

Schwingungsverhalten von „Interlocked Elements“

Käferstein, B.; Sover, A.

Das Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik entwickelt unter der Leitung von Prof. Dr. rer. nat. habil. Juri Estrin sogenannte „Interlocked Elements“, makroskopische Körper mit besonderer geometrischer Gestalt. Bei geeigneter Anordnung und einer Fixierung am Rand sind sie ohne Klebstoffeinsatz in der Lage, eine steife Struktur zu bilden, z.B. eine Platte aus Tetraedern, die besondere Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit, Fehlstellentoleranz, Steifigkeit usw. hat. Das IMW kooperiert auf diesem Gebiet mit dem IWW und hat die dynamischen Eigenschaften dieser Elemente untersucht.

The Institute for Material Science and Technology headed by Prof. Dr. rer. Nat. habil. Juri Estrin develops "Interlocked Elements" which are small macroscopic bodies with a specific shape and structure. Arranged in a certain manner and fixed at the outer boundaries these elements are capable of forming stiff structures without any glue. An example is a plate made of tetrahedrons, which has a new kind of features regarding fatigue, failure resistance stiffness etc. The IMW cooperates with the IWW and investigated the dynamic behaviour of such structures.

1 Einleitung

Interlocked Elements (ILE) halten ohne weiteren Klebstoff allein aufgrund des Formschlusses untereinander zusammen! Sie bilden eine Struktur aus diskreten Einzelementen, die sehr spezielle Eigenschaften haben [1]. Um einen qualitative Aussage über das Schwingungsverhalten machen zu können, wurde aus solchen Einzelementen eine Platte zusammengesetzt, am Rand mit unterschiedlicher Vorspannung fixiert und in der

Mitte durch einen Shaker kraftgesteuert angeregt, **Bild 1** und **Bild 2**. Messungen der Übertragungsfunktionen wurden anhand von Sinus-Sweeps unterschiedlicher Kraftamplitude und einem selbst aufgebauten Laser-Scanning-Vibrometer (s. Artikel in dieser Mitteilung) mit Rauschanregung vorgenommen. Die Eigenfrequenzen mit Dämpfungswerten wurden mit einem Modalanalysepaket (SDTools) extrahiert. Dabei wurden abweichend von der üblichen Vorgehensweise alle Resonanzen getrennt (lokale Optimierung) behandelt, wodurch eine bessere Aussagekraft hinsichtlich der Dämpfung erreicht werden konnte, **Bild 3**. Zudem wurde der Einfluss verschiedener axialer Vorspannkräfte untersucht. Mit Hilfe variabel einstellbarer Klemmschlitzen mit DMS-Applikation wurden Kraft und Kippmoment überwacht, **Tab. 1**. Bei den Sweeps wurden auf der Rückseite der Platte einzelne Tetraeder an freien Flächen der Struktur festgeklebt und die lateralen Beschleunigungen gemessen.

