

Auftraggeber:
Freie und Hansestadt Hamburg
Bezirksamt Hamburg-Altona
Dezernat Wirtschaft, Bauen und Umwelt
Management des öffentlichen Raumes
Fachbereich Tiefbau, A/MR2
Jessenstraße 1 - 3
22767 Hamburg

Baumaßnahme: Hamburg-Blankenese, Blankeneser Marktplatz

Materialart: Pflaster und ungebundene Schichten

Auftragssache: Stellungnahme zur Eignung von Pflasterbauweisen als
Befestigung einer Marktplatzfläche

Dieser Befund darf nur vollständig weitergegeben werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf unserer Genehmigung.
Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände.

Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung und Zweck	Seite 3
2. Technische Regelwerke	Seite 3
3. Beurteilung der Verkehrsbelastung	Seite 5
4. Gebundene / Ungebundene Bauweise	Seite 7
5. Vergleich der Bauweisen	Seite 8
5.1 Pflasterklinker Strangpress, 24/8/10,4, mit Abstandhaltern	Seite 9
5.2 Betonpflaster Modula plus, 20/30/10, granitoid-s	Seite 10
5.3 Gebrauchtes Granit-Großpflaster, geschnitten und geflammt	Seite 12
6. Empfehlungen	Seite 15

1. Veranlassung und Zweck

Der Blankeneser Marktplatz ist großflächig mit einer Betonpflaster-Bauweise und abschnittsweise in Kleinflächen mit Asphaltbauweisen befestigt. Bei den Kleinflächen mit Asphalt handelt es sich um ehemalige Bauminseln und andere Grünflächen. Der Marktplatz soll vollflächig erneuert werden.

Auftragsgemäß sind als neue Bauweisen die folgenden Varianten von Pflasterbauweisen vergleichend zu bewerten:

- Pflasterklinker Strangpress, 24/8/10,4, mit Abstandhaltern
- Betonpflaster Modula, 20/30/10, granitoid, gestrahlt mit Verschiebesicherung
- gebrauchtes Granit-Großpflaster, geschnitten und geflammt

Bei dem Vergleich der Bauweisen können sowohl gebundene als auch ungebundene Ausführungen betrachtet werden.

Zur Aufgabenstellung gehört auch eine Empfehlung über einen möglichen Verbleib oder einen erforderlichen Ausbau der vorhandenen Tragschicht aus einer HMV-Asche.

2. Technische Regelwerke

Grundlagen für die Bewertung der zu vergleichenden Pflasterbauweisen sind die

- o Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen, ReStra,
- o Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, RStO 12,
- o ZTV/St-Hmb. 09/17
- o TL Pflaster-StB 06
Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen

- DIN 18318-2016, Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken und Pflasterbeläge in ungebundener Ausführung
- ZTV Pflaster-StB 06
 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen
- Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung, Ausgabe 2015, M FP
- Merkblatt Pflasterdecken und Plattenbeläge aus Naturstein für Verkehrsflächen, Stand Oktober 2002, des Deutschen Naturwerkstein Verbandes
- Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Großformaten, M FG
- WTA-Merkblatt 5-21: Gebundene Bauweise – historisches Pflaster, Ausgabe 01.2009
- ZTV-Wegebau
 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs, Ausgabe 2013

für die Pflasterbauweise, das Fugen- und Bettungsmaterial sowie die

- TL SoB-StB 04/07
 - Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
- ZTV SoB-StB 04/07
 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
- Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen, Ausgabe 2013, M VV
- DIN 18315-2016, Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten ohne Bindemittel

für die ungebundenen Schichten und das

- Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in gebundener Ausführung, Ausgabe 2018, M FPgeb

für gebundene Pflasterbauweisen.

3. Beurteilung der Verkehrsbelastung

Die Nutzung des Blankeneser Marktplatzes erfolgt grundsätzlich als PKW-Parkplatz sowie ganzjährig durch einen Wochenmarkt an drei Wochentagen und verschiedene Verkaufsmärkte sowie sonstige Veranstaltungen in unregelmäßigen Abständen. Dabei werden Verkaufsstände, selbstfahrende Verkaufsfahrzeuge und Verkaufsanhänger sowie Bühnenkonstruktionen verwendet. Diese beanspruchen die Befestigung dynamisch durch Schubkräfte beim Rangieren und statisch durch Reifen, Stützen und andere Punkt- und Linienlasten während des Verkaufs- und Veranstaltungsbetriebes. Dabei stellen insbesondere Systeme zur hydraulischen Lenkunterstützung, die sogenannte Servolenkung, oder auch mitgeführte Flurförderfahrzeuge zum Palettentransport eine besondere Beanspruchung dar. Dementsprechend muss eine Befestigung sowohl einen ausreichenden Widerstand gegen Verschieben durch horizontale Belastung als auch eine ausreichende Tragfähigkeit für vertikale Lasten aufweisen. Einzelnelemente, wie z. B. Pflaster oder Steine müssen eine hohe Festigkeit – insbesondere Kantenfestigkeit – besitzen.

