



Die Steuerung von Modulardehnfugen

Wasserdichte Modulardehnfugen bestehen aus mehreren, in Fugenlängsrichtung angeordneten Stahlträgern und dazwischengeschalteten Dichtelementen zur Abdichtung der Einzelspalte. Durch Steuerungselemente wird eine gleichmäßige Aufteilung der Bauwerksbewegung auf die Einzelspalte erreicht und eine Übertragung der horizontalen Verkehrslasten in die Fugenränder ermöglicht. Die in der Regel herstellerspezifischen Produkte unterscheiden sich im wesentlichen durch die Funktionsweise dieser Steuerungen. Die folgenden Beurteilungskriterien begründen die Vorzüge von MAURER Dehnfugen. Es wird aufgezeigt, daß es für große und unregelmäßige Bewegungen (z. B. aus Erdbeben) zur MAURER Schwenktraversen-Dehnfuge zur Zeit keine Alternative gibt.



Bild 1: Schwenktraversen-Dehnfugen für komplexe Bauwerksbewegungen



Die Steuerung von Modulardehnfugen

1. ALLGEMEINES

Abhängig von der Trag- und Steuerungkonstruktion unterscheidet man grundsätzlich folgende Bauarten, wobei die gebräuchlichen, jedoch nicht exakten Begriffe "starr" und "elastisch" ein relatives Maß für die Bauteilverformungen darstellen:

- Vertikale Lagerung der Mittelträger und/oder der Tragkonstruktion (Traverse):
 - (s..) starr
 - (e..) elastisch
- Horizontale Lagerung der Mittelträger auf der Tragkonstruktion (Traverse):
 - (.s.) starr
 - (.g.) gleitend und drehelastisch
- Steuerung:
 - (..s) starr
 - (..he) hintereinandergeschaltet elastisch
 - (..pe) parallelgeschaltet elastisch

Bild 2 zeigt mögliche Kombinationen der Funktionen anhand von Ausführungsbeispielen.

Weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Art der Anordnung von Lagerungs- und Steuerungselementen, diese können am Mittelträger voneinander örtlich und funktional getrennt angebracht werden. Für die weiteren Ausführungen ist dies jedoch von sekundärer Bedeutung.

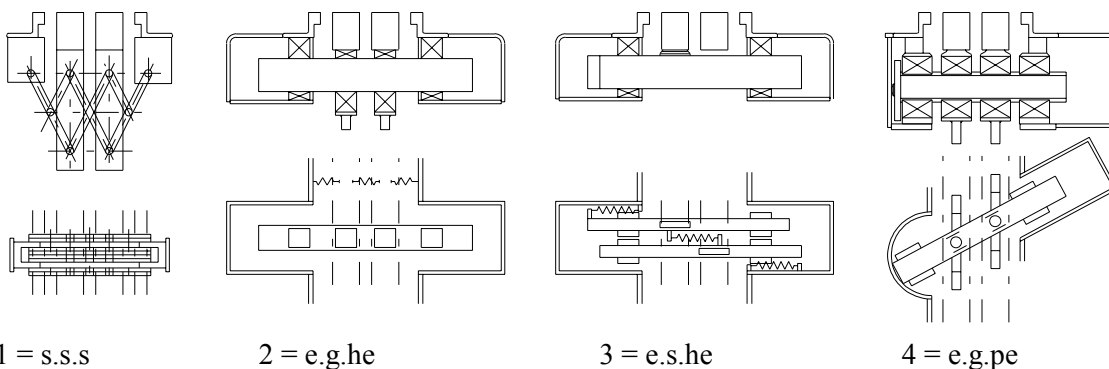


Bild 2: Funktionsprinzipien

(1 = Scherenkonstruktion, 2 = "Gleitlamelle",

3 = MAURER Trägerrost-Dehnfuge, 4 = MAURER Schwenktraversen-Dehnfuge)



Nr. 21
VBL
07/97
3 / 15

Die Steuerung von Modulardehnfugen

2. STEUERUNG

Starre Steuerungen garantieren zwar eine exakte Aufteilung der Bewegung auf die Einzelspalte und weisen ein klar definiertes Tragssystem auf, sind jedoch anfällig auf Zwängungen aus Bautoleranzen, Temperaturunterschieden zwischen den Bauteilen und Abweichungen von der planmäßigen Bewegungsrichtung. Die weder spielfreie noch elastisch, vorgespannte Lagerung führt zu starker Lärmentwicklung und hohem Verschleiß. Aus diesem Grund werden moderne Modulardehnfugen ausschließlich elastisch gesteuert. In der Regel werden Kunststoffedern eingesetzt, die durch Stauchung oder Schubverformung rückstellend wirken. Die einzelnen Mittelträger sind über diese Federkörper miteinander verbunden. Es ergeben sich mehrere nebeneinander angeordnete Ketten hintereinander geschalteter Federn. Die Steifigkeit der horizontalen Lagerung ist von der Anzahl der Mittelträger abhängig. Eine Ausnahme bildet das System Schwenktraverse, bei welchem die Steuerung über geführte, schubelastische Drehgelenke erfolgt. Diese Konstruktion weist die Vorteile einer exakten Gestängesteuerung auf, kann jedoch durch die Schubelastizität Fertigungstoleranzen und Zwängungen kompensieren. Da jeder Mittelträger von den anderen unabhängig gesteuert wird, ist die Steifigkeit der horizontalen Mittelträgerlagerung unabhängig von der Anzahl der Dichtelemente. Es handelt sich somit um eine Steuerung mit parallelgeschalteten Federn.