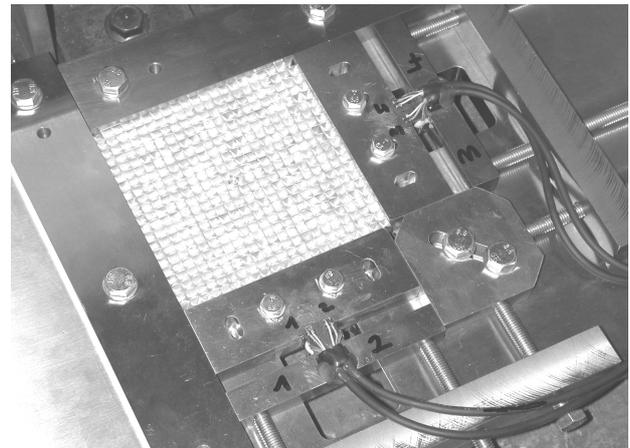


Bild 1: In der Kraft einstellbare Messeinspannung der Platte aus ca. 500

Nr.	Name	Nennkraft [kN]		Amplitude [dB]	Lokal Frequenz [Hz]			Lokal Dämpfung			Global Frequenz [Hz]			Global Dämpfung x10 ³		
		x	y		f ₁	f ₂	f ₃	d ₁	d ₂	d ₃	f ₁	f ₂	f ₃	d ₁	d ₂	d ₃
1	ILocks_1	10	10	0	1326	3796	4998	0,0218	0,014	0,064	1327	3784	5022	0,0154	0,0046	0,0045
2	ILocks_2	10	10	0	1327	-----	4923	0,0218	-----	0,125	1328	3259	4363	0,0141	0,0024	0,0008
3	ILocks_3	10	10	-9	1328	3809	5030	0,0253	0,016	0,057	1329	3802	5026	0,0191	0,0054	0,0041
4	ILocks_4	10	10	-3	1327	3801	5003	0,0246	0,015	0,066	1328	3798	5023	0,0184	0,0043	0,005
5	ILocks_5	10	10	-6	1328	3804	4999	0,025	0,016	0,07	1329	3813	5019	0,0195	0,0052	0,0057
6	ILocks_6	5	10	-6	1314	3711	4826	0,0191	0,015	0,073	1316	3717	5070	0,0157	0,007	0,0028
7	ILocks_7	5	10	0	1314	3709	4842	0,018	0,015	0,069	1316	3707	5058	0,014	0,0057	0,002
8	ILocks_8	5	5	0	1249	3436	4417	0,0234	0,024	0,075	1249	3402	4591	0,022	0,0074	0,0097
9	ILocks_9	5	5	-6	1250	3447	4404	0,0226	0,024	0,077	1250	3526	4585	0,0213	0,0084	0,0086
10	ILocks_10	1	1	-6	989	2643	3552	0,0186	0,021	0,046	990	2641	3550	0,0165	0,0082	0,0032
11	ILocks_11	1	1	0	983	2631	3513	0,0177	0,024	0,052	983	2636	5534	0,0156	0,0106	0,0048
12	Plate_1	10	10	0	1696	1682	7405	0,0956	0,12	0,028	1727	2045	7391	0,0606	0,0085	0,0051
13	Plate_1f	10	10	0	1896	7260	7287	0,0138	0,054	0,046	1896	6831	7460	0,0135	0,004	0,0106
14	Plate_2	10	10	-6	1699	2072	7425	0,0846	0,063	0,03	1722	2052	7448	0,0614	0,0074	0,0043
15	Plate_2f	10	10	-6	1900	7230	7271	0,0142	0,074	0,052	1902	6237	6842	0,0137	0,0233	0,0197
16	Plate_3	1	1	-6	1242	3192	5184	0,0166	0,019	0,036	1242	3211	5150	0,0147	0,0112	0,0034
17	Plate_3f	1	1	-6	1234	3108	5141	0,0222	0,026	0,131	1234	3119	5474	0,0203	0,0093	0,007

Tab. 1: Auswerteergebnisse (Endung „f“ = Einspannung extra fest geklemmt) für die 2 Analyseverfahren

zusammengesetzten Einzeltetraedern mit DMS



Bild 2: Aufbau: Klemmvorrichtung mit Shaker, Schubstange, Verstärkern und Kraftsensor

2 Ergebnisse

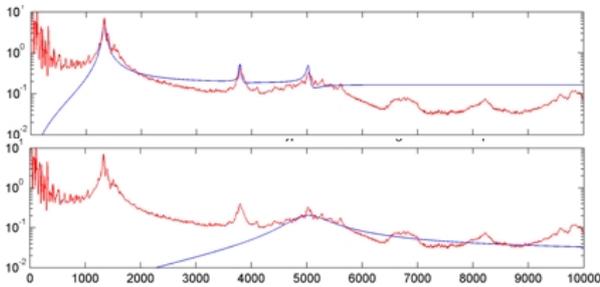


Bild 3 Globale (o.) und lokale Optimierung (u.) des Curve-Fits zeigen Abweichungen

