

## Content

	Page
<b>Chapter I - General</b>	
1. The tasks and areas of application of paving stone surfaces .....	7
2. Terminology of pavement construction .....	9
3. Types of construction .....	13
4. Risks to pavement .....	15
<b>Chapter II – Building Materials and Components</b>	
5. Soils and aggregate mixtures .....	17
6. Basic principles of compaction. ....	25
7. Underground, substructure and load bearing layers .....	29
8. The pavement .....	35
9. Concrete pavement stones and slabs .....	41
<b>Chapter III – Construction and Design</b>	
10. Basic principles for the planning of thoroughfares / road pavements .....	53
11. Basic principles for the implementation of concrete pavements .....	81
12. Basic principles for maintenance .....	89
13. The common types of damage .....	91
<b>Chapter IV – The SF-Kooperation</b>	
14. Products .....	95
15. Cooperation Partners .....	100
16. Sources .....	106

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Kapitel - Allgemeines</b>	
1. Aufgaben und Anwendungsbereiche von Pflasterflächen .....	7
2. Begriffe der Pflasterbauweise .....	9
3. Bauweisen .....	13
4. Feinde des Pflasters .....	15
<b>II. Kapitel Baustoffe und Bauteile</b>	
5. Böden und Gesteinskörnungsgemische .....	17
6. Grundsätze der Verdichtung .....	25
7. Untergrund, Unterbau und tragende Schichten .....	29
8. Die Pflasterdecke .....	35
9. Pflastersteine und Platten aus Beton .....	41
<b>III. Kapitel – Konstruktion und Ausführung</b>	
10. Grundsätze zur Planung von Verkehrsflächen .....	53
11. Grundsätze zur Ausführung von Betonpflasterdecken .....	81
12. Grundsätze zur Erhaltung .....	89
13. Die üblichen Schadensfälle .....	91
<b>IV. Kapitel – Die SF-Kooperation</b>	
14. Produkte .....	95
15. Kooperationspartner .....	100
16. Quellenangaben .....	106

