

GUTACHTEN

Die von der Firma Kronimus AG Betonsteinwerke in 76473 Iffezheim beauftragte Prüfung der Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton ergibt für das Produkt Pasero Fuge 6,5 mm folgendes Ergebnis:



1 Untersuchungsgegenstand

Das Pflastersystem Pasero Fuge 6,5 mm besteht in der hier untersuchten Variante aus gefügedichten Pflastersteinen im Altdeutschen Verband verlegt in zwei Formaten in den Rastermaßen L 200 × B 200 und L 100 × B 100 bei jeweiliger Höhe von H 80 mm. Im verlegten Zustand ergibt sich durch dauerhaft angeformte Abstandshalter eine Fugenbreite von etwa 6,5 mm (Bild 1). Durch diese Fugen soll anfallendes Niederschlagswasser aufgenommen, an den Oberbau weitergeleitet und schließlich im Untergrund oder in geeigneten Entwässerungsanlagen versickert werden. Es ergibt sich in der Fläche verlegt ein gesamter Öffnungsanteil bzw. eine durchlässige Sickerfläche von 7,6 %.

Aufgabenstellung ist es, bei den oben genannten Pflastersteinen das Infiltrationsvermögen im eingebauten Zustand in Abhängigkeit von Alter und Verwendung verschiedener Mineralstoffe für die Fugenverfüllung zu ermitteln. Hierdurch werden Aussagen über die Versickerungsfähigkeit, deren dauerhafte Aufrechterhaltung und Hinweise für den Einsatz geeigneter Mineralstoffgemische erwartet.

Als Untersuchungsstandort steht für die Messungen eine neu hergestellte Fläche auf dem Werksgelände der Firma Kronimus AG Betonsteinwerke in 76473 Iffezheim zur Verfügung (Bild 2). Hier wurde der genannte Pflasterbelag auf 3 cm Bettung aus Splitt 2/5 mm und einer geeigneten Tragschicht eingebaut. Die Fugen sind ebenfalls mit Splitt 1/3 mm verfüllt.

2 Versuchsaufbau

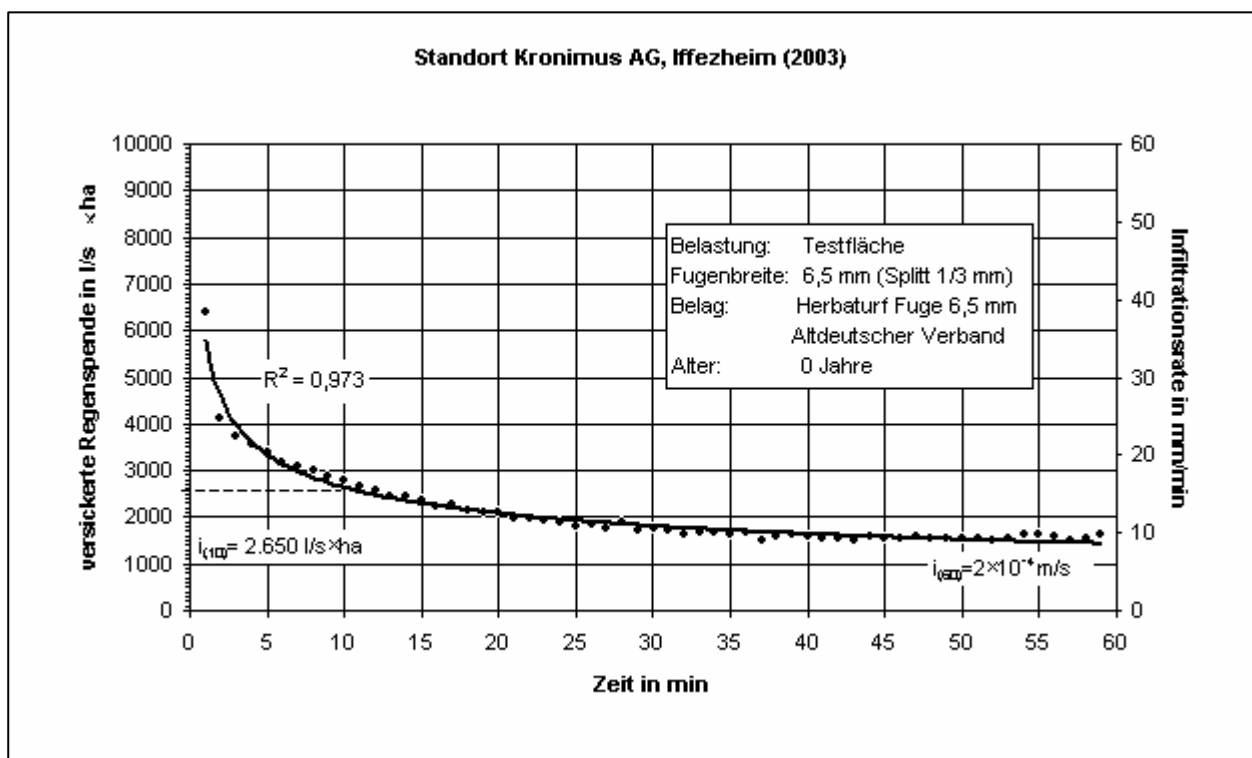
Die Versickerungsfähigkeit wird vor Ort durch die Bestimmung der Infiltrationsrate gemessen. Um dies realitätsnah an ungestörten Standorten unter Einbezug der örtlichen Gegebenheiten wie Alterung und Belastung durchführen zu können, werden – je nach Durchflußmenge – speziell für diesen Einsatz konstruierte Infiltrationsgeräte eingesetzt (Bild 3). Es wird eine abgedichtete Untersuchungsfläche von ca. $0,25 \text{ m}^2$ gleichmäßig mit einem Modellregen konstanter Intensität beregnet. Die Intensität der Beregnung ist so gewählt, daß gerade kein Oberflächenabfluß entsteht, um einen in der Natur nicht auftretenden vertikalen Wasserdruck zu vermeiden. Dies wird dadurch erreicht, daß der Zulauf über einen Näherungssensor oder einen Schwimmschalter in der Untersuchungsfläche auf einen Aufstau von wenigen Millimetern begrenzt wird. Eine laterale Bewegung des infiltrierten Wassers wird durch die zusätzliche Beregnung außerhalb der Untersuchungsfläche verhindert (Prinzip des Doppelringinfiltrimeters). Die Versickerungsintensität wird über die Änderung des Zuflusses am Zulauf mittels eines Durchflußmessers registriert. Die Infiltrationsrate als versickerte Menge pro Zeit ergibt sich aus der Regelung des Zuflusses in Abhängigkeit zur Veränderung der Wasserfilmdicke auf der Untersuchungsfläche.