Eine ausgeschilderte Gewichtsbeschränkung für den Blankeneser Marktplatz besteht nicht. Nach Rücksprache mit dem Marktbüro erfolgt die Nutzung mit Fahrzeugen bis zu etwa 10 t Gesamtgewicht entsprechend 100 kN. Üblicherweise sind die Fahrzeuge mit einer Stütze an jeder Ecke, also insgesamt vier Stützen, mit einer Aufstandsfläche von jeweils ca. 100 cm² ausgerüstet. Ein Fahrzeug mit 10 t Gesamtgewicht leitet demzufolge eine Kraft von bis zu ca. 250 N/cm² oder 2,5 N/mm² in die Flächenbefestigung ab. Asphalte für eine industrielle Nutzung können mit statischen Lasten von bis zu ca. 1,0 N/mm² belastet werden. Auf dem Blankeneser Marktplatz können demzufolge vergleichsweise hohe Lasten auftreten.

Gemäß den Hamburger Regelwerken für die Planung und den Entwurf von Stadtstraßen, ReStra, in Verbindung mit den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, RStO 12, Tabellen 4 und 5, wird dem Blankeneser Marktplatz die folgende Nutzung bzw. Flächenart zugeordnet:

- PKW einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil
- nicht ständig von Schwerverkehr genutzte Abstellfläche

Einer derartigen Nutzung wird maximal eine Belastungsklasse 1,8 zugeordnet. Eine darüber hinausgehende besondere Beanspruchung erfolgt durch die oben beschriebenen horizontalen Schubbeanspruchungen beim Rangieren und Punktlasten. Aus diesem Grund ist unseres Erachtens dem Blankeneser Marktplatz insgesamt eine Belastungsklasse 3,2 zuzuordnen.

Zur anschaulichen Bewertung der Belastungsklasse 3,2 wird die hierfür erforderliche Asphaltbauweise einer Pflasterbauweise gegenübergestellt, für die gemäß den RStO 12 eine technische Gleichwertigkeit besteht:

Die Belastungsklasse 3,2 ist die niedrigste Belastungsklasse, in der eine Asphaltbinderschicht erforderlich ist. Eine solche Asphaltsschicht wird eingebaut, damit gegenüber einer Schubbeanspruchung, deren Maximum in einer Tiefe von ca. 6 bis 10 cm unter der Fahrbahnoberfläche liegt, ein ausreichender Widerstand besteht.

Die Belastungsklasse 3,2 ist gleichzeitig die höchste Belastungsklasse für eine Pflasterbauweise. Daraus kann geschlossen werden, dass auch eine Pflasterbauweise dieser Belastungsklasse immer noch geeignet sein kann, einer Schubbeanspruchung einen ausreichenden Widerstand entgegen zu setzen.

Nach den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen **außerhalb des Straßenverkehrs**, ZTV-Wegebau, Ausgabe 2013, der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau FLL, könnte der Blankeneser Marktplatz näherungsweise einer Nutzungskategorie N 3 zugeordnet werden. Diese Nutzungskategorie gilt für befahrbare Flächenbefestigungen für Fahrzeuge bis 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht, und gelegentliche Befahrungen mit Fahrzeugen bis 20 t zulässigem Gesamtgewicht sowie Radlasten ≤ 5 t, wie z. B. bei Pflege-, Instandhaltungs- und Rettungswegen, Garage- und Gebäudezufahrten. Die beschriebene besondere Schubbeanspruchung beim Rangieren übersteigt jedoch unseres Erachtens die in den ZTV-Wegebau beschriebenen, maximalen Beanspruchungen. Die ZTV-Wegebau wird daher in diesem Fall nicht als geeignetes, technisches Regelwerk beurteilt.

4. Gebundene / Ungebundene Bauweise

Sowohl bei der ungebundenen als auch bei der gebundenen Pflasterbauweise handelt es sich um wasserdurchlässige Bauweisen. Dies ist bei der ungebundenen Bauweise einleuchtend, bedarf jedoch bei der gebundenen Bauweise zusätzlicher Erläuterungen.

Bei der gebundenen Bauweise besteht die Tragschicht aus einem Dränbeton oder einem wasser-durchlässigen Asphalt. Die Bettung besteht aus einem Dränfeinbeton oder Dränmörtel. Nur die Fugen werden grundsätzlich wasserundurchlässig in einer ein- oder zweischichtigen Bauweise mit einem hochfesten, fließfähigen Mörtel ausgebildet. Zur Verbesserung der Haftzugfestigkeit zwischen den Steinen und dem Fugenmaterial sind ein geeigneter Voranstrich der Steine und geeignete Zusätze im Fugenmaterial zu verwenden, beides muss aufeinander abgestimmt sein. Da das Eindringen von Wasser durch Haarrisse im Mörtel und an den Fugenflanken jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, muss das System darunter wasserdurchlässig sein. Eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit einer Schicht gilt als gegeben, wenn eine Infiltrationsrate k_i von $\geq 3 \times 10^{-5}$ m/s oder ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f von $\geq 5 \times 10^{-5}$ m/s erreicht wird.

