

Entwicklung von hochgradig erschütterungsarmen Fundamenten für 11 Versuchsumgebungen in einem neugebauten Präzisionslabor

Dipl. Wirt. Ing. Uwe Steudel¹, Dr. Christian R. Ast², Dipl.-Wirt.-Ing. Ulf Motz³

Als ein **weltweit führender Anbieter** von sehr hochwertigen Schwingungsisolations-Systemen erhielt die Firma **Bilz Vibration Technology AG** aus Leonberg den Zuschlag für die Realisierung und Installation der Luftfederisolationssysteme im Neubau für das Präzisionslabor des Max-Planck-Institutes für Festkörperforschung Stuttgart.

Zweck und Zielsetzung der schwingungs isolierten Lagerung war die Entkopplung von störenden Bodenschwingungen von 11 Messfundamenten in 11 Messboxen. Die Charakterisierung immer kleiner werdender Bauteile stellt entsprechend hohe Anforderungen an die verwendeten Apparaturen. Gewisse Arbeitsschritte können nur noch in speziellen Laboren stattfinden, wo externe Störeinflüsse abgeschirmt und auf ein absolutes Minimum reduziert werden. An dieser Stelle wird beschrieben, wie solche Labore hinsichtlich Schwingungsisolierung realisiert wurden.

Beispielsweise verfügt ein Elektronenstrahlschreiber über einen nur drei Nanometer breiten Strahl, der auch bei der Computerchip-Entwicklung zum Einsatz kommt. Dieser Strahl ist so dünn wie 1/30.000 eines menschlichen Haares. Mit einem sogenannten Transmissionselektronen-Mikroskop können die Forscher beispielsweise mit atomarer Auflösung Nanostrukturen analysieren. Hierbei genügen schon unvorstellbar kleine Bodenschwingungen, und die Hightech-Geräte liefern nicht mehr die gewünschte Präzision. Die Messfundamente sollten daher auf sehr hohe Erschütterungsanforderungen hin ausgelegt werden. Es wurde angestrebt, auf den Fundamenten ein Erschütterungsniveau zu erreichen, das in der Terminologie der VC-Kurven nach IEST-RP-CC-121 um den Faktor 256 unterhalb der Linie VC-E liegt.

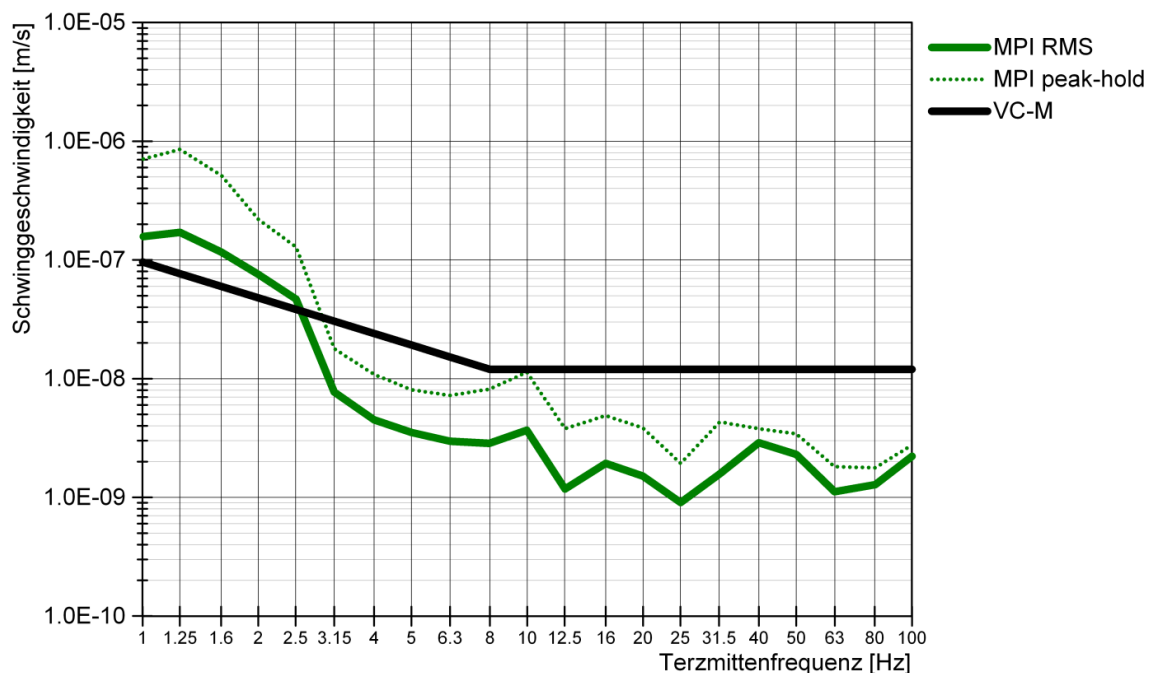


Abb. 1: Ergebnis der Schwingungsmessung auf dem mit Bilz Membran-Luftfedern isolierten Fundamentblock