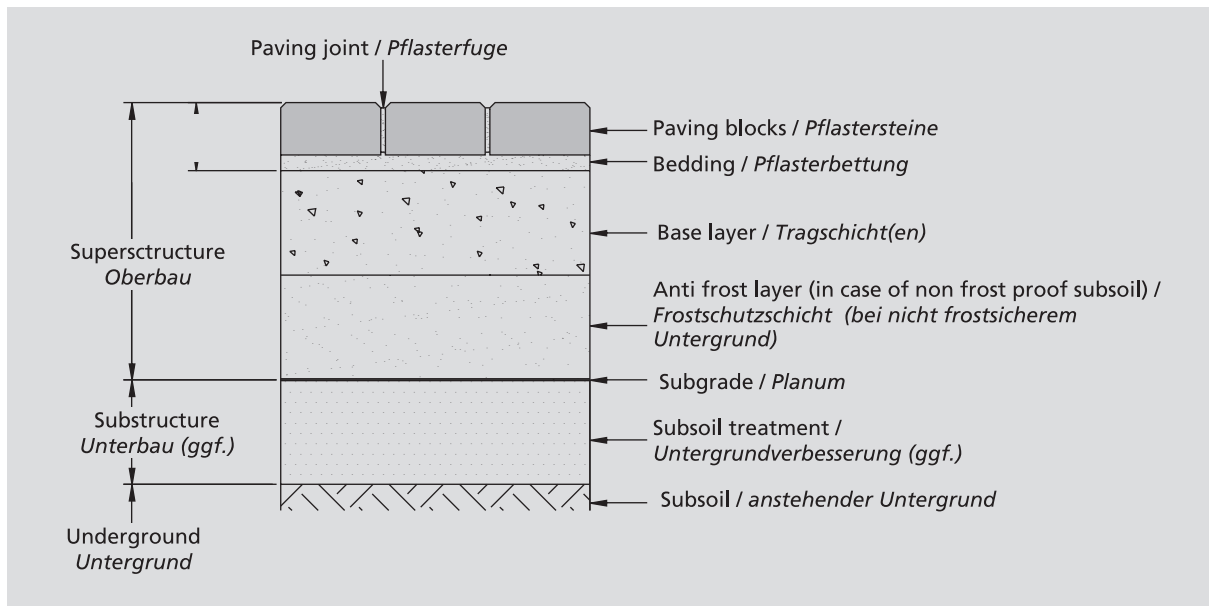


## 2. Terminology of pavement construction

### 2.1. GENERAL STRUCTURE OF A PAVED SURFACE

## 2. Begriffe der Pflasterbauweise

### 2.1 ALLGEMEINER AUFBAU VON PFLASTERFLÄCHEN



The structure of a general paved surface can basically be sub-divided into:

- superstructure,
- substructure (if necessary) and
- underground.

Der Aufbau einer allgemeinen Verkehrsfläche wird grundsätzlich unterteilt in

- Oberbau
- Unterbau (falls erforderlich) und
- Untergrund.

### 2.2. TERMINOLOGY

**Fine grain proportion:** Proportion by weight of grains with grain sizes up to 0.063 mm diameter in an aggregate mixture.

**Filter stability:** Property between two overlying layers where no components of the upper layer are transported into the lower layer when water flows through.

**Anti-frost layer:** Base layer without binding agent, which is intended to prevent frost damage in road superstructures and is comprised of frost-insensitive aggregate mixtures or soils.

### 2.2. BEGRIFFLICHKEITEN

**Feinanteil:** Masseanteil der Körner mit Korngrößen bis 0,063 mm Durchmesser innerhalb von Gesteinskörnungsgemischen.

**Filterstabilität:** Eigenschaft zwischen zwei übereinander liegenden Schichten, bei Durchströmung von Wasser keine Bestandteile der oberen Schicht in die untere Schicht zu transportieren.

**Frostschuttschicht:** (FSS) Tragschicht ohne Bindemittel, die Frostschäden im Straßenoberbau vermeiden soll und aus frostunempfindlichen Gesteinskörnungsgemischen und/oder Böden besteht.

## Chapter II – Building Materials and Components

The delivery grade of the bedding depends on the bedding thickness.

Indeed, the grain size of the bedding material should increase as the depth of bedding layer increases.

The requirements for the bedding or bedding material are:

- appropriate evenness,
- uniform layer thickness,
- filter stability to the base layer,
- high stone hardness according to the traffic load,
- high angularity according to the traffic load,
- high broken surface proportion according to the traffic load.

The use of predominantly broken grains in the bedding ensures a higher shear resistance than the use of rounded aggregates.

Only broken aggregates may be used for building classes III and IV.

Further information can be found in chapter III.

### Thickness of the bedding

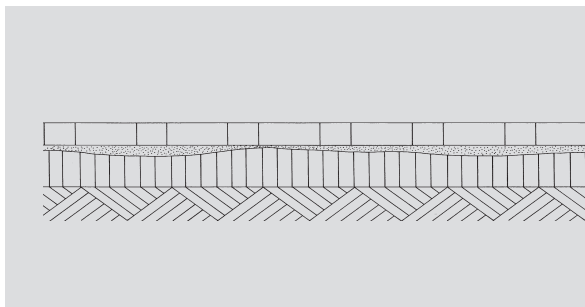
The thickness of the bedding is dependent on the thickness of the pavement stones. The uniform thickness of the bedding is of great importance for the evenness of the surfaces in the compacted condition.

A non-uniform bedding thickness can cause non-uniform settling. Moreover, a bedding thickness which is too deep can cause ruts as a result of grain shifting.

Behaviour of the pavement before and after compaction for different bedding thickness:

To increase stability, the bedding should be kept as thin as possible. The bedding must not be used to compensate for height deviations of the underlay.

Before and after vibration compaction:



Die Lieferkörnung der Bettung ist von der Bettungsdicke abhängig.