Die Dicke einer Tragschicht aus wasserdurchlässigem Asphalt beträgt gemäß den RStO, Tafel 3, je nach Bauweise 14 cm bzw. 10 cm für die Belastungsklasse 3,2 oder 20 cm, wenn eine Dränbetontragschicht eingebaut wird.

Die gebundene Bauweise ist eine starre Bauweise, während die ungebundene Bauweise flexibel ist. Dies muss bei der Planung von Einfassungen, Einbauten sowie der Anordnung von Bewegungs- und Scheinfugen berücksichtigt werden.

Die Vorteile der gebundenen Bauweise könnten in dem Widerstand gegen besondere Verkehrsbelastungen durch Schub, der dauerhaften Eignung als barrierefreie Befestigung sowie dem Widerstand des Fugenmaterials gegen intensive und häufige maschinelle Reinigung gesehen werden.

Gemäß der Restra ist die Betonbauweise – also eine Beton-Tragschicht – mit gebundener Bettung und Fuge aus folgenden Gründen in Hamburg jedoch keine zugelassene Bauweise:

Die gebundene Bauweise ist einerseits erfahrungsgemäß nicht ausreichend prozesssicher. Durch Einflüsse wie z. B. fehlende Fachkunde, Erfahrung und Sorgfalt des bauausführenden Personals sowie Wetter, insbesondere in Verbindung mit Eigenschaften des Untergrundes, wird der Erfolg einer gebundenen Bauweise maßgeblich stärker beeinflusst als bei der ungebundenen Bauweise. Andererseits ist darüber hinaus in einer Großstadt wie Hamburg aufgrund der hohen Dichte von geplanten oder vorhandenen Ver- und Entsorgungsleitungen wiederholt und vermehrt mit Aufgrabungen zu rechnen. Diese in einer gebundenen Bauweise ohne oder nur mit geringem Verlust der ursprünglich erwarteten Nutzungsdauer wiederherzustellen ist technisch und wirtschaftlich sehr anspruchsvoll sowie erfahrungsgemäß handwerklich nicht zielsicher zu leisten.

Eine gebundene Bauweise ist aus den genannten Gründen für den Blankeneser Marktplatz in Hamburg formal auszuschließen. Daher kann nur eine ungebundene, flexible Bauweise empfohlen werden.

Eine Bauweise mit einer wasserdurchlässigen Asphalttragschicht (WDA) sowie ungebundenem Bettungs- und Fugenmaterial wird gemäß der Restra als flexible – also nicht starre –, teilgebundene Bauweise gewertet.

5. Beschreibung der Pflasterbauweisen

Grundsätzliche Kriterien zur Beschreibung von Pflasterbauweisen sind beispielsweise Materialfestigkeiten, der Rutschwiderstand, der Widerstand gegen statische und dynamische Belastungen, Abmessungen, Verlegesystematiken und Fugenbreiten.

5.1 Pflasterklinker Strangpress, 24/8/10,4, mit Abstandhaltern

Gemäß den ZTV/St-Hmb. 09/17 in Verbindung mit den ZTV Pflaster-StB 06 ist bei der Wahl des Materials für eine Verkehrsflächenbefestigung eine ausreichende und dauerhafte Griffigkeit bzw. Rutschwiderstand sicherzustellen. Auf eine sichere und gute Begehbarkeit ist zu achten.

Dieser hohe Sicherheitsaspekt drückt sich auch in der Forderung der ZTV/St-Hmb. aus, in einer Eignungsprüfung für Pflasterziegel und Pflasterklinker über die Anforderungen der ZTV Pflaster hinaus Angaben zum Rutschwiderstand zu machen. Nach unserer Erfahrung ist dieser sicherheitsrelevante Aspekt mit Pflasterklinker jedoch nicht zielsicher bei allen Wetterverhältnissen zu gewährleisten.

Als Beispiel ist uns aus eigener Anschauung die Unterführung der Neuen Großen Bergstraße unter der Max-Brauer-Allee am Altonaer Bahnhof mit einer auffälligen Häufung von Fußgängerstürzen bei Nässe bekannt.

Bei punktuellen Einzellasten aus Stahlstützen oder Stahlrollen werden Pflasterklinker als empfindlich für das Auftreten von Kanten- und Eckabbrüchen sowie Abplatzungen beurteilt. Diese könnten zwar durch das Unterlegen von lastverteilenden Platten vermieden werden, erfahrungsgemäß werden jedoch entsprechende Verpflichtungen in der Praxis nicht beachtet.