Die Ganglinien der Infiltration, werden als Regressionskurven der gemittelten Infiltrationswerte in $[\text{mm}/\text{min}]$ und als aufnehmbare Regenspende in $[\text{l}/(\text{s} \times \text{ha})]$ dargestellt. Sie zeigen in ihrem charakteristischen Verlauf einen hohen Anfangswert, der mit zunehmender Sättigung nach 10 bis 30 Minuten abfällt und sich schließlich asymptotisch einem konstanten Endwert nähert. Der Endwert $i_{(60)}$ nach 60 Minuten Messung entspricht der Versickerungsintensität im wassergesättigten Zustand und kann daher als Durchlässigkeitsbeiwert k_f in $[\text{m}/\text{s}]$ interpretiert werden. Der Wert der Infiltrationsrate $i_{(10)}$ nach 10-minütiger Beregnung wird analog als potentiell aufnehmbare Regenspende $r_{(10)}$ in $[\text{l}/(\text{s} \times \text{ha})]$ ausgelegt.

3 Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse der Einzelflächen werden statistisch verrechnet und die gemittelten Werte anhand der Ganglinie der Infiltration bei einer einstündigen Beregnung und den Kennwerten $i_{(10)}$ und $i_{(60)}$ interpretiert. Der Wert $i_{(10)}$ wird hierbei als versickerbare Regenmenge mit der Regenspende $r_{(10)}$ gleichgesetzt und der Wert $i_{(60)}$ dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f der Gesamtfläche zugeordnet.

Für die Untersuchungsfläche mit Pasero Fuge 6,5 mm im Altdeutschen Verband ist folgendes Ergebnis ermittelt worden: Bei der neu verlegten, mit Splitt 1/3 mm verfugten Untersuchungsfläche wird eine versickerbare Regenspende $r_{(10)}$ von 2.650 l/(s×ha) ermittelt (Darstellung 1). Die Wasserdurchlässigkeit entspricht nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa 2×10^{-4} m/s.



Darstellung 1: Infiltrationsgang auf der Untersuchungsfläche.

4 Bewertung

Das Ergebnis zeigt deutlich, daß die untersuchte Pflasterfläche aufgrund der verwendeten Mineralstoffgemische für eine Versickerung von Regenwasser sehr gut geeignet ist und die geforderten Versickerungswerte für eine versickerungsfähig befestigte Fläche in Anlehnung an das *ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138* (2002) und an das *FGSV-Merkblatt*

für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen (1998) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand weit übertroffen werden.

Selbst unter Berücksichtigung der üblichen Abnahme der Versickerungsfähigkeit um eine Zehnerpotenz aufgrund des Eintrages mineralischer und organischer Feinanteile im Laufe der Betriebsdauer ist zu erwarten, daß es nur zu einem sehr geringen Oberflächenabfluß kommen kann. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende kann diesen Systemen ein Abflußbeiwert ψ (gemäß zum Beispiel DIN 1986 Teil 2, Tabelle 16) von 0,0 zugesprochen werden (Tabelle 1).

Nr.	System	Alter	Fugenanteil in %	Fugenausbildung	Untersuchungsergebnis $i_{(10)}$ in l/(s×ha)	Dauerhaft zu erwartende Infiltrationsleistung in l/(s×ha)	Abflußbeiwert ψ gemessen an der Bemessungsregenspende	Mindestens benötigte Durchlässigkeit in m/s
1	Pasero Fuge 6,5 mm Altdt. Verband	Neu- zustand	7,6	Splitt 1/3 mm	2.650	265	0,0	$7,1 \times 10^{-3}$

Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse, Abflußbeiwerte und mindestens benötigte Durchlässigkeit der Fugenverfüllung für Pasero Fuge 6,5 mm.

In Abhängigkeit zum Fugenanteil und bei gleichzeitiger Abstimmung der Korngrößen auf die Fugenbreite muß – unabhängig von Herkunft, Körnung oder Kornform – das Mineralstoffgemisch für die Fugenverfüllung eine Mindestdurchlässigkeit wie in Tabelle 1 genannt aufweisen. Unter Berücksichtigung der aufgrund der Alterung zu erwartenden Abnahme der Versickerungsleistung auf 10 % des Ausgangswertes kann hierdurch die im *Merksblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen* genannte Bemessungsregenspende von 270 l/(s×ha) voraussichtlich vollständig und dauerhaft versickert werden.

5 Zusammenfassung

Die Feldversuche mit dem Infiltrationsgerät zur Ermittlung der Versickerungsleistung von Pflasterflächen ergeben für das Produkt Pasero Fuge 6,5 mm im Altdeutschen Verband, daß im neu verlegten Zustand bei der Verwendung von Splitt 1/3 mm für die Fugenverfüllung Regenspenden von 2.650 l/(s×ha) versickert werden können. Damit werden die geforderten Versickerungswerte für eine versickerungsfähig befestigte Fläche in Anlehnung an das *ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138* (2002) und an das *FGSV-Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen* (1998) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand bei weitem überschritten. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende wird ein Abflußbeiwert von $\psi=0,0$ erreicht. Damit stellt Pasero Fuge 6,5 mm eine höhere Leistung zur Verfügung als vom *FGSV-Merkblatt* gefordert.