2.1 Typ 2 = e.g.he mit Steuerung durch hintereinandergeschaltete Federn

In der Regel wird für jede vertikale Stützkonstruktion (Traverse) eine Federkette vorgesehen. Die Steifigkeit der Einzelfeder ist abhängig von der Belastungsgeschwindigkeit und kann linear oder nicht linear sein. Abhängig von der Bauweise sind die Federn in geschlossener, mittlerer oder maximal geöffneter Stellung spannungslos. Da die Mittelträger und/oder die Traversen gleitend und vorgespannt gelagert sind, muß der Gleitwiderstand R überwunden werden, um die Mittelträger bewegen zu können. Dieser Gleitwiderstand führt zu einer gewissen Fehlsteuerung, die zum Teil durch dynamische Erschütterungen unter Verkehr ausgeglichen wird, jedoch nicht gänzlich zu vermeiden ist. Bei einer Hintereinanderschaltung der Federn wird das System mit Zunahme der Anzahl von Mittelträgern weicher und die Fehlsteuerung größer. Der folgende analytische Zusammenhang kann bei Annahme einer konstanten Federsteifigkeit diesen Systemen allgemein gültig zugrundegelegt werden. Bei einer Ausgangsspaltweite s_0 und einer Relativbewegung w rechtwinklig zu den Fugenrändern ergibt sich die Einzelspaltweite s_i . Ab einer gewissen Anzahl von Mittelträgern werden die widerlagerseitigen Einzelspalte erst dann bewegt, wenn entweder die maximal zulässigen Einzelspalte an der Überbauseite überschritten oder die zur Verhinderung von Spaltweitenüberschreitungen eingesetzten Anschläge aktiviert werden.

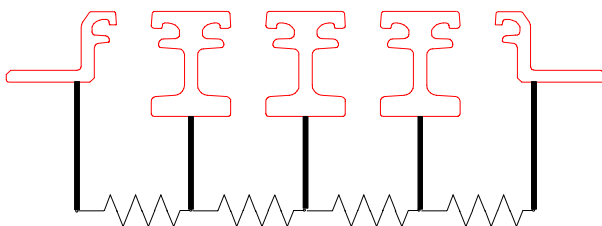


Bild 3: Hintereinanderschaltung von Federn

Die nächste Abbildung zeigt die Kräfte, die im System herrschen, wenn sich der Überbau bewegt.



Die Steuerung von Modulardehnfugen

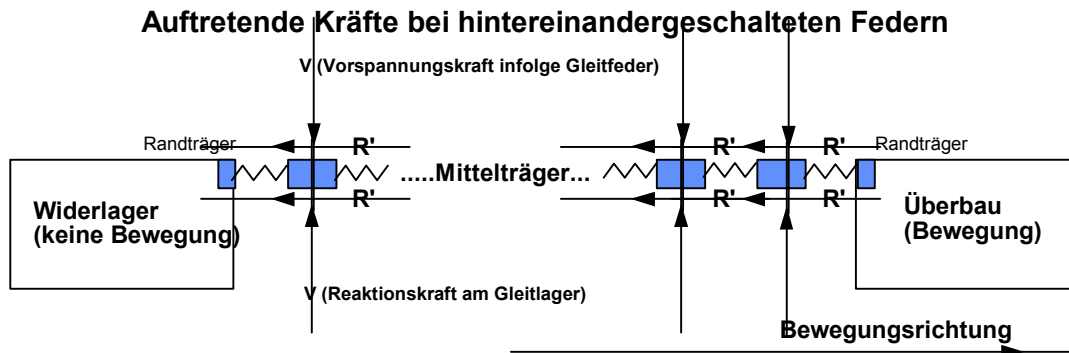


Bild 4: Auftretende Kräfte bei sich bewegendem Überbau

Wenn sich der Überbau bewegt, tragen die Steuerfedern zwischen den Mittelträgern dafür Sorge, daß sich eine Gesamtverschiebung gleichmäßig auf die einzelnen Fugenspalte aufteilt.

Aufgrund der Vorspannung werden an jedem Mittelträger (bzw. an jeder Traverse) Reibungskräfte R' hervorgerufen.

Betrachten wir das erste Modul (d.h. den ersten Mittelträger) vom Überbau aus gesehen, läßt sich die Situation wie folgt darstellen:

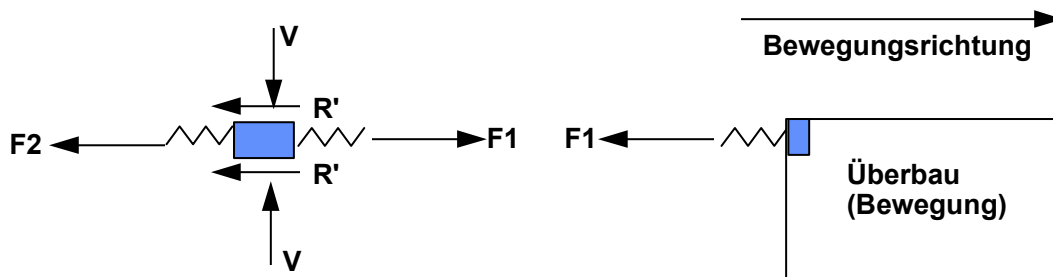


Bild 5: Situation beim ersten Mittelträger, vom Überbau aus gesehen

Mit

$R' = \mu \times V$, und bei 2 Gleitflächen je Mittelträger gilt für die gesamte Reibung

$$R = 2 \times R'$$



Nr. 21
VBL
07/97
5 / 15

Die Steuerung von Modulardehnfugen

Aus Gleichgewichtsgründen muß gelten

$F_2 = F_1 - R$, und für den nächsten Mittelträger entsprechend

$F_3 = F_2 - R$, oder, für den i -ten Mittelträger analog

$F_i = F_{i-1} - R$, und, mit allen R_i gleich groß,

$F_n = F_1 - (n-1) \times R$, wobei n die Anzahl der Fugenspalte bezeichnet, die an der Gesamtbewegung beteiligt sind.

