer bei der Offerteingabe bekannt geben, mit welchem Pflasterer die Arbeiten ausgeführt werden. Das heisst, die Pflasterungsarbeiten müssen von einem gelernten Pflasterer ausgeführt bzw. betreut werden.

Dipl. Ing. (FH) Erich Lanicca
Im Holzerhurd 46/96
CH – 8046 Zürich
Tel.: +41 / 44 / 371 83 73
E-Mail: erich.lanicca@gmx.de



Mitglied der Schweizerischen Kammer technischer und wissenschaftlicher Gerichtsexperten, zertifiziert für Pflasterungen und Natursteinbeläge

Wichtig ist auch, dass die entsprechenden Unterhaltsarbeiten regelmässig durchgeführt werden. Dies betrifft vor allem in den ersten Jahren das Nachsanden mit ECOPREC[®], wenn die Fugen tiefer als 20 mm ausgesaugt sind.

Zürich, den 2. November 2024

E. Lanicca