Norderstedt, den 30.12.2003

(Dr. Sönke Borgwardt)

Anlagen



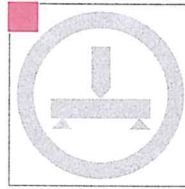
Bild 1: Pflastersystem Pasero Fuge 6,5 mm im Altdeutschen Verband



Bild 2: Untersuchungsfläche



Bild 3: Untersuchungsgerät



**Güteschutz Beton- und Fertigteilwerke
Baden-Württemberg e.V.**
Gerhard-Koch-Straße 2+4
Scharnhäuser Park
73760 Ostfildern
Telefon 0711. 32 7 32-330
Telefax 0711. 32 7 32-335
gbf@betonservice.de
www.betonservice.de/gbf

GBF · Postfach 1162 · 73747 Ostfildern

Mitglied im Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.
Gesellschafter der BQ-Zert GbR - Die Bau- und Baustoffzertifizierer BÜV-QMB-Zert
Gesellschafter der PÜZ BAU GmbH

Stuttgart, den 11.07.2013

Erklärung zum Abflussbeiwert C bei versickerungsfähigen Pflasterflächen

Versickerungsfähige Pflasterflächen müssen in der Lage sein, eine bestimmte Regenmenge (Bemessungsregenspende) über die gesamte Lebensdauer zu versickern. Diese Bemessungsregenspende wird nach dem Arbeitsblatt A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), mit einer Regenmenge von 270 l/(sxha) angesetzt.

Daher muss die Pflasterfläche eine gewisse Durchlässigkeit aufweisen. Diese wird mit dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f angegeben. Zur Aufnahme der o. g. Regenmenge muss der k_f Wert $\geq 5,4 \times 10^{-5}$ m/s sein. Das Prüfverfahren zur Ermittlung der Durchlässigkeit der Pflasterflächen ermittelt also den k_f Wert und die zugehörige versickerbare Regenmenge.

Ein weiterer Kennwert im Zusammenhang mit versickerungsfähigen Pflasterflächen ist der Abflussbeiwert C nach DIN 1986-100:2008-05, Tabelle 9. Dieser Wert stellt dar, welcher Anteil des auf eine Fläche auftreffenden Niederschlagswassers zum Abfluss kommt, bzw. versickert. Der Abflussbeiwert bewegt sich zwischen 0 (alles Wasser versickert) und 1 (alles Wasser fließt oberflächlich ab). Mit dem o. g. Prüfverfahren kann der Abflussbeiwert nicht ermittelt werden.

Der Abflussbeiwert hängt von verschiedenen Faktoren, wie z. B. der Regendauer, Intensität, Verringerung der Durchlässigkeit der Fläche im Lauf der Zeit, etc. ab. Daher handelt es sich immer um einen spezifischen Wert. Der Abflussbeiwert wird z. B. als Basis zur Berechnung der Niederschlagswassergebühr heran gezogen. Hierbei wird der mittlere Abflussbeiwert, bezogen auf die gesamte Lebensdauer der Fläche, betrachtet. Dieser Wert kann für versickerungsfähige Pflasterflächen mit $C = 0,4$ (40 % des Niederschlagswassers fließt oberflächlich ab, 60 % versickert) angesetzt werden.

Betrachtet man den Abflussbeiwert, bezogen auf die Bemessungsregenspende, beträgt dieser $C = 0,0$, da ja die Regenmenge von 270 l/(sxh) immer von einer versickerungsfähigen Pflasterfläche mit hinreichender Sicherheit dauerhaft aufgenommen werden muss.

GÜTESCHUTZ BETON- UND FERTIGTEILWERKE Baden-Württemberg e. V.

Leiter Qualitätscoaching und Sachverständigenwesen

Dipl.-Ing.(FH) Eugen Weber



GUTACHTEN

Die von der Firma Kronimus AG Betonsteinwerke in 76473 Iffezheim beauftragte Prüfung der Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton ergibt für das Produkt Pasero Fuge 6,5 mm folgendes Ergebnis:



1 Untersuchungsgegenstand

Das Pflastersystem Pasero Fuge 6,5 mm besteht in der hier untersuchten Variante aus gefügedichten Pflastersteinen im Chemnitzer Verband verlegt in zwei Formaten in den Rastermaßen L 200 × B 200 und L 100 × B 100 bei jeweiliger Höhe von H 80 mm. Im verlegten Zustand ergibt sich durch dauerhaft angeformte Abstandshalter eine Fugenbreite von etwa 6,5 mm (Bild 1). Durch diese Fugen soll anfallendes Niederschlagswasser aufgenommen, an den Oberbau weitergeleitet und schließlich im Untergrund oder in geeigneten Entwässerungsanlagen versickert werden. Es ergibt sich in der Fläche verlegt ein gesamter Öffnungsanteil bzw. eine durchlässige Sickerfläche von 7,1 %.

Aufgabenstellung ist es, bei den oben genannten Pflastersteinen das Infiltrationsvermögen im eingebauten Zustand in Abhängigkeit von Alter und Verwendung verschiedener Mineralstoffe für die Fugenverfüllung zu ermitteln. Hierdurch werden Aussagen über die Versickerungsfähigkeit, deren dauerhafte Aufrechterhaltung und Hinweise für den Einsatz geeigneter Mineralstoffgemische erwartet.

Als Untersuchungsstandort steht für die Messungen eine neu hergestellte Fläche auf dem Werksgelände der Firma Kronimus AG Betonsteinwerke in 76473 Iffezheim zur Verfügung (Bild 2). Hier wurde der genannte Pflasterbelag auf 3 cm Bettung aus Splitt 2/5 mm und einer geeigneten Tragschicht eingebaut. Die Fugen sind ebenfalls mit Splitt 1/3 mm verfüllt.