Bewegungen je Fugenspalt

Die gesamte Bewegung des Überbaus sei w , und die Anzahl an Fugenspalten, die an der Bewegung teilhaben, sei n . Die gesamte Bewegung eines einzelnen Fugenspaltes ergibt sich durch Überlagerung von 2 Komponenten:

1. Eine gleichförmige theoretische Bewegung per Fugenspalt mit dem Betrag w/n
2. Eine Fehlsteuerungskomponente infolge Reibung. In jedem einzelnen Fugenspalt ergibt sich die Fehlsteuerungskomponente s als Funktion aus der verbleibenden Federkraft und der vorhandenen Reibung.

Um die gesamte Bewegung pro Spalt berechnen zu können, die aus diesen 2 Komponenten "theoretische Bewegung" und "Fehlsteuerung" zusammengesetzt ist, müssen die folgenden Ansätze gemacht werden:

Spaltweitendifferenz von 2 benachbarten Modulen: $\Delta s = R/c$

Für alle Fugenspalte, die sich bewegen, gilt die folgende Bedingung

$$\sum_{i=1}^n s_i = w$$

R steht für die Reibung, c für die Federkonstante, und n bezeichnet die Anzahl an Fugenspalten, die sich bewegen. Wichtig ist hierbei, daß n nicht die Anzahl an Fugenspalten bezeichnet, die ein Fahrbahnübergang aufweist, sondern lediglich diejenige Anzahl an Fugenspalten, die infolge der Gesamtverschiebung w des Überbaus verschoben werden. Mit anderen Worten, Teile des Fahrbahnüberganges erfahren infolge Fehlsteuerung *keine* Verschiebung.

Die Anzahl von Fugenspalten, die sich infolge einer Gesamtverschiebung w bewegen, müssen der folgenden Bedingung genügen:

$w = 0,5 \times n \times (n-1) R/c$, und nach n aufgelöst ergibt sich:

$$n = 0,5 + 0,5 \times \sqrt{(F + 8 \times w \times c) / F}$$

Dies bedeutet, nur wenn w eine bestimmte Mindestverschiebung überschreitet, wird sich der n -te Fugenspalt bewegen.



Die Steuerung von Modulardehnfugen

- s_0 ... Ausgangsspaltweite
- w ... Relativbewegung
- n ... Anzahl der Dichtprofile
- s_{th} ... theoretische Spaltweite
- i ... betrachteter Einzelspalt
- s_i ... Einzelspaltweite
- Δs_i ... Fehlsteuerung
- c ... Federkonstante (Annahme linear)
- μ ... Reibungskoeffizient
- m ... Anzahl Gleitflächen je Mittelträger
- V ... Vorspannung in den Gleitflächen
- R ... Gleitwiderstand je Mittelträger

$$s_{th} = s_0 + \frac{w}{n}$$

$$R = m \times \mu \times V$$

$$\Delta s_i = \frac{n+1-2 \times i}{2} \times \frac{R}{c}$$

$$s_i = s_{th} + \Delta s_i \quad \text{für} \quad w \geq (n-1) \times \frac{n}{2} \times \frac{R}{c}$$



Bild 6: Fehlsteuerung

- 1 = Ausgangsstellung
- 2 = Relativbewegung der Fugenränder
- 3 = Fehlsteuerung ohne Anschläge
- 4 = Fehlsteuerung mit Anschlägen

Beispiel 1:

Einige Wettbewerbskonstruktionen werden über Schubfedern gesteuert. Diese Federn sind in Mittelstellung spannungslos und werden beim Öffnen und Schließen der Dehnfuge verzerrt. Die Federsteifigkeit ist abhängig vom Schubmodul des Elastomers sowie dessen Abmessungen. Letztere sind ähnlich wie die Mittelträger durch die geometrischen Vorgaben begrenzt, d. h. die Steifigkeit kann nicht uneingeschränkt vergrößert werden. In Anlehnung an die für Brückenlager geltenden Ansätze gilt folgende Bedingung, die Zahlenwerte entsprechen Ausführungsbeispielen bzw. dienen der Vergleichbarkeit. Die Ausgangsspaltweite s_0 wird mit 40 mm angenommen:

$$n = 8$$

$$c = \frac{G \times A}{h} \approx 250 \text{ kN / m} \quad \text{wobei} \quad \tan \gamma \leq 0,7$$

$$V = 20 \text{ kN}$$

$$m = 2$$

$$\mu = 10 \%$$



Nr. 21
VBL
07/97
7 / 15

Die Steuerung von Modulardehnfugen

Bild 7 zeigt die Veränderung der Einzelspaltweiten in Abhängigkeit von der Gesamtbewegung w .