Je größer die Schichtdicke der Bettung, desto größer das Größtkorn der Lieferkörnung.

Die Anforderungen an die Bettungsschicht bzw. das Bettungsmaterial sind:

- eine entsprechende Ebenheit,
- eine gleichmäßige Schichtdicke,
- die Filterstabilität gegenüber der Tragschicht,
- eine der Belastung entsprechende Gesteins Härte,
- eine je nach Verkehrsbelastung entsprechend hohe Kantigkeit,
- ein der Belastung entsprechender Anteil an gebrochener Oberfläche.

Die Verwendung von überwiegend gebrochenen Körnern in der Bettungsschicht gewährleistet einen höheren Schubwiderstand als die Verwendung von runden Gesteinskörnungen. Bei Bauklasse III und IV dürfen nur gebrochene Gesteinskörnungen verwendet werden.

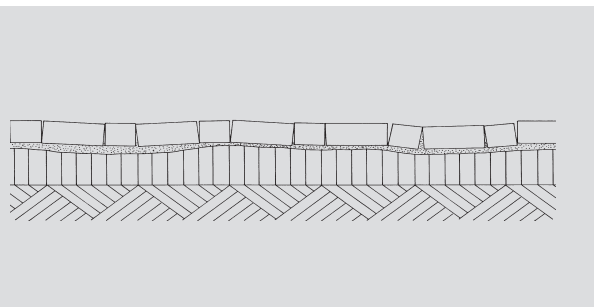
### Dicke der Bettungsschicht

Die Dicke der Bettungsschicht ist abhängig von Steindicke des Pflasterbelages. Die gleichmäßige Schichtdicke ist für die Ebenheit der Flächen im verdichteten Zustand von großer Bedeutung.

Ungleichmäßige Schichtdicken verursachen ungleichmäßige Setzungen. Zu große Schichtdicken verursachen Spurrinnen infolge Kornumlagerungen.

Die Bettung sollte zur Erhöhung der Stabilität so gering wie nötig gehalten werden. Höhentoleranzen der Unterlage dürfen nicht durch die Bettung ausgeglichen werden.

Vor und nach dem dem Abrütteln :



## II. Kapitel Baustoffe und Bauteile

### 8.2. PAVEMENT JOINTS AND JOINT MATERIAL

The pavement joint is of great importance to the load distribution and stability of the surface. Deviations in the size of the pavement stones as a result of manufacture are likewise compensated by the pavement joints.

A stable surface cannot be created from individual pavement stones without effective joints.

A pressure application without joints is not permitted and often leads to stone displacements and spalling.

#### Joint widths

In order to compensate for deviations in the pavement stones or slabs and to provide sufficient stability, the joint width may not be too small. The joint width must, however, be large enough to be able to insert enough graded joint material. Joints which are too narrow often hinder the complete filling of the joint.

The greatest possible stability of a paved surface is only achieved when the joints are filled completely.

The requirements for joint widths and joint materials are described in chapter III.

In Germany, joint widths are specified in relationship to the stone thickness in accordance with DIN 18318. Accordingly, joints of between 5 and 8 mm must be implemented for pavement stones over 120 mm thick.

However, scientific experiments and practical paving experience have shown that smaller joint widths of 3 - 5 mm in conjunction with suitable joint material are more stable under traffic loads than larger joint widths 5 - 8 mm.

#### Joint material

The joint material is responsible for the horizontal load transfer (shear) and the vertical load transfer (pressure). It is comprised of a graded aggregate mixture of the delivery grades 0/4, 0/5 or 0/8 mm. For particular interlocking pavement stones with small joint widths, a 0/2 joint material may be suitable for increased stability.

The largest grain of the joint material must be

### 8.2. PFLASTERFUGE UND FUGENMATERIAL

Die Pflasterfuge ist für die Lastabtragung und Stabilität der Fläche von großer Bedeutung. Ebenso werden in der Pflasterfuge die herstellungsbedingten Maßtoleranzen von Pflastersteinen ausgeglichen.