Dieses Niveau entspricht einer nicht normierten Linie **VC-M** mit einem konstanten Terzspektralwert der Schwingschnelle von $0.012 \mu\text{m/s}$ im Frequenzbereich 8-100 Hz mit einer beschleunigungskonstanten Fortsetzung zwischen 8 Hz und 1 Hz (siehe Abb. 1). **Diese technische Anforderung stellte auch im Bereich der Schwingungsisolation eine Überschreitung bestehender technischer Erfahrungen dar!**

Die vertikale Lagerungsfrequenz der Fundamente (Eigenfrequenz der Starrkörperbewegungen in der Vertikalmode) sollte 1 Hz betragen. Die entsprechende horizontale Lagerungsfrequenz sollte 2 Hz nicht überschreiten. Die Dämpfungsraten sollten, bezogen auf die translatorischen vertikalen und horizontalen Eigenfrequenzen im Bereich von ca. $\zeta=0.1$ liegen und nach Möglichkeit in diesem Bereich einstellbar sein.

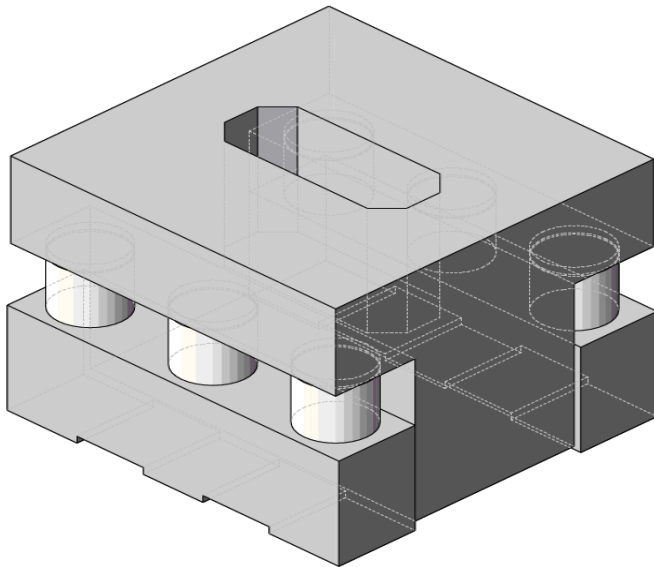


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Fundamentblocks

Eine besonders wichtige Forderung war, dass die Luftfederelemente in nicht magnetischem Material ausgeführt werden sollten. Die Massen der sechs unterschiedlichen Fundamenttypen (siehe Abb. 2) und der darauf installierten Geräte lagen zwischen ca. 110 t und 160 t. Dazu kam ein kleineres Fundament mit einer Masse von ca. 20 t.

Lageregelung der Fundamente

Die hier auf den Fundamenten vorgesehenen Experimente schlossen Messzeiten bis ca. 100 Stunden ein. Während dieser Zeit werden die fraglichen Messboxen geschlossen und ohne Zugang durch Menschen und ohne aktive Kühlung oder Belüftung betrieben. Über diese Dauer sollten die Federelemente bei abgesperrten Ventilen ohne arbeitende pneumatische Lage- regelung betrieben werden. Es sollte jedoch eine Überwachung der Höhenlage mit Anzeige und Warnfunktionen erfolgen (siehe Abb. 3). Der Einsatz von elektro-



Abb. 3: Installiertes Höhenüberwachungssystem außerhalb der Kammer

nischen oder mechanisch-pneumatischen Systemen zum Betrieb der Luftlagerung soll unter diesen Umständen nach Möglichkeit vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert werden.

Als innovativer Hersteller

konzipierte die Firma Bilz eine aus einem gegossenen Aluminiumgrundkörper bestehende Membranluftfeder des Typs BiAir® -Max und sämtliche Komponenten der pneumatischen Niveauregelung aus unmagnetischen Werkstoffen (siehe Abb. 4). Weiterhin wurden auch für die Konzipierung eines pneumatisch von außerhalb der Kammer zu bedienenden Schaltmodus der Luftfedern (Aktiv =



Abb. 4: Membran-Luftfedern BiAir® 5-ED/HE-Max unter dem Fundamentblock

Niveauregulierung AN/ Passiv = Niveauregulierung AUS), sowie einer vom Pneumatik System unabhängig arbeitenden Positionsüberwachung neue technische Wege beschritten. Die frequenzabhängigen Federeigenschaften sowie das resultierende globale Erschütterungsniveau auf den Fundamentblöcken im Betriebszustand wurden von der Müller-BBM (NL BFB Stuttgart) GmbH als unabhängiger Quelle überprüft (siehe Abb. 1).