Auf dem Blankeneser Marktplatz ist Pflasterklinker unseres Erachtens nur als Gestaltungselement in schmalen Linien oder Einzelsteinen geeignet, nicht jedoch als Flächenbauweise. Dabei müssten die Klinker auf Grund der beschriebenen Beanspruchung mit der kurzen Seite hochkant, wie eine Rollschicht, in einem Mörtelbett versetzt werden, sodass sich eine Schichtdicke von ca. 10,4 cm ergibt.

Insgesamt wird Pflasterklinker daher als nicht geeignet für den vorgesehenen Verwendungszweck auf dem Blankeneser Marktplatz mit einer Belastungsklasse 3,2 gemäß den RStO 12 beurteilt.

5.2 Betonpflaster Modula plus, 20/30/10 granitoid-s

Betonpflaster ist grundsätzlich für die Befestigung von Verkehrswegen geeignet. In dem Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung, Ausgabe 2015, M FP, Tabelle 1, wird auf die Möglichkeit der Befestigung mit einer Pflasterdecke auf Plätzen und in Fußgängerzonen mit Ladeverkehr sowie gewerblich genutzten Flächen einer Belastungsklasse 3,2 mit besonderen Anforderungen an die Oberbaukonstruktion hingewiesen. Eine besondere Anforderung an den Oberbau besteht beispielsweise in der Empfehlung der ZTV Pflaster-StB 06, Abschnitt 1.4.3, bei Flächen mit Verkehrsbelastungen der Belastungsklasse 3,2 Steine mit Nenndicken ab 120 mm zu verwenden. Dadurch soll eine erhöhte Verschiebesicherung gegenüber Horizontalbeanspruchungen durch häufige Rangiervorgänge erreicht werden.

Als Beispiel ist uns aus eigener Anschauung die Fuhlsbüttler Straße in Hamburg mit einer vergleichbaren Verkehrsbelastung wie auf dem Blankeneser Marktplatz bekannt. Hier wurde ein Steinformat 375/150 mm mit einer Dicke von 140 mm eingebaut. Dieses zählt nicht als Großformat, weil die Gesamtlänge kleiner als 400 mm und das Verhältnis von Länge zu Breite größer als 2,0 ist.

Eine geeignete Verschiebesicherung bei einem 10 cm dicken Steinformat kann erfahrungsgemäß als gleichwertig oder sogar höherwertig zu einem dickeren Stein beurteilt werden. Diese muss jedoch Teil des Steins sein und keinesfalls ein separates Bauteil. Unseres Erachtens sollte ein dickerer Stein grundsätzlich den Vorzug erhalten und bei besonderen Belastungen, wie z. B. auf dem Blankeneser Marktplatz, zusätzlich immer eine Verschiebesicherung vorgesehen werden. Für den Blankeneser Marktplatz wird eine Steindicke von 140 mm für ein Betonpflaster vorschlagen.

Das zu beurteilende Betonpflaster Modula Plus ist mit Verbundnocken versehen, die eine konstante Fugenbreite unabhängig von dem gewählten Verband gewährleisten. Diese beträgt gemäß DIN 18318 5-8 mm bei der vorgeschlagenen Steindicke von 140 mm. Durch diese Fugentechnik wird nur ein punktueller Kontakt im unteren Flankenbereich zwischen den Steinen erzwungen.

Dadurch wird eine Pressverlegung mit flächigem oder linienförmigen Betonkontakt zwischen benachbarten Steinen mit der Folge des Abplatzens sichtbarer Ecken und Kanten verhindert.

Obwohl sich durch die Form und Anordnung der Verbundnocken gebrochenes Fugenmaterial besonders gut in den Fugen verkeilen kann, wird empfohlen, im oberen Drittel Fugenmaterial mit einem erhöhten Feinstkornanteil für einen besseren Fugenschluss zu verwenden. Damit sich dieser Bereich der Fugenfüllung verfestigen kann, sollte ein ungewaschener Brechsand verwendet werden, der ca. 15 – 20 M.-% Feinstanteile enthält. Dadurch soll dem Materialaustrag bei maschineller Reinigung entgegengewirkt werden. Für die unteren $\frac{2}{3}$ der Fugen wird eine Körnung 0-5 mm mit einem Fließkoeffizient der Kategorie Ecs35 vorgeschlagen, als Bettungsmaterial eine Körnung 0-8 mm im Sieblinienbereich des M FP. Als Fugenmaterial haben sich schwere Gesteine mit hohen Rohdichten, z. B. Norit, Hyperit oder EOS bewährt, um einem Austrag entgegenzuwirken. Eine ausreichende Filterstabilität zwischen dem Fugenmaterial und dem Bettungsmaterial ist nachzuweisen.

Darüber hinaus wird empfohlen, grundsätzlich eine Verlegung in einem Fischgrät-, Ellenbogen- oder Flechtverband vorzunehmen, was sich zusätzlich ebenfalls günstig gegenüber Schubbeanspruchungen auswirkt. Kreuz- und durchgehende Linienfugen, die erfahrungsgemäß durch den Einsatz von Pflasterverlegemaschinen auftreten, sind nicht geeignet.