Ohne eine wirksame Fuge kann aus den einzelnen Pflastersteinen keine stabile Fläche entstehen.

Eine Pressverlegung ohne Fuge ist nicht zulässig und führt häufig zu Steinverschiebungen und Kantenabplatzungen an den Steinen.

#### Fugenbreiten

Die Fugenbreite darf nicht zu klein sein, um Toleranzen der Pflastersteine oder Platten auszugleichen und genügend Stabilität zu geben. Die Fugenbreite muss aber groß genug sein um genügend kornabgestuftes Fugenmaterial einbringen zu können. Zu eng ausgeführte Pflasterfugen verhindern häufig eine vollständige Füllung der Fuge.

Die größtmögliche Stabilität einer Pflasterfläche wird erst bei einer vollständigen Fugenfüllung erreicht.

Die Anforderungen an die Fugenbreiten und Fugenmaterialien sind im Kapitel III beschrieben.

In Deutschland werden gemäß DIN 18318 Fugenbreiten in Abhängigkeit der Steindicke vorgegeben. Demnach müssen Fugenbreiten für Pflastersteine ab 120 mm Steindicke zwischen 5 mm und 8 mm ausgeführt werden.

Wissenschaftliche Untersuchungen wie auch baupraktische Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass sich geringere Fugenbreiten (3 – 5 mm) im Zusammenhang mit geeigneten Fugenmaterialien gegenüber Verkehrslasten stabiler verhalten als große Fugenbreiten (5 – 8 mm).

#### Fugenmaterial

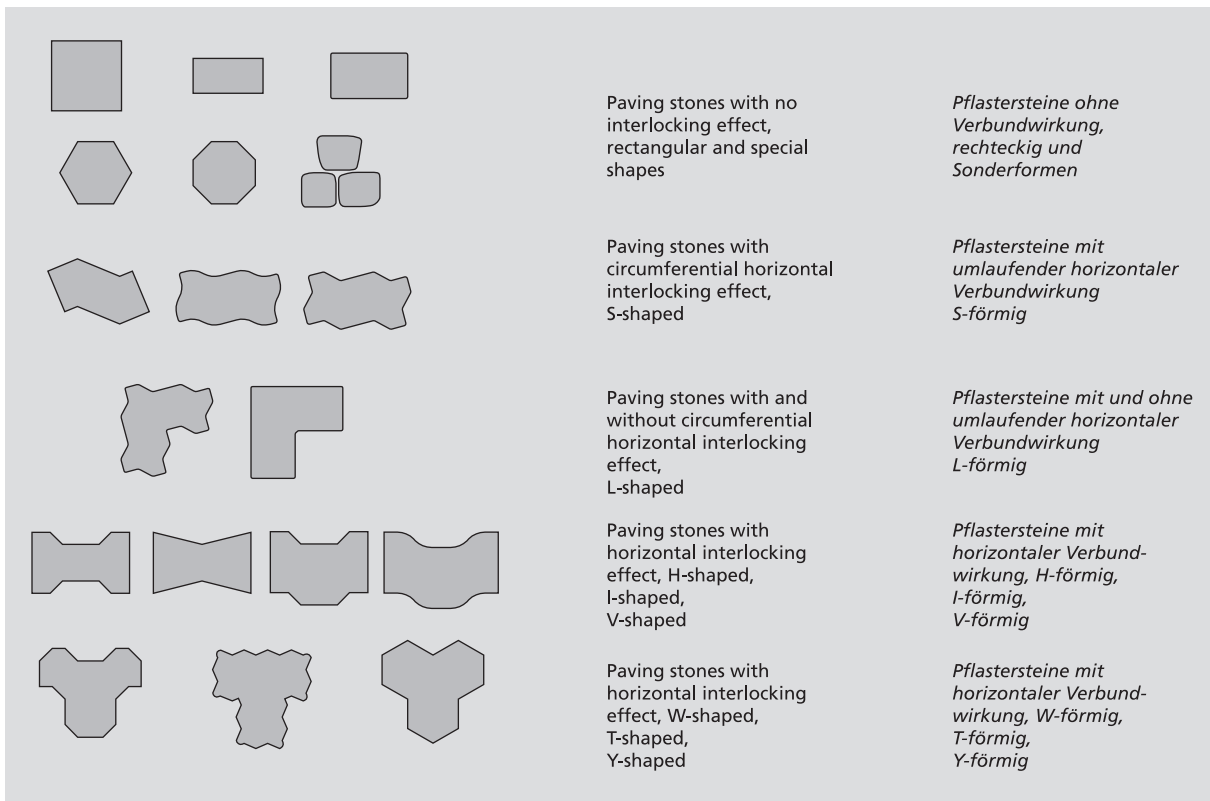
Das Fugenmaterial ist für die horizontale Lastübertragung (Schub) und vertikale Lastübertragung (Druck) verantwortlich. Es besteht aus kornabgestuften Gesteinskörnungsgemischen der Lieferkörnungen 0/4, 0/5 oder 0/8mm. Für bestimmte Verbundpflastersteine mit geringen Fugenbreiten kann ein Fugenmaterial 0/2 für eine erhöhte Stabilität geeigneter sein. Das Größtkorn des Fugenmaterials