2 Versuchsaufbau

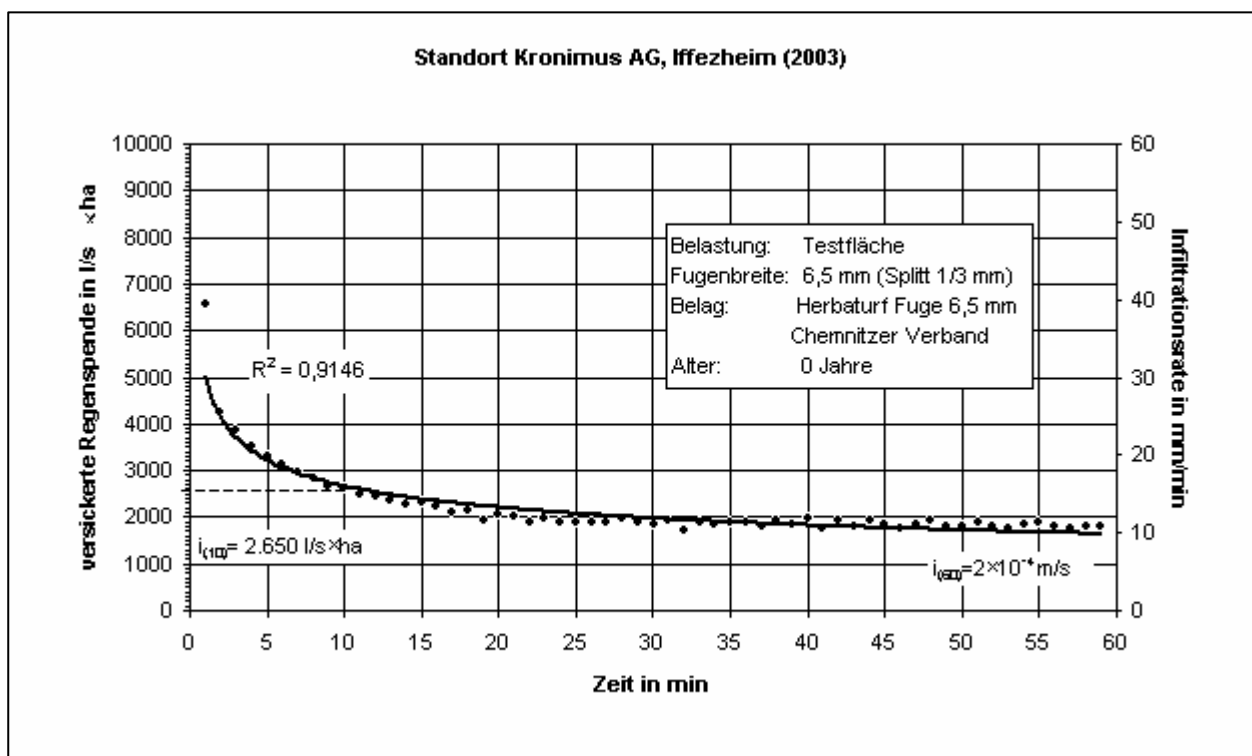
Die Versickerungsfähigkeit wird vor Ort durch die Bestimmung der Infiltrationsrate gemessen. Um dies realitätsnah an ungestörten Standorten unter Einbezug der örtlichen Gegebenheiten wie Alterung und Belastung durchführen zu können, werden – je nach Durchflußmenge – speziell für diesen Einsatz konstruierte Infiltrationsgeräte eingesetzt (Bild 3). Es wird eine abgedichtete Untersuchungsfläche von ca. $0,25 \text{ m}^2$ gleichmäßig mit einem Modellregen konstanter Intensität beregnet. Die Intensität der Beregnung ist so gewählt, daß gerade kein Oberflächenabfluß entsteht, um einen in der Natur nicht auftretenden vertikalen Wasserdruck zu vermeiden. Dies wird dadurch erreicht, daß der Zulauf über einen Näherungssensor oder einen Schwimmschalter in der Untersuchungsfläche auf einen Aufstau von wenigen Millimetern begrenzt wird. Eine laterale Bewegung des infiltrierten Wassers wird durch die zusätzliche Beregnung außerhalb der Untersuchungsfläche verhindert (Prinzip des Doppelringinfiltrimeters). Die Versickerungsintensität wird über die Änderung des Zuflusses am Zulauf mittels eines Durchflußmessers registriert. Die Infiltrationsrate als versickerte Menge pro Zeit ergibt sich aus der Regelung des Zuflusses in Abhängigkeit zur Veränderung der Wasserfilmdicke auf der Untersuchungsfläche.

Die Ganglinien der Infiltration, werden als Regressionskurven der gemittelten Infiltrationswerte in $[\text{mm}/\text{min}]$ und als aufnehmbare Regenspende in $[\text{l}/(\text{s} \times \text{ha})]$ dargestellt. Sie zeigen in ihrem charakteristischen Verlauf einen hohen Anfangswert, der mit zunehmender Sättigung nach 10 bis 30 Minuten abfällt und sich schließlich asymptotisch einem konstanten Endwert nähert. Der Endwert $i_{(60)}$ nach 60 Minuten Messung entspricht der Versickerungsintensität im wassergesättigten Zustand und kann daher als Durchlässigkeitsbeiwert k_f in $[\text{m}/\text{s}]$ interpretiert werden. Der Wert der Infiltrationsrate $i_{(10)}$ nach 10-minütiger Beregnung wird analog als potentiell aufnehmbare Regenspende $r_{(10)}$ in $[\text{l}/(\text{s} \times \text{ha})]$ ausgelegt.