Großformate können ebenfalls eine geeignete Befestigungsvariante für den Blankeneser Marktplatz sein. Diese müssen – wie bereits genannt – bei einer Gesamtlänge von > 400 mm ein Verhältnis von Länge zu Breite größer als 2,0 aufweisen. Allerdings wird nach dem Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Großformaten, M FG, der Verwendungszweck auf die Belastungsklassen 0,3 bis 1,8 beschränkt. Andererseits wird gemäß dem M FG, Abschnitt 3, auf die Eignung von Großformaten für Plätze und Märkte mit Veranstaltungen und Nutzung durch zugelassene Fahrzeuge sowie Gelegenheitsverkehr durch Busse hingewiesen. Die Anzahl der Fahrzeuge des Schwerverkehrs ist dann jedoch zu begrenzen. Die empfohlene Nenndicke eines Großformaten auf Verkehrsflächen der Belastungsklasse 1,8 beträgt gemäß dem M FG, Tabelle 1, 160 – 180 mm.

Gemäß der Restra darf abweichend von dem M FG die maximale Kantenlänge von Großformaten 600 mm betragen und das Verhältnis von Länge zu Breite wurde auf 5 angehoben. Aufgrund der guten Erfahrungen in Hamburg können somit auch Steinformate für befahrbare Flächen eingesetzt werden, die einer höheren Belastungsklasse als der Bk 1,8 zugeordnet sind.

Als Beispiel ist uns aus eigener Anschauung der Einmündungsbereich Bei der Petrikirche / Speersort mit einer ausgeprägt hohen Schubbeanspruchung durch Busverkehr in Kurvenfahrten bekannt. Hier ist die Verkehrsbelastung grundsätzlich höher als eine Belastungsklasse 1,8 und in besonderen Verkehrssituation mit Umleitungsverkehr sogar erheblich höher.

Hinsichtlich des Rutschwiderstandes besteht gemäß den ZTV/St-Hmb. auch bei Betonsteinpflaster die Forderung, in einer Eignungsprüfung über die Anforderungen der ZTV Pflaster hinaus Angaben zum Rutschwiderstand zu machen. Nach unserer Erfahrung kann dieser sicherheitsrelevante Aspekt mit Betonpflaster Modula plus, Typ granitoid-s, jedoch zielsicher bei allen Wetterverhältnissen erreicht werden, da die Oberfläche zuerst geschliffen und anschließend gestrahlt wird.

Insgesamt wird Betonpflaster Modula Plus mit einer Dicke von 140 mm als geeignet für den vorgesehenen Verwendungszweck auf dem Blankeneser Marktplatz mit einer Belastungsklasse 3,2 gemäß den RStO 12 beurteilt.

5.3 Gebrauchtes Granit-Großpflaster, geschnitten und geflammt

Granit-Großpflaster ist grundsätzlich für die Befestigung von Verkehrs wegen geeignet. Als geschnittene Variante handelt sich um einen vergleichsweise teuren Baustoff, der darüber hinaus eine besondere Fachkunde, Sorgfalt und langjährige Erfahrung des bauausführenden Personals erfordert. Gebrauchtes und ungebrauchtes Großpflaster werden grundsätzlich als technisch gleichwertig beurteilt.

Wie bereits beschrieben, wird in dem Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen in ungebundener Ausführung, Ausgabe 2015, M FP, Tabelle 1, auf die Möglichkeit der Befestigung mit einer Pflasterdecke auf Plätzen und in Fußgängerzonen mit Ladeverkehr sowie gewerblich genutzten Flächen einer Belastungsklasse 3,2 mit besonderen Anforderungen an die Oberbaukonstruktion hingewiesen. Die besondere Anforderung der ZTV Pflaster-StB 06, Abschnitt 1.4.3, bei Flächen mit Verkehrsbelastungen der Belastungsklasse 3,2 Steine mit Nenndicken ab 120 mm zur besseren Verschiebesicherung zu verwenden, wird von geschnittenem Granit-Großpflaster erfüllt. Erfahrungsgemäß weist geschnittenes Großpflaster eine Dicke von ≥ 160 mm auf und erfüllt damit die Empfehlung des Deutschen Naturwerkstein-Verbandes sowie des M FG, Tabelle 1, an die Mindestdicke bei höheren Verkehrsbelastungen von 160 – 180 mm. Der Aspekt einer ausreichenden Dicke ist unseres Erachtens bei Großpflaster zur Erzielung einer hohen Verschiebesicherheit besonders wichtig, weil hier materialbedingt keine Fugennocken o. ä. für eine konstante Fugenbreite am Stein vorhanden sein können. Die Fugen sind breiter als bei Betonpflaster und müssen demzufolge einen höheren Anteil der Kraftübertragung übernehmen, und der Unterhaltungsaufwand ist größer. Aus diesem Grund könnte bei einer Belastungsklasse 3,2 eine gebundene Bauweise mit Unterbeton, Setzbeton – jeweils natürlich wasserdurchlässig – und gebundenem Fugenmaterial für eine ausreichende Verschiebesicherung bei Großpflaster tendenziell besser geeignet sein, als die ungebundene Bauweise. Aus den unter 4.1 genannten Gründen ist dies jedoch nicht möglich.