## II. Kapitel Baustoffe und Bauteile

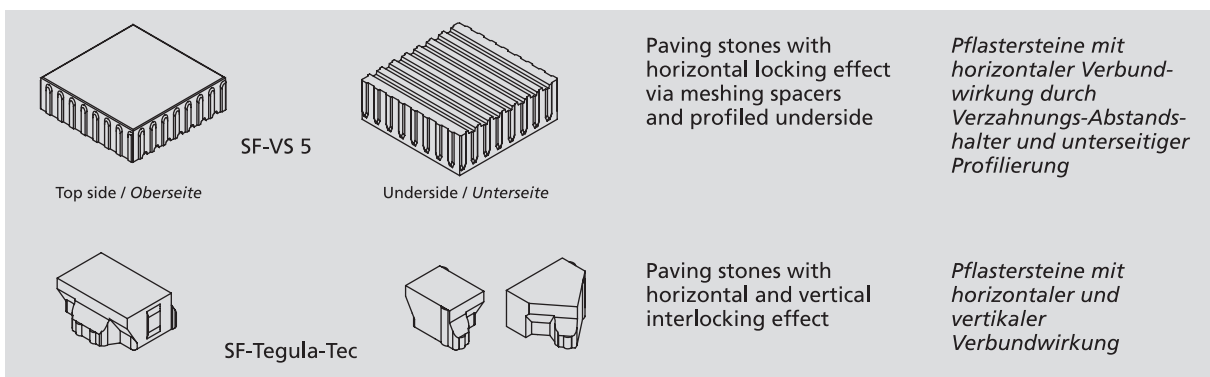
turning. Besides average traffic loads, interlocking pavement stones are specifically used for surfaces with high traffic loads, in particular in the case of shearing and rotational stresses.

und Verdrehung erzeugt. Verbundpflastersteine werden neben mittlerer Verkehrsbelastung besonders bei Flächen mit höherer Verkehrsbelastung, insbesondere bei Schub- und Drehbeanspruchung, eingesetzt.



Even pavement stones with simple surface geometries can have horizontal and also vertical interlocking effects. These effects are generated by special shaping below the visible level, e.g. via toothed side surfaces, spacers with interlocking function or undercuts in the sidewalls of the stones.

Auch Pflastersteine mit einfachen Geometrien an der Oberfläche können horizontale und auch vertikale Verbundwirkungen haben. Diese werden durch bestimmte Formgebung unterhalb der Sichte Ebene, z. B. über verzahnte Steinseitenflächen, Abstandshalter mit Verbundwirkung oder Unterschnitten in der Steinseitenwand erzeugt.



## Chapter II – Building Materials and Components

### 9.6. SPACERS

Spacers are moulded grooves on the pavement stone below the visible pavement level. These moulded spacers do not, however, set the size of the joint in accordance with the regulations, but rather they ensure the necessary minimum joint width.