3 Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse der Einzelflächen werden statistisch verrechnet und die gemittelten Werte anhand der Ganglinie der Infiltration bei einer einstündigen Beregnung und den Kennwerten $i_{(10)}$ und $i_{(60)}$ interpretiert. Der Wert $i_{(10)}$ wird hierbei als versickerbare Regenmenge mit der Regenspende $r_{(10)}$ gleichgesetzt und der Wert $i_{(60)}$ dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f der Gesamtfläche zugeordnet.

Für die Untersuchungsfläche mit Pasero Fuge 6,5 mm im Chemnitzer Verband ist folgendes Ergebnis ermittelt worden: Bei der neu verlegten, mit Splitt 1/3 mm verfugten Untersuchungsfläche wird eine versickerbare Regenspende $r_{(10)}$ von 2.650 l/(s×ha) ermittelt (Darstellung 1). Die Wasserdurchlässigkeit entspricht nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa 2×10^{-4} m/s.



Darstellung 1: Infiltrationsgang auf der Untersuchungsfläche.

4 Bewertung

Das Ergebnis zeigt deutlich, daß die untersuchte Pflasterfläche aufgrund der verwendeten Mineralstoffgemische für eine Versickerung von Regenwasser sehr gut geeignet ist und die geforderten Versickerungswerte für eine versickerungsfähig befestigte Fläche in Anlehnung an das *ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138* (2002) und an das *FGSV-Merkblatt*

für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen (1998) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand weit übertroffen werden.

Selbst unter Berücksichtigung der üblichen Abnahme der Versickerungsfähigkeit um eine Zehnerpotenz aufgrund des Eintrages mineralischer und organischer Feinanteile im Laufe der Betriebsdauer ist zu erwarten, daß es nur zu einem sehr geringen Oberflächenabfluß kommen kann. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende kann diesen Systemen ein Abflußbeiwert ψ (gemäß zum Beispiel DIN 1986 Teil 2, Tabelle 16) von 0,0 zugesprochen werden (Tabelle 1).

Nr.	System	Alter	Fugenanteil in %	Fugenausbildung	Untersuchungsergebnis $i_{(10)}$ in l/(s×ha)	Dauerhaft zu erwartende Infiltrationsleistung in l/(s×ha)	Abflußbeiwert ψ gemessen an der Bemessungsregenspende	Mindestens benötigte Durchlässigkeit in m/s
1	Pasero Fuge 6,5 mm Chemn. Verband	Neu- zustand	7,1	Splitt 1/3 mm	2.650	265	0,0	$7,6 \times 10^{-3}$

Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse, Abflußbeiwerte und mindestens benötigte Durchlässigkeit der Fugenverfüllung für Pasero Fuge 6,5 mm.

In Abhängigkeit zum Fugenanteil und bei gleichzeitiger Abstimmung der Korngrößen auf die Fugenbreite muß – unabhängig von Herkunft, Körnung oder Kornform – das Mineralstoffgemisch für die Fugenverfüllung eine Mindestdurchlässigkeit wie in Tabelle 1 genannt aufweisen. Unter Berücksichtigung der aufgrund der Alterung zu erwartenden Abnahme der Versickerungsleistung auf 10 % des Ausgangswertes kann hierdurch die im *Merckblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen* genannte Bemessungsregenspende von 270 l/(s×ha) voraussichtlich vollständig und dauerhaft versickert werden.

5 Zusammenfassung

Die Feldversuche mit dem Infiltrationsgerät zur Ermittlung der Versickerungsleistung von Pflasterflächen ergeben für das Produkt Pasero Fuge 6,5 mm im Chemnitzer Verband, daß im neu verlegten Zustand bei der Verwendung von Splitt 1/3 mm für die Fugenverfüllung Regenspenden von 2.650 l/(s×ha) versickert werden können. Damit werden die geforderten Versickerungswerte für eine versickerungsfähig befestigte Fläche in Anlehnung an das *ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138* (2002) und an das *FGSV-Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen* (1998) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand bei weitem überschritten. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende wird ein Abflußbeiwert von $\psi=0,0$ erreicht. Damit stellt Pasero Fuge 6,5 mm eine höhere Leistung zur Verfügung als vom *FGSV-Merkblatt* gefordert.

Norderstedt, den 30.12.2003

(Dr. Sönke Borgwardt)

Anlagen



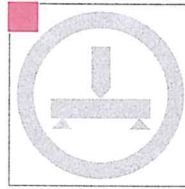
Bild 1: Pflastersystem Pasero Fuge 6,5 mm im Chemnitzer Verband



Bild 2: Untersuchungsfläche



Bild 3: Untersuchungsgerät



**Güteschutz Beton- und Fertigteilwerke
Baden-Württemberg e.V.**
Gerhard-Koch-Straße 2+4
Scharnhäuser Park
73760 Ostfildern
Telefon 0711. 32 7 32-330
Telefax 0711. 32 7 32-335
gbf@betonservice.de
www.betonservice.de/gbf

GBF · Postfach 1162 · 73747 Ostfildern

Mitglied im Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.
Gesellschafter der BQ-Zert GbR - Die Bau- und Baustoffzertifizierer BÜV-QMB-Zert
Gesellschafter der PÜZ BAU GmbH

Stuttgart, den 11.07.2013

Erklärung zum Abflussbeiwert C bei versickerungsfähigen Pflasterflächen

Versickerungsfähige Pflasterflächen müssen in der Lage sein, eine bestimmte Regenmenge (Bemessungsregenspende) über die gesamte Lebensdauer zu versickern. Diese Bemessungsregenspende wird nach dem Arbeitsblatt A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), mit einer Regenmenge von 270 l/(sxha) angesetzt.

Daher muss die Pflasterfläche eine gewisse Durchlässigkeit aufweisen. Diese wird mit dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f angegeben. Zur Aufnahme der o. g. Regenmenge muss der k_f Wert $\geq 5,4 \times 10^{-5}$ m/s sein. Das Prüfverfahren zur Ermittlung der Durchlässigkeit der Pflasterflächen ermittelt also den k_f Wert und die zugehörige versickerbare Regenmenge.