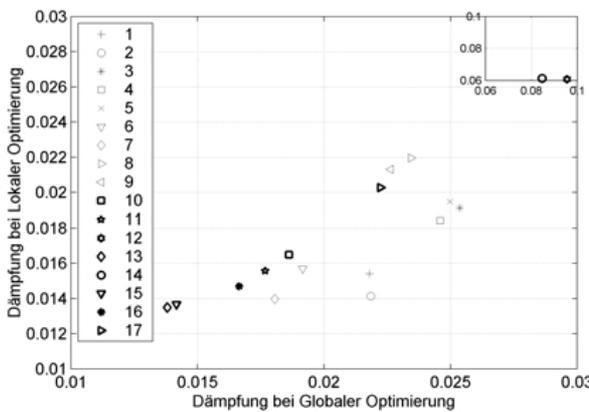


Bild 4: Dämpfungswerte für die Auswertemethoden

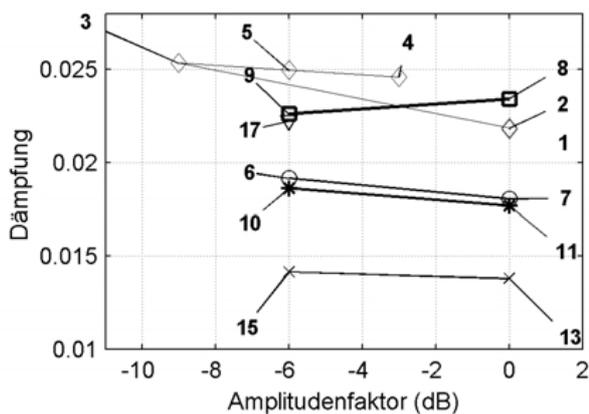


Bild 5: Dämpfung ist keine Funktion der Anregungsamplitude (Rauschanregung)

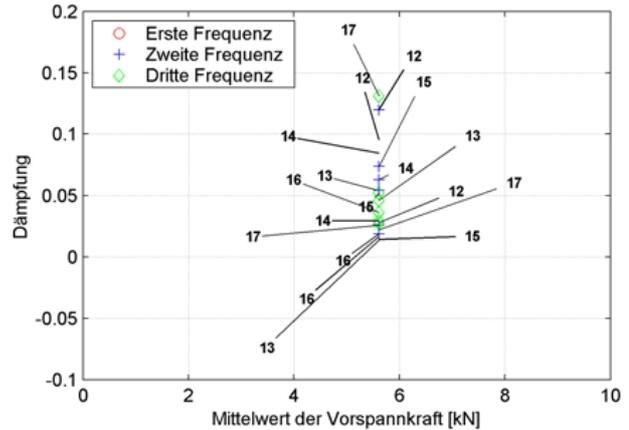


Bild 6: Dämpfung als Funktion der axialen Vorspannung für eine Vollplatte aus gleichem Werkstoff (Al) mit zu den IELs äquivalentem Masse/Fläche-Kennwert

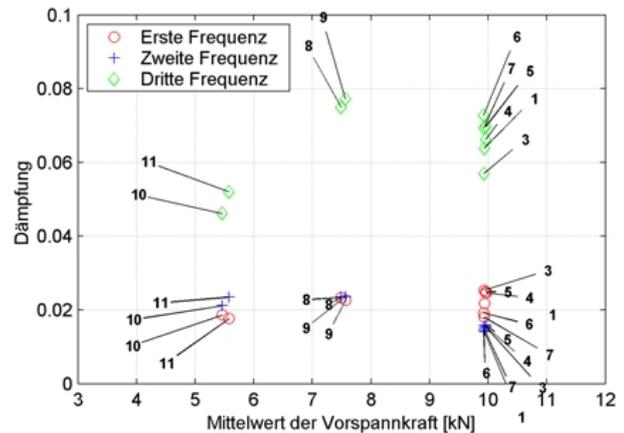


Bild 7: Dämpfung als Funktion der Vorspannung für Interlocked Elements

3 Zusammenfassung

Eine besonders hohe Dämpfung von ILE's gegenüber einer Vollplatte kann entgegen den Erwartungen nicht nachgewiesen werden. Die Dämpfung ist jedoch kaum eine Funktion der Amplitude, **Bild 5**, so dass man ein weitgehend lineares Schwingungsverhalten vermuten kann. Die 1,4-fach höhere Frequenz der Aluplatte läßt eine 1,2-fach kleinere dynamische Steifigkeit der IELs bei gleicher Masse vermuten. Dennoch ergibt sich zumindest ein kleiner Vorteil, da die mittlere Dämpfung der IELs (21.6%) zu der Platte (16.7%) ca. 1.3 x höher ist. Für weitere Untersuchungen ist zu prüfen, inwieweit die Toleranz der Tetraeder für Reibphänomene genutzt werden kann. In diesem Fall läge nicht mehr ein reiner Formschluß, sondern eine Mischform mit Reibschluss vor.

4 Literatur

/1/ Estrin, J.: Bauen ohne Mörtel. Materialarchitektur eröffnet neue Werkstoffpaarungen und -eigenschaften. TU-Contact Nr. 9, TU-Clausthal, 2001. Link:

<http://www.tu-clausthal.de/presse/tucontact/2001/Dezember/tuc1/08b.pdf>