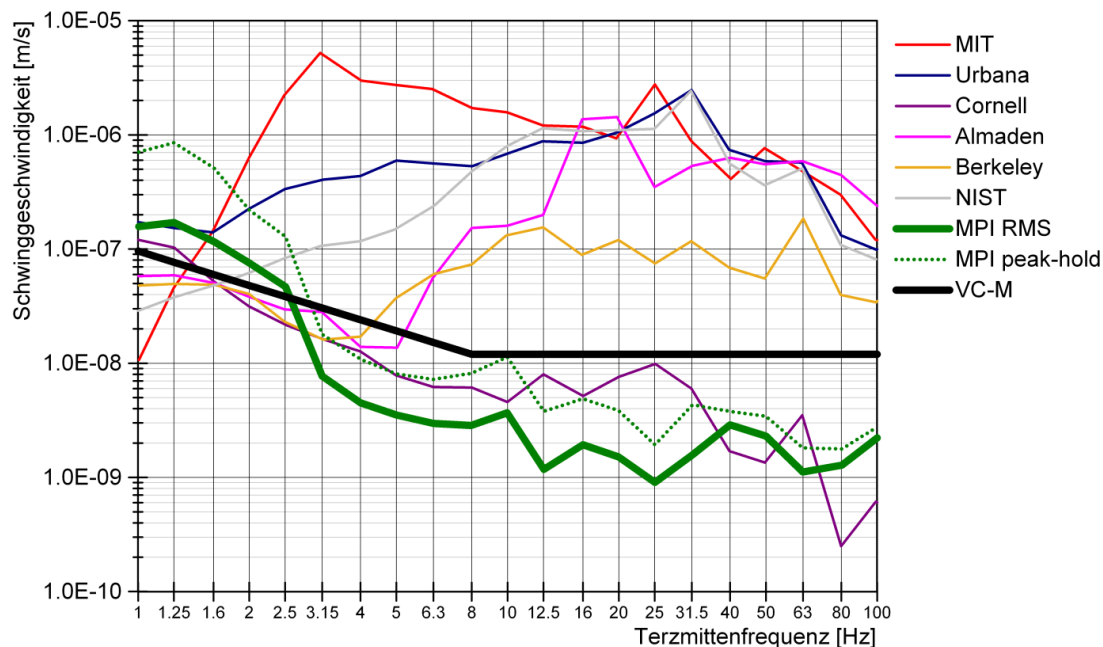


Abb. 5: Anforderungen für schwingungsisierte Fundamente im Vergleich

Abb. 5 zeigt die Ergebnisse der Schwingungsmessung durch die Firma Müller-BBM auf einem der isolierten Fundamentblöcke im Vergleich zu den Anforderungen weltweit anerkannter Institute. Im relevanten Frequenzbereich zwischen 3 Hz und 30 Hz liegen die erzielten Ergebnisse deutlich unter den Anforderungen hinsichtlich des VC-M Kriteriums und sind damit auch im internationalen Vergleich einzigartig.

Autoren:

1. Dipl. Wirt. Ing. Uwe Steudel, Bilz Vibration Technology AG, Böblinger Str. 25, D-71229 Leonberg
2. Dr. Christian R. Ast, Prof. Dr. rer. nat. Klaus Kern, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Heisenbergstraße 1, D-70569 Stuttgart
3. Dipl.-Wirt.-Ing. Ulf Motz, Motz Engineering & Management Consulting GmbH, Bruechstrasse 67, CH-8706 Meilen

Referenzen:

Abb. 1: Müller-BBM GmbH, Schwieberdinger Str. 62, D-70435 Stuttgart.

Abb. 2: Planunterlagen HammesKrause Architekten, D-70376 Stuttgart

Abb. 3 und 4: Bilz Vibration Technology AG, D-71229 Leonberg

Abb. 5: Jennifer E. Hoffman. A Search for Alternative Electronic Order in the High Temperature Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ by Scanning Tunneling Microscopy. Dissertation, 2003, University of California, Berkeley, USA

und Müller-BBM GmbH, Schwieberdinger Str. 62, D-70435 Stuttgart.