Beispiel 1: 8 Profile, $c=250$ kN/m (linear), $V=20$ kN, $\mu = 10\%$

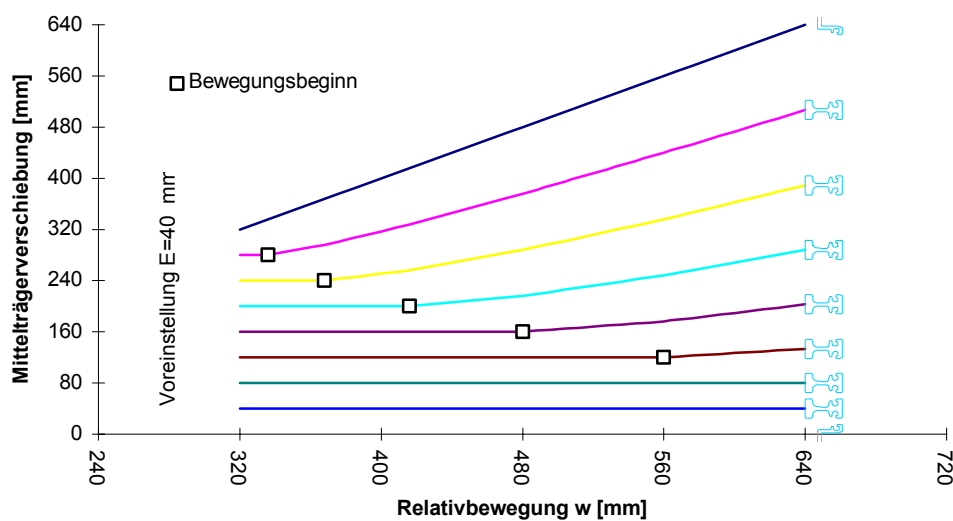


Bild 7: Fehlsteuerung von Gleitlamellen

Erklärung:

Beträgt die relative Bewegung 320mm (d.h., die Einzelspaltweite nimmt von 40 auf 80mm zu), und die Gesamtbewegung beträgt dann 640mm, öffnet sich der erste Fugenspalt auf 133mm, was einer Fehlsteuerung von 53mm entspricht. Der 7. und der 8. Fugenspalt werden nicht bewegt und bleiben unverändert in ihrer ursprünglichen Stellung.

Sollte die Relativbewegung nur 80mm betragen (Gesamtöffnung nimmt von 320mm auf 400mm zu), werden nur die ersten beiden Mittelträger bewegt. Damit sind drei Dichtprofile (bzw. Fugenspalte) an dieser Bewegung beteiligt, und somit gilt $n = 3$.

Die anderen Spalte verbleiben in ihrer Ausgangslage.

Die kleinen Rechtecke bezeichnen die erforderliche Gesamtbewegung des Fahrbahnübergangs, die erforderlich ist, um bei einem Mittelträger eine Verschiebung hervorzurufen.



Die Steuerung von Modulardehnfugen

Beispiel 2:

Durch spezielle Vorrichtungen kann die maximale Spaltweite auf 80 mm begrenzt werden. Bei denselben Annahmen wie für Beispiel 1 werden zwar die Spaltweiten besser ausgeglichen, jedoch bereits bei ca. 49 mm werden die ersten Anschläge aktiviert und unterliegen somit hohen Ermüdungsbeanspruchungen, siehe hierzu die folgende Darstellung:

Beispiel 2: 8 Profile, $c=250$ kN/m (linear), $V=20$ kN, $\mu = 10\%$

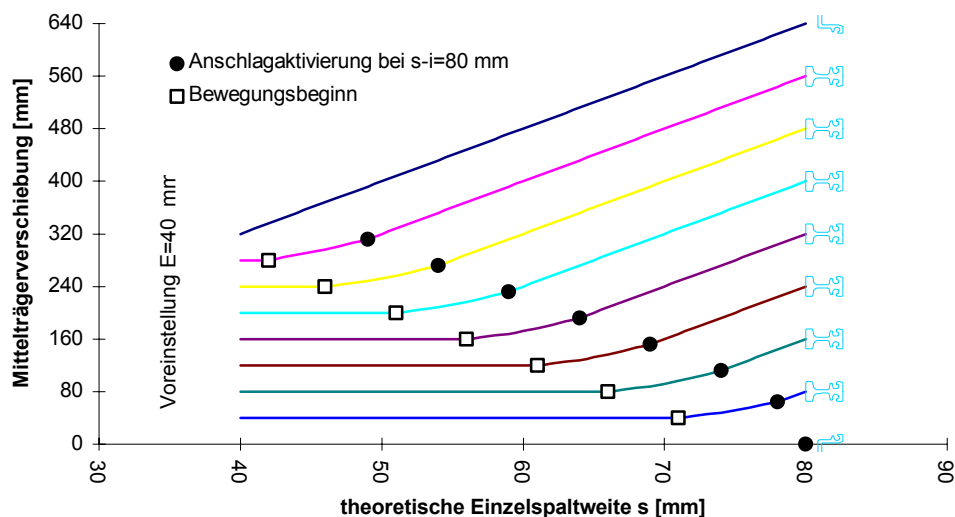


Bild 8: Fehlsteuerung von Gleitlamellen mit Anschlägen

Erklärung:

Eine theoretische Spaltöffnung von 49 mm bedeutet, daß jedes der 8 Dichtprofile dieselbe Spaltöffnung von 49 mm aufweisen müßte. Die gesamte Bewegung des Überbaus wäre in diesem Fall $8 \times (49 - 40) = 72$ mm. Dies entspricht damit dem Idealfall, daß der Steuerungsmechanismus zu 100% funktioniert, indem er die besagten 72 mm Überbaubewegung gleichförmig über die 8 Spalte des Fahrbahnüberganges verteilt.