Nach der DIN 18 318, Ausgabe 04/2010 - Verkehrswegebauarbeiten., Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen - Ziffer 3.6.2, darf die Fugenbreite in Kopfhöhe von Naturstein-Großpflaster 8 bis 15 mm betragen.

Nach dem „Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen“, Teil 1, Regelbauweise, Ausgabe 2003, Ziffer 3.4 sollen bei Verwendung von gebrauchten Pflastersteinen diese die wesentlichen Eigenschaften ungebrauchter Steine haben und weitergehende Vereinbarungen hinsichtlich der Fugenbreite getroffen werden.

In diesem konkreten Fall wird eine Fugenbreite von 8 mm bis maximal 12 mm im Kopfbereich des Natursteinpflasters als geeignet beurteilt, wenn man unterstellt, dass das Pflaster leicht konkisch – von oben nach unten geringfügig verjüngend – geformt sein kann. Eine möglichst geringe Fugenbreite ist anzustreben.

Ausgeprägt konisch geformte Steine, also deutlich von oben nach unten verjüngend (zahnförmig), sind nicht zu verwenden, da sie sich diese im Laufe der Nutzung aus einer ungebundenen Bauweise herausarbeiten können. Das Größtkorn des Fugenmaterials in den unteren $\frac{2}{3}$ der Fugen ist auf die Fugenbreite abzustimmen. Wir schlagen eine Körnung 0-5 mm eines schweren Gesteins mit einem Fließkoeffizient der Kategorie Ecs35 vor und als Bettungsmaterial eine Körnung 0-8 mm im Sieblinienbereich des M FP. In dem oberen Drittel ist Fugenmaterial mit einem erhöhten Feinstkornanteil für einen besseren Fugenschluss gegen maschinellen Austrag beim Reinigen, wie unter 4.3 beschrieben, zu verwenden. Auf eine maschinelle Reinigung mit Sauggeräten sollte in den ersten drei Jahren nach der Herstellung der Fläche verzichtet werden. Eine ausreichende Filterstabilität zwischen dem Fugenmaterial und dem Bettungsmaterial ist nachzuweisen.

Darüber hinaus wird für das Granit-Großpflaster empfohlen, grundsätzlich eine Verlegung im Fischgrät-, Ellenbogen- oder Flechtverband vorzunehmen, was sich ebenfalls günstig gegenüber Schubbeanspruchungen auswirkt. Kreuz- und durchgehende Linienfugen sind nicht geeignet.

Eine Verlegung des Pflasters mit einer Überhöhung, die über das sich aus erforderlichen Längs- und Quergefällen ohnehin ergebende Maß hinausgeht, zur Erzielung einer Gewölbetragwirkung ist nicht erforderlich.

Hinsichtlich des Rutschwiderstandes besteht gemäß den ZTV/St-Hmb. auch bei Natursteinpflaster die Forderung, in einer Eignungsprüfung über die Anforderungen der ZTV Pflaster hinaus Angaben zum Rutschwiderstand zu machen. Nach unserer Erfahrung kann dieser sicherheitsrelevante Aspekt mit geflammttem Granit-Großpflaster jedoch zielsicher bei allen Witterungsverhältnissen erreicht werden. Durch Flammen werden die geschnittenen Flächen, die die spätere nutzbare Oberfläche darstellen, unmittelbar mit sehr hohen Temperaturen thermisch beansprucht. Dabei wird die oberflächennahe Gesteinsfestigkeit durch Schädigung der kristallinen Struktur bis zu einer Tiefe von ca. 1-2 cm vermindert. Durch dabei entstehende Mikrorisse lösen sich Gesteinspartikel aus der Oberfläche und die angestrebte Griffigkeit wird erreicht.

Als Beispiel einer weitestgehend schadensfreien, ungebundenen Bauweise mit geschnittenem Großpflaster ist uns aus eigener Anschauung die Große Elbstraße bekannt. Allerdings wurde hier ein gebundenes Fugenmaterial im oberen Fugendrittel verwendet, das wiederholt ausgebrochen ist.

Bei einer gleichen Bauweise in der Stangestraße löste sich wiederholt das Pflaster in einem Kurvenbereich. Hier sind jedoch abschnittsweise Fugenbreiten auffällig breit.

Insgesamt wird geschnittenes Granit-Großpflaster mit einer Dicke von ≥ 160 mm als geeignet für den vorgesehenen Verwendungszweck auf dem Blankeneser Marktplatz mit einer Belastungsklasse 3,2 gemäß den RStO 12 beurteilt.