Ein weiterer Kennwert im Zusammenhang mit versickerungsfähigen Pflasterflächen ist der Abflussbeiwert C nach DIN 1986-100:2008-05, Tabelle 9. Dieser Wert stellt dar, welcher Anteil des auf eine Fläche auftreffenden Niederschlagswassers zum Abfluss kommt, bzw. versickert. Der Abflussbeiwert bewegt sich zwischen 0 (alles Wasser versickert) und 1 (alles Wasser fließt oberflächlich ab). Mit dem o. g. Prüfverfahren kann der Abflussbeiwert nicht ermittelt werden.

Der Abflussbeiwert hängt von verschiedenen Faktoren, wie z. B. der Regendauer, Intensität, Verringerung der Durchlässigkeit der Fläche im Lauf der Zeit, etc. ab. Daher handelt es sich immer um einen spezifischen Wert. Der Abflussbeiwert wird z. B. als Basis zur Berechnung der Niederschlagswassergebühr heran gezogen. Hierbei wird der mittlere Abflussbeiwert, bezogen auf die gesamte Lebensdauer der Fläche, betrachtet. Dieser Wert kann für versickerungsfähige Pflasterflächen mit $C = 0,4$ (40 % des Niederschlagswassers fließt oberflächlich ab, 60 % versickert) angesetzt werden.

Betrachtet man den Abflussbeiwert, bezogen auf die Bemessungsregenspende, beträgt dieser $C = 0,0$, da ja die Regenmenge von 270 l/(sxh) immer von einer versickerungsfähigen Pflasterfläche mit hinreichender Sicherheit dauerhaft aufgenommen werden muss.

GÜTESCHUTZ BETON- UND FERTIGTEILWERKE Baden-Württemberg e. V.

Leiter Qualitätscoaching und Sachverständigenwesen

Dipl.-Ing.(FH) Eugen Weber



GUTACHTEN

Die von der Firma Kronimus AG Betonsteinwerke in 76473 Iffezheim beauftragte Prüfung der Versickerungsfähigkeit von Pflastersteinen aus Beton ergibt für das Produkt Pasero Fuge 6,5 mm folgendes Ergebnis:



1 Untersuchungsgegenstand

Das Pflastersystem Pasero Fuge 6,5 mm besteht in der hier untersuchten Variante aus gefügedichten Pflastersteinen im Läuferverband verlegt im Rastermaß L 200 × B 200 mm bei einer Höhe von H 80 mm. Im verlegten Zustand ergibt sich durch dauerhaft angeformte Abstandshalter eine Fugenbreite von etwa 6,5 mm (Bild 1). Durch diese Fugen soll anfallendes Niederschlagswasser aufgenommen, an den Oberbau weitergeleitet und schließlich im Untergrund oder in geeigneten Entwässerungsanlagen versickert werden. Es ergibt sich in der Fläche verlegt ein gesamter Öffnungsanteil bzw. eine durchlässige Sickerfläche von 6,4 %.

Aufgabenstellung ist es, bei den oben genannten Pflastersteinen das Infiltrationsvermögen im eingebauten Zustand in Abhängigkeit von Alter und Verwendung verschiedener Mineralstoffe für die Fugenverfüllung zu ermitteln. Hierdurch werden Aussagen über die Versickerungsfähigkeit, deren dauerhafte Aufrechterhaltung und Hinweise für den Einsatz geeigneter Mineralstoffgemische erwartet.

Als Untersuchungsstandort steht für die Messungen eine neu hergestellte Fläche auf dem Werksgelände der Firma Kronimus AG Betonsteinwerke in 76473 Iffezheim zur Verfügung (Bild 2). Hier wurde der genannte Pflasterbelag auf 3 cm Bettung aus Splitt 2/5 mm und einer geeigneten Tragschicht eingebaut. Die Fugen sind ebenfalls mit Splitt 1/3 mm verfüllt.