In Wirklichkeit bewegt sich infolge der 72 mm Bewegung des Überbaus das erste Dichtprofil nicht nur um theoretisch 9 mm, sondern nutzt den gesamten verbleibenden Spielraum von 40 mm aus und aktiviert dann die Anschläge.

Wenn sich eine Modularfuge bewegt, können wir bei den Spaltöffnungen 3 Zustände beobachten:

- Spaltöffnungen, die sich bewegen
- Spaltöffnungen, die die Anschläge erreicht haben und nicht mehr weiter aufgehen können
- Spaltöffnungen, die gewissermaßen darauf "warten", sich zu bewegen



Nr. 21
VBL
07/97
9 / 15

Die Steuerung von Modulardehnfugen

Im Verlauf der gesamten Bewegung, die ein Fahrbahnübergang aufnehmen kann, verweilt jeder Spalt nacheinander in einem der 3 Zustände. In welchem Zustand sich ein Spalt befindet, hängt von der Lage des Spaltes innerhalb des Fahrbahnüberganges ab sowie von der Bewegungsgröße des Überbaus. Immer nur wenige der insgesamt 8 Fugenspalte werden sich zu einem Zeitpunkt bewegen, mit den restlichen Spalten entweder an den Anschlägen angelangt (d.h. Bewegungsreserven aufgebraucht) oder aber noch nicht zur Bewegung veranlaßt. Dieses Phänomen kaskadiert von den ersten paar Fugenspalten auf der sich bewegenden Seite des Fahrbahnüberganges weiter zu den letzten paar Fugenspalten auf der Seite des Widerlagers.

Es wird daher offensichtlich, daß das Verhalten von Gleitlamellenfugen vom Idealzustand einer gleichförmigen Spaltöffnung weit entfernt ist.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß die zulässige Anzahl von Dichtprofilen bei Einsatz von Gleitlamellenkonstruktionen auf ca. 5 beschränkt werden muß und daß eventuelle Anschläge auf Ermüdung bemessen werden müssen. Letztere tragen auch zu einer entsprechenden Lärmentwicklung bei.

2.2 Typ 3 = e.s.he mit Steuerung durch hintereinandergeschaltete Federn

MAURER Trägerrost-Dehnfugen werden mittels hintereinandergeschalteter Federn gesteuert. Die Federn sind in geschlossener Stellung spannungslos und werden mit zunehmender Öffnung gestaucht. Die Federkennlinie ist überlinear, d. h. die Steifigkeit nimmt mit der Spaltweite zu. Vereinfachend wird die Federsteifigkeit linearisiert. Für langsame, öffnende Bewegung ab Mittelstellung ergibt sich ein Wert von 400 kN/m.

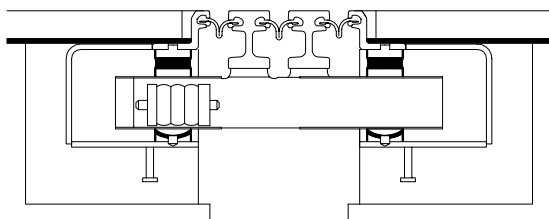


Bild 9: Querschnitt Trägerrostfuge

Als besonders vorteilhaft erweist sich die starre Verbindung der Traverse mit dem Mittelträger und die Verwendung von einer Traverse je Mittelträger. Bei Annahme von gleichen Reibbeiwerten am linken und rechten Dehnfugenrand heben sich die Reibkräfte auf und es entsteht somit keine Fehlsteuerung unabhängig von Vorspannung, Federsteifigkeit und Reibung. Auf der sicheren Seite liegend wird angenommen, daß an der festen Seite die Haftreibung $\mu_1 = 10\%$ und an der beweglichen Seite die Gleitreibung $\mu_2 \approx 2\%$ wirkt. Daraus folgt:

$$\Delta\mu = \mu_1 - \mu_2 = 8\%$$

Ein weiterer Vorteil liegt in der Verwendung von 2 Gleitfedern je Mittelträger. Wie bereits festgestellt, kann dadurch eine niedrigere Vorspannkraft von $V = 12\text{ kN}$ und eine dadurch niedrigere Reibkraft in Ansatz gebracht werden.



Die Steuerung von Modulardehnfugen

Bild 10 zeigt, daß sämtliche Bauteile relativ bald an der Bewegung beteiligt werden. Der maximale Spalt ohne Anschläge beträgt 97 mm, die Differenz jeweils 4,8 mm. Die stets vorhandenen Anschläge werden am