6. Abwägungen und Empfehlungen

Ein Verbleiben der auf dem Blankeneser Marktplatz vorhandenen, nur i. M. ca. 20 cm dicken Tragschicht aus HMV-Asche ist auf Grund der erforderlichen Dicken der neu einzubauenden Schichten nicht möglich. Darüber hinaus erlaubt die Behörde für Umwelt und Energie in Hamburg den Einsatz von Ersatzbaustoffen unter Pflasterbauweisen aktuell nur bei sogenannten „schmalen“ Fugen. Darunter sind unseres Erachtens Fugenbreiten zwischen 3 und 5 mm zu verstehen.

Es wird empfohlen, unabhängig von der Materialart des Pflasters eine Tragschicht aus Natursteinschotter 0/32 gemäß der TL StB-StB 04/07 in einer Dicke von 25 cm einzubauen. Dabei soll die Sieblinie gemäß den ZTV Pflaster-StB 06, Ziffer 1.4.2, an der unteren Grenze des zulässigen Sieblinienbereiches liegen. Der Feinstanteil muss nach dem M VV im Anlieferungszustand der Kategorie UF₃ und im eingebauten Zustand der Kategorie UF₅ entsprechen.

Die Anforderung an den Verformungsmodul E_{V2} auf der Schottertragschicht einer Belastungsklasse 3,2 beträgt 180 MPa/m². Eine derartige Tragfähigkeit ist nach unserer Erfahrung nur zu erreichen, wenn auf der Frostschutzschicht ein anforderungsgerechter Verformungsmodul von mindestens 120 MPa/m² erreicht wird.

Diese Anforderung wiederum kann unseres Erachtens nur erreicht werden, wenn die oberen 20 cm der Frostschutzschicht – die sogenannte „obere Lage der Frostschutzschicht“ – im Anlieferungszustand nachgewiesenermaßen mindestens 40 M.-% Anteil von Körnern über 2 mm enthält. Es ist demzufolge erforderlich, dass die Frostschutzschicht aus zwei Lagen besteht. Ob die untere Lage auch geliefert und neu gebaut werden muss oder aber der anstehende Sand als untere Lage aus frostunempfindlichem Material verbleiben kann, ist zu prüfen. Auf den Zusammenhang zwischen der Sieblinie und der Tragfähigkeit einer Frostschutzschicht wird ganz besonders hingewiesen. Mit den üblicherweise in Hamburg anstehenden und verwendeten Sanden mit Anteilen von Körnern über 2 mm deutlich unter 40 M.-% sind erfahrungsgemäß nur Verformungsmodul E_{v2} von bis zu ca. 70 - 80 MPa/m² zu erreichen.

Sollte die Anlage von Bauminseln innerhalb der Pflasterbefestigung vorgesehen sein, besteht ein Zielkonflikt. Einerseits darf in den Bauminseln nur eine Tragfähigkeit der Tragschicht von 45 bis maximal 60 MPa/m² dauerhaft erreicht werden, um eine ausreichende Wasserzufuhr zu den Baumwurzeln zu ermöglichen. Andererseits ist die Pflasterfläche vor Wurzelschäden zu schützen. Daher wird vorgeschlagen in dem Fall sowohl eine Belastungssicherung gegen Nachverdichtung, z. B. das System Ratzeburg, als auch einen wirksamen Wurzelschutz oder Wurzelvorhang vorzusehen.

Die Anforderung an die Ebenheit auf der Schottertragschicht beträgt gemäß der ZTV SoB-StB 04/07 maximal 2 cm bezogen auf eine 4 m lange Messstrecke. Es wird jedoch empfohlen, davon abweichend gemäß der ZTV Pflaster-StB 06, Ziffer 1.4.2, nur eine Unebenheit von 1 cm auf 4 m Länge zuzulassen, um die Voraussetzung für eine hinreichend gleichmäßige Dicke des Bettungsmaterials zu schaffen.

Abschließend wird auf die erforderliche Wasserdurchlässigkeit der Baustoffe eingegangen:

Einerseits müssen die ungebundenen Baustoffe von dem Fugenmaterial bis zur Frostschutzschicht wasserdurchlässig sein. Dabei muss die Durchlässigkeit von oben nach unten tendenziell zunehmen. Andererseits müssen zwei aneinander grenzende ungebundene Schichten gegeneinander filterstabil sein, d. h. Feinstanteile dürfen durch Wasser nicht transportiert werden und die Wasserdurchlässigkeit der Baustoffe und Schichten verändern.

Die Filterstabilität ist an allen Materialgrenzen ungebundener Schichten nachzuweisen. Bei Baustoffgemischen für Schottertragschichten hat es sich beispielsweise als zweckmäßig erwiesen, wenn sie eine Ungleichförmigkeitszahl von ≥ 13 aufweisen.