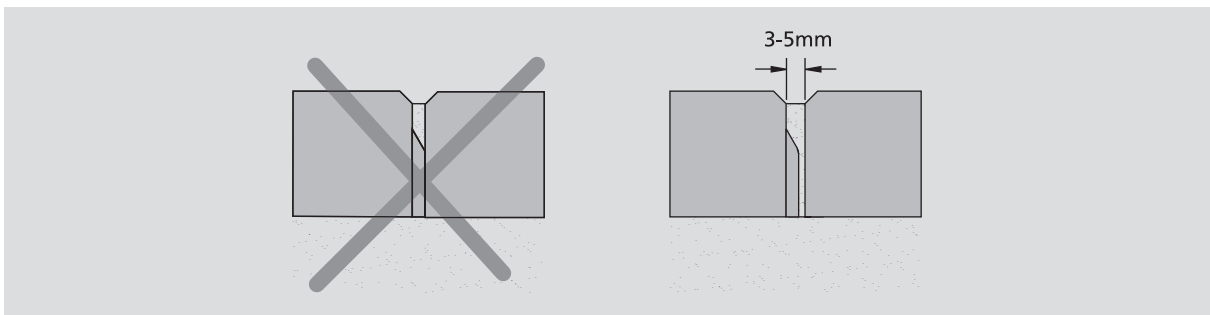
The required distance between the spacer and the neighbouring stone must be absolutely complied with in flexible constructions.

This must be especially observed in the case of automated laying and is also possible if the modern laying machines are used correctly.

When concrete paving stones, without spacers are pressed tightly together, this can lead to spalling, stone displacements and other subsequent damage.

Spacers are therefore basically intended to regulate joint sizes and the correct bonding. They also ensure sufficient distance between the stones so that, even in the case of stone displacements, spalling is avoided. Special spacers can also be formed which increase resistance to displacement.

Fig. : Laying with and without spaces between stones



### 9.6. ABSTANDSHALTER

Abstandshalter sind am Pflasterstein angeformte seitliche Ausformungen unterhalb der sichtbaren Pflasterebene. Angeformte Abstandshalter geben allerdings nicht das Maß der regelgerechten Fuge vor, sondern gewährleisten eine erforderliche Mindestfugenbreite, insbesondere bei der maschinellen Verlegung.

Ein erforderlicher Abstand zwischen Abstandshalter und Nachbarstein ist bei der flexiblen Bauweise unbedingt einzuhalten.

Das ist besonders bei der maschinellen Verlegung und bei sachgerechter Verwendung moderner Verlegemaschinen auch möglich.

Werden Betonpflastersteine ohne Abstandshalter press verlegt, führt das in der Regel zu Kantenabplatzungen, Steinverschiebungen und weiteren Folgeschäden.

Abstandshalter sind also grundsätzlich zur Verlegung mit Fuge bestimmt und ermöglichen ein nachträgliches Richten des Verbandes. Sie sorgen zusätzlich auch bei nachträglichen Verschiebungen für einen ausreichenden Abstand zur Vermeidung von Kantenabplatzungen. Besondere Abstandshalter können auch zur Erhöhung des Verschiebewiderstandes ausgebildet sein.