1. Spalt erst bei einer theoretischen Einzelspaltweite von 65 mm aktiviert.

Beispiel 3: 8 Profile, $c=400$ kN/m (linear), $V=12$ kN, $d\mu = 8\%$

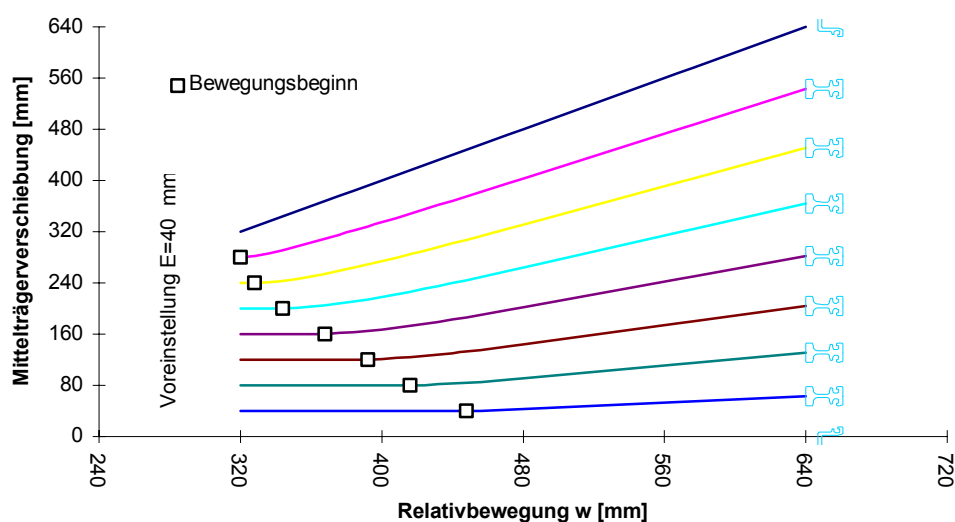


Bild 10: Fehlsteuerung bei MAURER Trägerrost-Dehnfugen

Die Untersuchung zeigt, daß MAURER Trägerrost-Dehnfugen bis zu einer Anzahl von 8 Profilen uneingeschränkt einsetzbar sind.

2.3 Typ 4 = e.g.pe mit Steuerung durch parallelgeschaltete Federn

Die MAURER Schwenktraversen-Dehnfuge ist das einzige System mit elastischer Parallelsteuerung der Mittelträger.

Durch die besondere Art der Traversenanordnung sowie der Verbindung von Traverse und Mittelträger lassen sich die lastabtragende und die steuernde Funktion ohne eigenen Steuermechanismus in einfacher Weise erfüllen.



Nr. 21
VBL
07/97
11 / 15

Die Steuerung von Modulardehnfugen

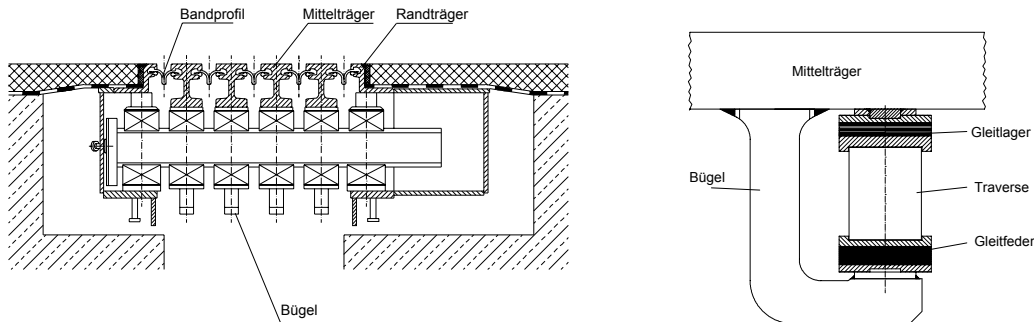


Bild 11: MAURER Schwenktraversen-Dehnfugen

Die Mittelträger werden auf den Traversen über Schubdreh-Gleitlager und -federn mit seitlichen Führungsleisten in Traversenrichtung verschiebbar gelagert. Die Lagerungselemente sind am Mittelträger bzw. am Auflagerbügel um die Hochachse verdrehbar befestigt. Dadurch sind deren Abstände fixiert.

Aufgrund der Überbaubewegung werden die Traversen durch die schwenkbaren Führungslager geschoben und verdrehen sich dabei. Die Schwenkbewegung bewirkt infolge der festen Drehpunktabstände eine nahezu gleichmäßige Aufteilung der Bewegungen auf die einzelnen Dehnungspalte.

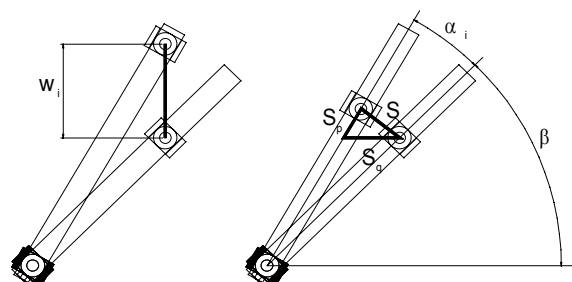
Die Steuerung der Schwenktraversenkonstruktion weist die Vorteile einer exakten Gestängesteuerung auf. Im Gegensatz zur Gestängesteuerung kann sie jedoch durch ihre schubelastischen Drehgelenke auch Fertigungstoleranzen und unterschiedliche Temperaturendehnungen der Mittel- und Randträger kompensieren.

Die Schubnachgiebigkeit der Lagerungselemente bewirkt eine gewisse Fehlsteuerung der Einzelspalte. Durch den Einsatz von schubsteifen Lagern an den Fugenrändern ist die Traverse allerdings exakt gesteuert. Die Fehlsteuerung ist deshalb unabhängig von der Profilzahl. Die folgende Erläuterung zeigt den Zusammenhang:

Befindet sich die Traverse in der Ausgangsschräglage β und schwenkt sie infolge der Bauwerksbewegung w um den Zusatzwinkel α , so würde bei schubstarrer Lagerung das i -te Lager um den Weg w_i verschoben. Infolge Vorspannung und Reibung in den Gleitflächen muß hierzu jedoch zuerst die Reibkraft R überwunden werden. Infolge Auslenkung der Traverse um den Winkel α_i werden die Gleitlagerungselemente solange schubverzerrt, bis die Komponente S_p parallel zur Traverse die Reibkraft R erreicht, d. h. erst ab einem Winkel α_i wird der Mittelträger bewegt.