2 Versuchsaufbau

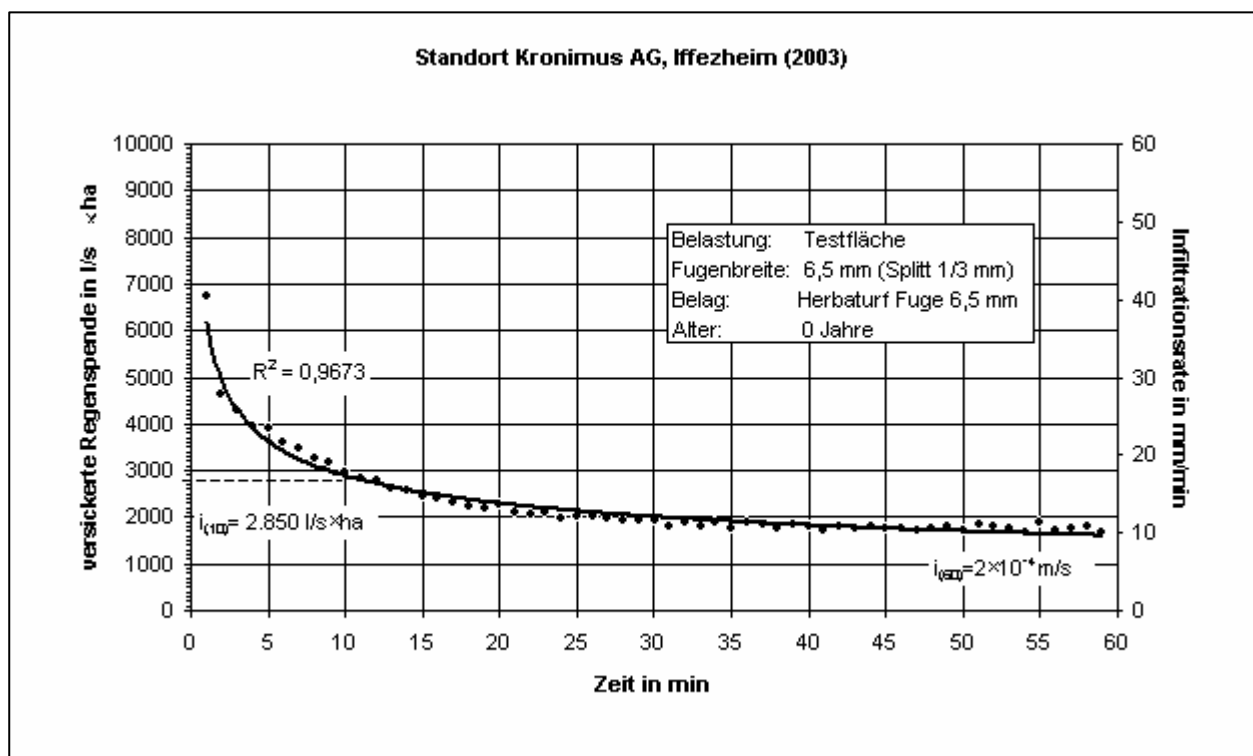
Die Versickerungsfähigkeit wird vor Ort durch die Bestimmung der Infiltrationsrate gemessen. Um dies realitätsnah an ungestörten Standorten unter Einbezug der örtlichen Gegebenheiten wie Alterung und Belastung durchführen zu können, werden – je nach Durchflußmenge – speziell für diesen Einsatz konstruierte Infiltrationsgeräte eingesetzt (Bild 3). Es wird eine abgedichtete Untersuchungsfläche von ca. $0,25 \text{ m}^2$ gleichmäßig mit einem Modellregen konstanter Intensität beregnet. Die Intensität der Beregnung ist so gewählt, daß gerade kein Oberflächenabfluß entsteht, um einen in der Natur nicht auftretenden vertikalen Wasserdruck zu vermeiden. Dies wird dadurch erreicht, daß der Zulauf über einen Näherungssensor oder einen Schwimmschalter in der Untersuchungsfläche auf einen Aufstau von wenigen Millimetern begrenzt wird. Eine laterale Bewegung des infiltrierten Wassers wird durch die zusätzliche Beregnung außerhalb der Untersuchungsfläche verhindert (Prinzip des Doppelringinfiltrimeters). Die Versickerungsintensität wird über die Änderung des Zuflusses am Zulauf mittels eines Durchflußmessers registriert. Die Infiltrationsrate als versickerte Menge pro Zeit ergibt sich aus der Regelung des Zuflusses in Abhängigkeit zur Veränderung der Wasserfilmdicke auf der Untersuchungsfläche.

Die Ganglinien der Infiltration, werden als Regressionskurven der gemittelten Infiltrationswerte in $[\text{mm}/\text{min}]$ und als aufnehmbare Regenspende in $[\text{l}/(\text{s} \times \text{ha})]$ dargestellt. Sie zeigen in ihrem charakteristischen Verlauf einen hohen Anfangswert, der mit zunehmender Sättigung nach 10 bis 30 Minuten abfällt und sich schließlich asymptotisch einem konstanten Endwert nähert. Der Endwert $i_{(60)}$ nach 60 Minuten Messung entspricht der Versickerungsintensität im wassergesättigten Zustand und kann daher als Durchlässigkeitsbeiwert k_f in $[\text{m}/\text{s}]$ interpretiert werden. Der Wert der Infiltrationsrate $i_{(10)}$ nach 10-minütiger Beregnung wird analog als potentiell aufnehmbare Regenspende $r_{(10)}$ in $[\text{l}/(\text{s} \times \text{ha})]$ ausgelegt.

3 Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse der Einzelflächen werden statistisch verrechnet und die gemittelten Werte anhand der Ganglinie der Infiltration bei einer einstündigen Beregnung und den Kennwerten $i_{(10)}$ und $i_{(60)}$ interpretiert. Der Wert $i_{(10)}$ wird hierbei als versickerbare Regenmenge mit der Regenspende $r_{(10)}$ gleichgesetzt und der Wert $i_{(60)}$ dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f der Gesamtfläche zugeordnet.

Für die Untersuchungsfläche mit Pasero Fuge 6,5 mm im Läuferverband ist folgendes Ergebnis ermittelt worden: Bei der neu verlegten, mit Splitt 1/3 mm verfugten Untersuchungsfläche wird eine versickerbare Regenspende $r_{(10)}$ von 2.850 l/(s×ha) ermittelt (Darstellung 1). Die Wasserdurchlässigkeit entspricht nach einer Stunde Beregnung einem k_f -Wert von etwa 2×10^{-4} m/s.



Darstellung 1: Infiltrationsgang auf der Untersuchungsfläche.

4 Bewertung

Das Ergebnis zeigt deutlich, daß die untersuchte Pflasterfläche aufgrund der verwendeten Mineralstoffgemische für eine Versickerung von Regenwasser sehr gut geeignet ist und die geforderten Versickerungswerte für eine versickerungsfähig befestigte Fläche in Anlehnung an das *ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138* (2002) und an das *FGSV-Merkblatt*

für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen (1998) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand weit übertroffen werden.

Selbst unter Berücksichtigung der üblichen Abnahme der Versickerungsfähigkeit um eine Zehnerpotenz aufgrund des Eintrages mineralischer und organischer Feinanteile im Laufe der Betriebsdauer ist zu erwarten, daß es zu keinem Oberflächenabfluß kommen kann. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende kann diesen Systemen folglich ein Abflußbeiwert ψ (gemäß zum Beispiel DIN 1986 Teil 2, Tabelle 16) von 0,0 zugesprochen werden (Tabelle 1).