Abb.: Verlegung mit und ohne Abstand der Steine

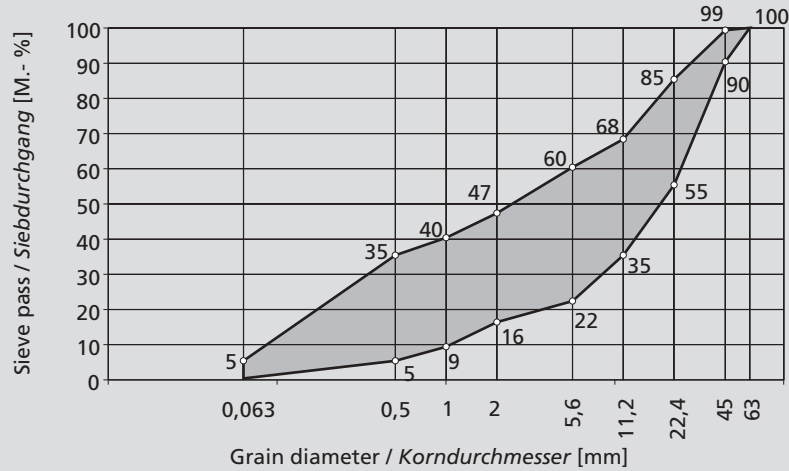
# Chapter III – Construction and Design

## 10.7. REQUIREMENTS FOR THE BASE LAYER

Fig.: Upper and lower limits of the grain composition of aggregate mixtures for pebble and gravel base layers 0/45 in accordance with ZTV SoB-StB

## 10.7. ANFORDERUNGEN AN DIE TRAGSCHICHT

Bild: Ober- und Untergrenze der Kornzusammensetzung von Gesteinskörnungsgemischen für Kies- und Schottertrag-schichten 0/45 mm nach ZTV SoB-StB



For thoroughfares / road pavements in building classes III and IV, the lower grain size distribution zone should be aimed for as far as possible.

Bei Verkehrsflächen der Bauklassen III und IV sollte nach Möglichkeit der untere Korngrößenverteilungsbereich angestrebt werden.

Table: Load bearing capacity requirements for base layers in Germany

Tabelle: Tragfähigkeitsanforderungen an Tragschichten in Deutschland

Building class <i>Bauklasse</i>	Relative density <i>Lagerungsdichte</i>	Required load bearing capacity under the pavement <i>erforderliche Tragfähigkeit unter Pflasterdecke</i>	Ratio $E_{V2}/E_{V1}$ <i>Verhältniswert <math>E_{V2} / E_{V1}</math></i>	Applicable regulation(s) <i>Nach Regelwerk</i>
III	103%	150 MN/m <sup>2</sup>	min. 1,8* max 2,2	RStO
		180 MN / m <sup>2</sup>		ZTV SoB-StB and ZTV Pflaster-StB with special agreement
IV	103%	150 MN/m <sup>2</sup>	min. 1,8* max 2,2	RStO
		180 MN / m <sup>2</sup>		ZTV SoB-StB and ZTV Pflaster-StB with special agreement
V	103%	120 MN/m <sup>2</sup>	min. 1,8* max 2,2	RStO
VI	100%	120 MN/m <sup>2</sup>	min. 1,8* max 2,5	RStO
Cycle and footpaths <i>Rad- und Gehwege</i>	100%	80 MN/m <sup>2</sup>	min. 1,8* max 2,5	RStO, ZTV SoB-StB

\*) Recommended for reasons of adequate water permeability

\*) Aus Gründen einer ausreichenden Wasserdurchlässigkeit empfohlen

### 13. The common types of damage

Damage may occur in various forms and have various causes. The damage is often attributed to the concrete paving stone, however, this assumption is very seldom correct. Usually the real causes are errors in planning, preparation and laying, and the use of unsuitable materials.

A summary of the usual types of damage and their common causes are illustrated in the following:

#### Depressions in the surface, formation of ruts



Common causes:

- insufficient load bearing capacity of the superstructure (inadequate compaction, incorrect materials),
- no filter stability between the layers,
- the actual load is greater than the planned load,
- the bedding layer is too thick,
- loosening of the layers due to frost heaving.

### 13. Die üblichen Schadensfälle

Schadensfälle können in unterschiedlichen Formen auftreten und unterschiedliche Ursachen haben. Häufig wird der Schaden dem Betonpflasterstein zugewiesen. Jedoch trifft diese Annahme in den seltensten Fällen zu. In der Regel liegen Planungsfehler, Einbaufehler oder die Verwendung ungeeigneter Baustoffe vor.