Es gilt folgender Zusammenhang:

$$S = (c_l + c_r) \times 2 \times v \times (n - i) \times \frac{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\cos(\beta)}$$





Die Steuerung von Modulardehnfugen

$$S_p = S \times \frac{\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \beta\right)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$\alpha = \alpha_i$ für $S_p = R = 2 \times \mu \times V$

wobei

S ... Querkraft aus Verzerrung der Gleitelemente

c_L ... Schubsteifigkeit des Gleitlagers

c_F ... Schubsteifigkeit der Gleitfeder

v ... Versatz der Lagerung zweier benachbarter Mittelträger in Fugenlängsrichtung

n ... Anzahl der Dichtprofile

i ... betrachtetes Auflager

α ... Schwenkwinkel der Traverse

β ... Grundstellung der Traverse

S_p ... Komponente von S parallel zur Traverse

α_i ... Winkel, für den $S_p = R$ am Auflager i gilt

R ... Gleitwiderstand je Lagerung

μ ... Reibungskoeffizient

V ... Vorspannung in den Gleitflächen

Bild 13 zeigt schematisch das Verhalten einer 4profiligen Konstruktion beim Erreichen von $S_p = R$ am 4. Auflager. Das heißt, der Spalt s_4 und die Lage des 3. Mittelträgers ist noch unverändert, während sich die Mittelträger 1 um $w-s_1$ und 2 um $w-s_1-s_2$ verschoben haben. Das Bild zeigt, daß die Spaltweiten s_2 bis s_{n-1} nahezu gleich groß sind. Die Fehlsteuerung am Spalt s_n muß entsprechend am Spalt s_1 kompensiert werden. Ergebnis ist, daß lediglich der erste und letzte Spalt Fehlsteuerungen ausgesetzt ist, unabhängig davon, ob die Konstruktion 2 oder 25 Profile aufweist.

Bild 12: Steuerung der Gleitelemente von Schwenktraversen-Dehnfugen

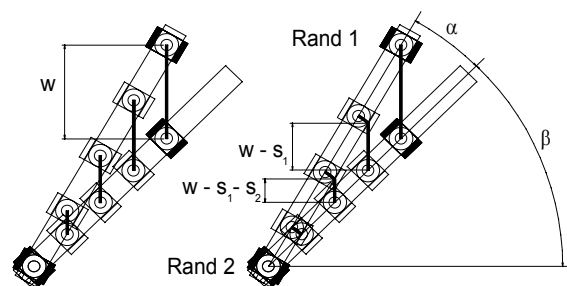


Bild 13: Steuerung einer 4profiligen Konstruktion bei schubsteifer (links) und schubweicher (rechts) Lagerung



Nr. 21
VBL
07/97
13 / 15

Die Steuerung von Modulardehnfugen

Zum Vergleich mit den anderen Systemen wird auch hier mit Hilfe tatsächlicher Werte das Fehlsteuerungsverhalten untersucht.

- n = 8
- c_L = 1000 kN/m
- c_F = 500 kN/m
- V = 20 kN
- μ = 10 %
- s_0 = 40 mm
- v = 90 mm

Beispiel 4: 8 Profile, $c=1500$ kN/m (parallel), $V=20$ kN, $\mu = 10\%$

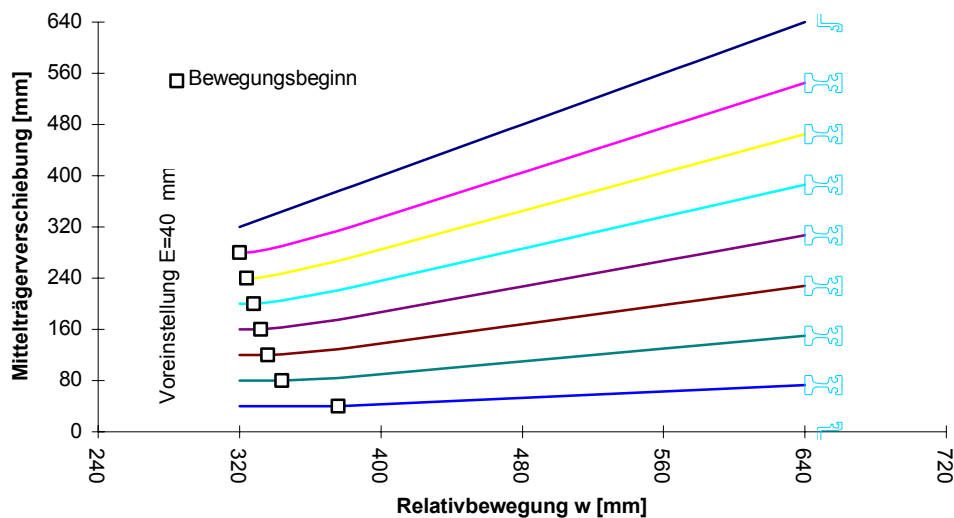


Bild 14: Fehlsteuerung bei MAURER Schwenktraversen-Dehnfugen

Bild 14 belegt das vorgenannte Verhalten. Bereits nach 4 mm theoretischer Einzelspaltbewegung sind 7 der 8 Profile aktiviert. Bei Aktivierung des 8. Profils beträgt die Fehlsteuerung am 1. Profil 11 mm, dieser Wert bleibt bis zur Gesamtöffnung nahezu konstant.