7. Zusammenfassung

Gegenüber dem Betonpflaster Modula, 20/30/10, granitoid, gestrahlt mit Verschiebesicherung und dem geschnittenen und geflammt Granitgroßpflaster weist der Pflasterklinker keine technischen Vorteile auf. Die Nachteile bestehen in dem Format und der Oberflächenbeschaffenheit.

Der Vorteil der beschriebenen Betonpflasterbauweise wird in der prozesssicheren Verlegetechnik und der wirksamen Verschiebesicherung sowie der damit verbundenen konstanten, geringen Fugenbreite gesehen.

Der Nachteil bei dem geschnittenen Großpflaster besteht in den vergleichsweise hohen Kosten gegenüber dem Betonsteinpflaster sowie insbesondere der Aufgabe, einen qualifizierten Auftragnehmer zu finden, der über eine ausreichende Fachkunde und Erfahrung verfügt sowie mit der erforderlichen Sorgfalt arbeitet.

Nach Abwägung aller dargestellten Merkmale, Vor- und Nachteile der betrachteten Pflasterbauweisen wird die Betonpflasterbauweise zur Ausführung empfohlen.

asphalt-labor * Dr. Hermann-Lindrath-Str. 1 * 23812 Wahlstedt

Freie und Hansestadt Hamburg
Bezirksamt Altona
Fachamt Management des öffentlichen Raumes
Neubau MR 2.
Jessenstraße 1 - 3
22767 Hamburg

Wahlstedt, den
17. März 2020
st/sch.

Hamburg, Blankeneser Marktplatz

Ergänzende Stellungnahme

Sehr geehrte Damen und Herren,

ergänzend zu unserer Stellungnahme in dem Untersuchungsbefund Nr. 7444/19 vom
25.11.2019 geben wir Ihnen die folgenden Erläuterungen zu der Bauweise mit Pflasterklinker:

Unter Ziffer 5.1 der Stellungnahme werden als Argumente gegen eine Bauweise mit Pflasterklinker genannt:

- der sicherheitsrelevante Aspekt einer nicht bei allen Wetterverhältnissen zielsicher zu gewährleistenden Griffigkeit bzw. Rutschsicherheit

und

- der Aspekt der Empfindlichkeit für das Auftreten von Kanten- und Eckabbrüchen sowie Abplatzungen durch punktuelle Einzellasten aus Stahlstützen oder Stahlrollen.

Diese Eigenschaft von Pflasterklinker beeinträchtigt zuerst die optische Wirkung, was als technisch nachrangig bewertet wird. In der Folge wird durch zunehmende Abbrüche und Abplatzungen jedoch die erwartete Nutzungsdauer verringert, was unseres Erachtens vorrangig vor einem optischen Mangel hinsichtlich der Eignung von Pflasterklinker zu bewerten ist.

Unabhängig von den genannten Eigenschaften ist die Bauweise mit Pflasterklinker eine gemäß den RStO 12, Tafel 3, nur eingeschränkt zugelassene Bauweise für die Belastungsklasse 3,2. Die Einschränkung bezieht sich auf die örtliche Bewährung – für die in den RStO 12 jedoch keine Kriterien für eine Beurteilung der Eignung genannt werden – als Zulassungsvo-raussetzung für die Bauweisen der Zeilen 1 und 3. Für Großpflaster gibt es keine Einschränkung.

Darüber hinaus ist die Bauweise mit Pflasterklinker auch eine gemäß den hamburgischen ReStra 2017, Seite 54, nur eingeschränkt zugelassene Bauweise für die Belastungsklasse 3,2. Die Einschränkung bezieht sich hier nicht nur auf die örtliche Bewährung als Zulassungsvo-raussetzung für alle Bauweisen, sondern auch auf eine in jedem Einzelfall erforderliche Ab-stimmung mit der FHH-BWVI, Amt V.

In beiden Regelwerken - RStO 12 und ReStra 2017 - ist die Voraussetzung für den Einbau von Pflasterklinker in der Belastungsklasse 3,2 die Verlegung mit der kurzen Seite hochkant, wie eine Rollschicht, damit sich eine Pflasterdicke von $10,4\text{ cm} \geq 10\text{ cm}$ ergibt.

Aus den dargestellten Zusammenhängen wird deutlich, dass Pflasterklinker einerseits aus formalen Gründen als zugelassene Bauweise bei fachlich qualifizierter Ausführung als geeig-net beurteilt werden muss. Andererseits wird ebenso deutlich, dass Pflasterklinker bundes- und landesweit keine vorbehaltlose Regelbauweise ist, sondern eine Sonderbauweise mit er-forderlicher Einzelfallprüfung. Bei den oben genannten Argumenten gegen die Bauweise mit Pflasterklinker handelt es sich um Erfahrungen aus Hamburg.

Wir hoffen, dass unsere Erläuterung eindeutig im Hinblick auf unsere kritische Haltung ge-genüber einer Bauweise mit Pflasterklinker auf dem Blankeneser Marktplatz ist.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung und verbleiben