Eine Zusammenstellung üblicher Schadensbilder und deren häufige Ursachen sind im Folgenden abgebildet:

#### Einsenkungen in der Fläche, Spurrinnenbildung

Fig.: Depressions in the surface, formation of ruts

Abb.: Einsenkungen in der Fläche, Spurrinnenbildung

Häufige Ursachen:

- nicht ausreichend tragfähiger Oberbau (unzureichende Verdichtung, falsche Materialien),
- fehlende Filterstabilität zwischen den Schichten,
- geplante Belastung entspricht nicht der tatsächlichen Belastung,
- Schichtdicke der Bettung zu groß,
- Auflockerung der Schichten durch Frosthebung.

## Chapter IV – The SF-Kooperation


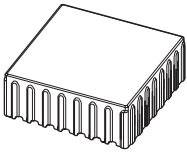
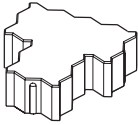
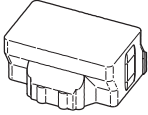
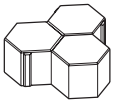
## IV. Kapitel – Die SF-Kooperation

### 14. Products

### 14. Produkte

#### 14.1. SHAPED AND INTERLOCKING STONES

#### 14.1. FORM- UND VERBUNDSTEINE

 <p>SF fully interlocking stone SF-Vollverbundstein</p>	<p>The legendary S-shaped stone: The pavement stone with the interlocking effect that has proven itself for decades. One of the most successful pavement stones worldwide.</p> <p><i>Der legendäre S-Form-Stein: Der Pflasterstein mit der seit Jahrzehnten bewährten Verbundwirkung. Weltweit einer der erfolgreichsten Betonpflastersteine.</i></p>
 <p>VS 5</p>	<p>VS 5 – the next generation of interlocking and decorative paving stones in square and rectangular shapes, with shift resistant spacer bars on all four sides of the stone and a profiled underside. For areas where both design and high load bearing capability are required. Can be combined with VS 5-ECO and VS 5-Drain stones for permeable pavements under heavy traffic.</p> <p><i>VS 5 - Das zukunftsweisende Verbund- und Gestaltungspflaster aus Quadrat- und Rechtecksteinen mit Verschiebesicherungen an den Steinseitenflächen über Abstandhalter mit Verzahnung und einer profilierten Steinunterseite. Für Bereiche in denen Gestaltung und extreme Belastbarkeit gefordert ist. Kombinierbar mit VS 5-ECO und VS 5-Drain für Bereiche mit versickerungsfähigen Verkehrsflächen.</i></p>
 <p>Matoro-T</p>	<p>Matoro-T blocks mesh together to give strong interlock and high stability in all directions. Because of the unique shape, no continuous joints can be formed thus increasing the stability of the pavement. Can be combined with the Matoro-Drain for use in thoroughfares / road pavements with high load capacity and permeability.</p> <p><i>Matoro-T - für hohe Verbundwirkungen mit stabiler Verankerung in alle Richtungen durch ein gegenseitiges Ineinandergreifen der Steine. Durch die Formgebung entstehen keine durchgehenden Fugen, was die Stabilität um ein weiteres erhöht. Kombinierbar mit Matoro-Drän für hoch belastbare versickerungsfähige Verkehrsflächen.</i></p>
 <p>Tegula-Tec</p>	<p>Horizontal and vertical interlock below the surface, for high load applications, combined with the nostalgic, rectangular appearance of Tegula. A complete system with many supplementary stones for special applications such as roundabouts.</p> <p><i>Die Kombination aus horizontaler und vertikaler Verbundwirkung und der bekannten nostalgischen rechteckigen Tegula-Oberseite für hoch belastete Flächen - eben Tegula-Tec. Ein Steinsystem mit vielen Ergänzungssteinen für variable Verlegearten.</i></p>
 <p>Six</p>	<p>The classic "hexagon" for optically appealing paving stone surfaces with clear lines and interlocking effect.</p> <p><i>Das klassische „Sechseck“ für optisch ansprechende Pflasterflächen mit klarer Linieneinführung und Verbundwirkung.</i></p>