Die Steuerung von Modulardehnfugen

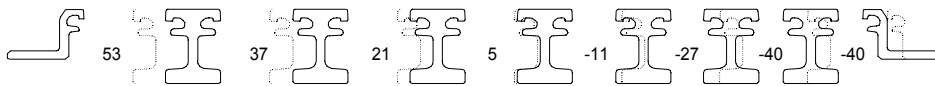
2.4 Zusammenfassung

Die wesentlichen Eigenschaften der drei beschriebenen Steuerungssysteme sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

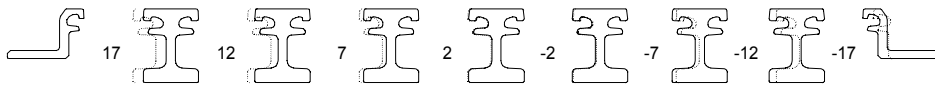
Bild 15 zeigt die unterschiedlichen Einzelspaltweiten bei maximal geöffneter Dehnfuge gemäß den Beispielen 1, 3 und 4.

Die Zahlen zwischen den Profilen geben die jeweilige Abweichung vom Sollwert wieder.

Gleitlamelle



MAURER Trägerrost Dehnfuge



MAURER Schwenktraversen Dehnfuge



Bild 15: Systemvergleich bei maximaler Öffnung



Die Steuerung von Modulardehnfugen

Gleitlamelle	Trägerrost-Dehnfuge	Schwenktraversen-Dehnfuge
<ul style="list-style-type: none"> • Hintereinanderschaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • Hintereinanderschaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • Parallelschaltung
<ul style="list-style-type: none"> • max. Profilzahl ~5 	<ul style="list-style-type: none"> • max. Profilzahl ~8 	<ul style="list-style-type: none"> • max. Profilzahl unbegrenzt
<ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsrichtung vorgegeben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsrichtung vorgegeben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsrichtung beliebig.
<ul style="list-style-type: none"> • Große Fehlsteuerung, abhängig von der Profilzahl. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mittlere Fehlsteuerung, abhängig von der Profilzahl. 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Fehlsteuerung, unabhängig von der Profilzahl.
<ul style="list-style-type: none"> • Sicherungsanschlüge notwendig. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherungsanschlüge notwendig. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherungsanschlüge nicht notwendig.
<ul style="list-style-type: none"> • Ausfall einer Feder verhindert Steuerung. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausfall einer Feder verhindert Steuerung. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausfall einer Gleitlagerung betrifft nur den jeweiligen Mittelträger.
<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Reibkraft infolge hoher Vorspannung ($V = 20 \text{ kN}$) und Aufaddierung der Gleitflächen ($\mu \sim 10 \%$). 	<ul style="list-style-type: none"> • Niedrige Reibkraft durch doppelte Lagerung ($V = 2 \times 12 \text{ kN}$) und deren Wechselwirkung ($\Delta\mu \sim 0 \div 8 \%$). 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Reibkraft infolge hoher Vorspannung ($V = 20 \text{ kN}$), jedoch Einfluß nur einer Lager-/Federpaarung.
<ul style="list-style-type: none"> • Federkette in Mittelstellung spannungslos, deshalb System schwingungsanfällig. 	<ul style="list-style-type: none"> • Federkette in geschlossener Stellung spannungslos, deshalb Stabilisierung mit zunehmender Öffnung 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Federkette. System spaltweiten- und profilzahlunabhängig stabil.
<ul style="list-style-type: none"> • Federsteifigkeit niedrig und linear. Anschlüsse werden früh aktiviert, dadurch auch größere Lärmentwicklung. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mittlere, überlineare Federsteifigkeiten. In geöffneter Stellung werden Federn sehr steif und entlasten dadurch die Anschlüsse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Federsteifigkeit groß und Systemsteifigkeit besonders für große Dehnfugen sehr hoch.
<ul style="list-style-type: none"> • Horizontallastabtragung profilzahlabhängig, System bei zu großer Profilzahl sehr weich und Mittelträger werden extrem verschoben. Last muß über die Federkette abgetragen werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Horizontallastabtragung profilzahlabhängig, System bei zu großer Profilzahl sehr weich und Mittelträger werden extrem verschoben. Last muß über die Federkette abgetragen werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Horizontallastabtragung profilzahlunabhängig. Last wird direkt vom Mittelträger über die Traverse in den Fugenrand abgetragen.
<ul style="list-style-type: none"> • Zulässiger Traversenabstand profilzahlabhängig. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zulässiger Traversenabstand profilzahlabhängig. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zulässiger Traversenabstand profilzahlunabhängig. (System STP)
<ul style="list-style-type: none"> • Kippweiche Lagerung mit erhöhter Beanspruchung der Gleitlagerung. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kippsteife Lagerung durch starre Verbindung mit geringer Beanspruchung der Gleitlagerung. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kippsteife Lagerung durch Kräftepaar in den Führungen von Lager und Federn mit mittlerer Beanspruchung der Gleitlager

Tab. 1: Eigenschaften der beschriebenen Steuerungssysteme