Nr.	System	Alter	Fugenanteil in %	Fugenausbildung	Untersuchungsergebnis $i_{(10)}$ in l/(s×ha)	Dauerhaft zu erwartende Infiltrationsleistung in l/(s×ha)	Abflußbeiwert ψ gemessen an der Bemessungsregenspende	Mindestens benötigte Durchlässigkeit in m/s
1	Pasero Fuge 6,5 mm Läuferverband	Neu- zustand	6,4	Splitt 1/3 mm	2.850	285	0,0	$8,4 \times 10^{-3}$

Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse, Abflußbeiwerte und mindestens benötigte Durchlässigkeit der Fugenverfüllung für Pasero Fuge 6,5 mm.

In Abhängigkeit zum Fugenanteil und bei gleichzeitiger Abstimmung der Korngrößen auf die Fugenbreite muß – unabhängig von Herkunft, Körnung oder Kornform – das Mineralstoffgemisch für die Fugenverfüllung eine Mindestdurchlässigkeit wie in Tabelle 1 genannt aufweisen. Unter Berücksichtigung der aufgrund der Alterung zu erwartenden Abnahme der Versickerungsleistung auf 10 % des Ausgangswertes kann hierdurch die im *Merksblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen* genannte Bemessungsregenspende von 270 l/(s×ha) voraussichtlich vollständig und dauerhaft versickert werden.

5 Zusammenfassung

Die Feldversuche mit dem Infiltrationsgerät zur Ermittlung der Versickerungsleistung von Pflasterflächen ergeben für das Produkt Pasero Fuge 6,5 mm im Läuferverband, daß im neu verlegten Zustand bei der Verwendung von Splitt 1/3 mm für die Fugenverfüllung Regenspenden von 2.850 l/(s×ha) versickert werden können. Damit werden die geforderten Versickerungswerte für eine versickerungsfähig befestigte Fläche in Anlehnung an das *ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138* (2002) und an das *FGSV-Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen* (1998) von mindestens 270 l/(s×ha) im Neuzustand bei weitem überschritten. Gemessen an der oben genannten Bemessungsregenspende wird ein Abflußbeiwert von $\psi=0,0$ erreicht. Damit stellt Herbaturf Fuge 6,5 mm eine höhere Leistung zur Verfügung als vom *FGSV-Merkblatt* gefordert.

Norderstedt, den 30.12.2003

(Dr. Sönke Borgwardt)

Anlagen



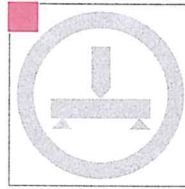
Bild 1: Pflastersystem Pasero Fuge 6,5 mm im Läuferverband



Bild 2: Untersuchungsfläche



Bild 3: Untersuchungsgerät



**Güteschutz Beton- und Fertigteilwerke
Baden-Württemberg e.V.**
Gerhard-Koch-Straße 2+4
Scharnhäuser Park
73760 Ostfildern
Telefon 0711. 32 7 32-330
Telefax 0711. 32 7 32-335
gbf@betonservice.de
www.betonservice.de/gbf

GBF · Postfach 1162 · 73747 Ostfildern

Mitglied im Bund Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e.V.
Gesellschafter der BQ-Zert GbR - Die Bau- und Baustoffzertifizierer BÜV-QMB-Zert
Gesellschafter der PÜZ BAU GmbH

Stuttgart, den 11.07.2013

Erklärung zum Abflussbeiwert C bei versickerungsfähigen Pflasterflächen

Versickerungsfähige Pflasterflächen müssen in der Lage sein, eine bestimmte Regenmenge (Bemessungsregenspende) über die gesamte Lebensdauer zu versickern. Diese Bemessungsregenspende wird nach dem Arbeitsblatt A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), mit einer Regenmenge von 270 l/(sxha) angesetzt.

Daher muss die Pflasterfläche eine gewisse Durchlässigkeit aufweisen. Diese wird mit dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f angegeben. Zur Aufnahme der o. g. Regenmenge muss der k_f Wert $\geq 5,4 \times 10^{-5}$ m/s sein. Das Prüfverfahren zur Ermittlung der Durchlässigkeit der Pflasterflächen ermittelt also den k_f Wert und die zugehörige versickerbare Regenmenge.

Ein weiterer Kennwert im Zusammenhang mit versickerungsfähigen Pflasterflächen ist der Abflussbeiwert C nach DIN 1986-100:2008-05, Tabelle 9. Dieser Wert stellt dar, welcher Anteil des auf eine Fläche auftreffenden Niederschlagswassers zum Abfluss kommt, bzw. versickert. Der Abflussbeiwert bewegt sich zwischen 0 (alles Wasser versickert) und 1 (alles Wasser fließt oberflächlich ab). Mit dem o. g. Prüfverfahren kann der Abflussbeiwert nicht ermittelt werden.

Der Abflussbeiwert hängt von verschiedenen Faktoren, wie z. B. der Regendauer, Intensität, Verringerung der Durchlässigkeit der Fläche im Lauf der Zeit, etc. ab. Daher handelt es sich immer um einen spezifischen Wert. Der Abflussbeiwert wird z. B. als Basis zur Berechnung der Niederschlagswassergebühr heran gezogen. Hierbei wird der mittlere Abflussbeiwert, bezogen auf die gesamte Lebensdauer der Fläche, betrachtet. Dieser Wert kann für versickerungsfähige Pflasterflächen mit $C = 0,4$ (40 % des Niederschlagswassers fließt oberflächlich ab, 60 % versickert) angesetzt werden.

Betrachtet man den Abflussbeiwert, bezogen auf die Bemessungsregenspende, beträgt dieser $C = 0,0$, da ja die Regenmenge von 270 l/(sxh) immer von einer versickerungsfähigen Pflasterfläche mit hinreichender Sicherheit dauerhaft aufgenommen werden muss.

GÜTESCHUTZ BETON- UND FERTIGTEILWERKE Baden-Württemberg e. V.

Leiter Qualitätscoaching und Sachverständigenwesen

Dipl.-Ing.(FH) Eugen Weber

