



Aktivitäten am Akustik- und Vibrationslabor des METAS

Christian Hof, Laborleiter



Laborbesichtigung

Tourguide	14h30-14h35	14h35-14h55	14h55-15h00	15h00-15h20	15h20-15h25	15h25-15h45	15h45-15h50	15h50-16h10	16h10-16h15	16h15
Henri Baumann (français)		Akustik und Vibration ZA 24		Zeit-Messung N1U 17		Strassenverkehr, Radar EA 16		Watt-Waage N1U 32		Tour-Ende: Foyer Abschied
Thomas Krebs		Watt-Waage N1U 32		Akustik und Vibration ZA 24		Zeit-Messung N1U 17		Strassenverkehr, Radar EA 16		
Daniel Dänzer		Strassenverkehr, Radar EA 16		Watt-Waage N1U 32		Akustik und Vibration ZA 24		Zeit-Messung N1U 17		
Thomas Pulfer		Zeit-Messung N1U 17		Strassenverkehr, Radar EA 16		Watt-Waage N1U 32		Akustik und Vibration ZA 24		



Das Akustiklabor des METAS...

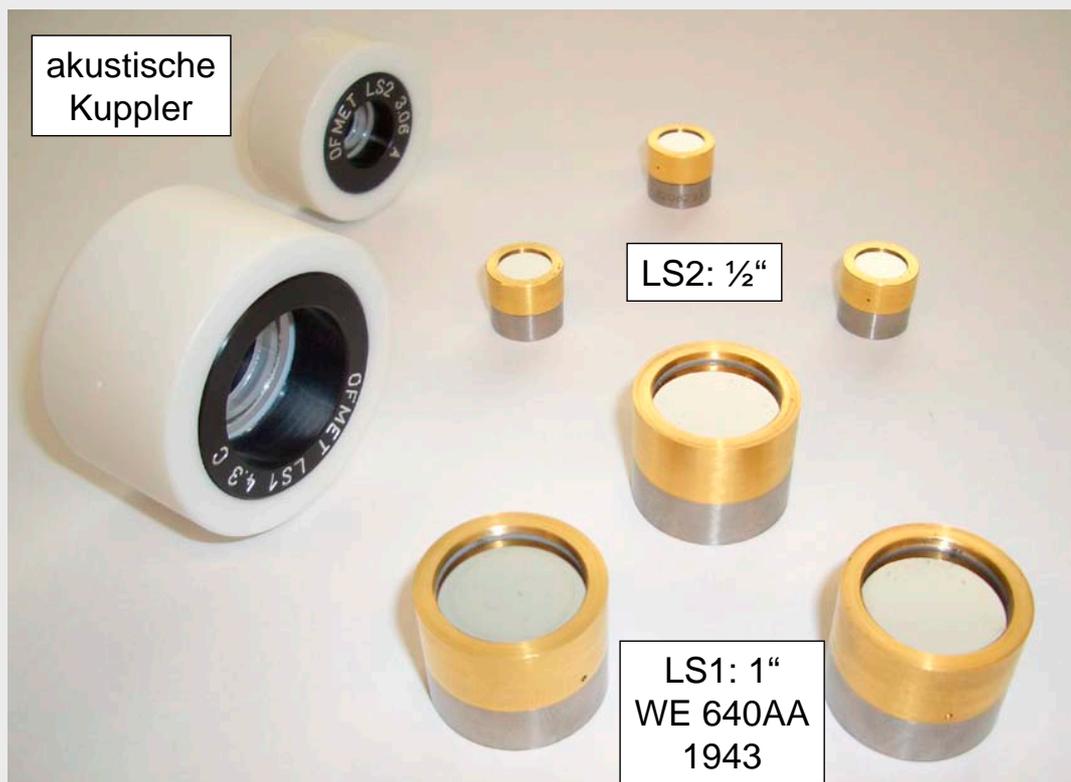
... realisiert die akustische Einheit des Schalldrucks und stellt der Industrie genügend genaue Bezugswerte zur Verfügung.

In Zusammenarbeit mit den von ihm ermächtigten Eichstellen sorgt das Labor für zuverlässige Messungen in den Bereichen Umwelt, Gesundheit und Sicherheit

- Schalldruck-Basis: Darstellung der akustischen Einheit des Schalldrucks.
- Schallmessung: Kalibrierung bzw. Eichung von Mikrofonen, Schallpegelmessgeräten und akustischen Kalibratoren; Bauartprüfung und Zulassung von Schallmessgeräten.
- Audiometrie: Eichung und Überwachung von Messausrüstungen im Bereich der Audiometrie
- Hörgeräte: Konformitätsprüfungen von Hörgeräten.
- akustische Prüfungen: z. B. Bauartprüfungen von Warnvorrichtungen an Fahrzeugen oder Sirenen



Realisierung der Einheit des Schalldrucks





Das Mikrofon als reziproker Wandler

Mikrofon als Empfänger:

- Schalldruck auf Mikrofonmembran p
- Druckempfindlichkeit („transfer impedance“): M_p
- Leerlauf – Spannung („open circuit“) u

$$u = M_p \cdot p$$

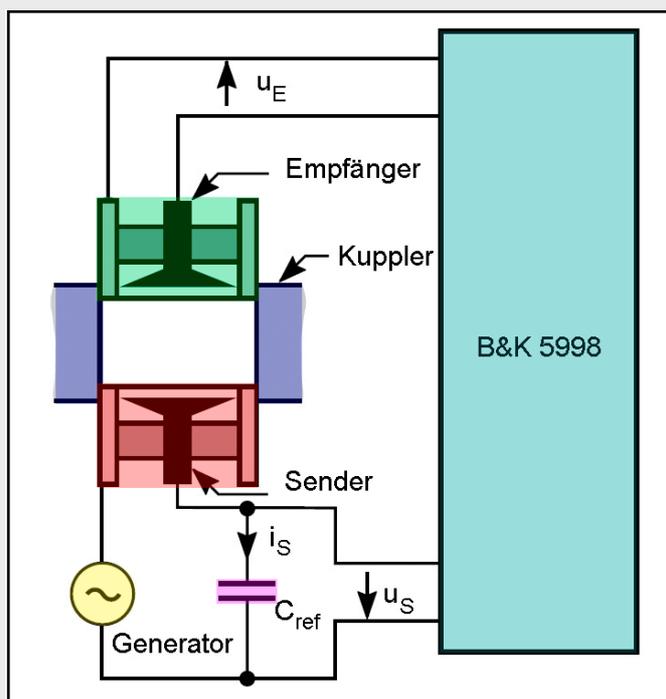
Mikrofon als Sender:

- Klemmenstrom: i
- Umwandlungsfaktor („transfer impedance“): M_p
- Leerlauf – Volumenschwindigkeit q

$$q = M_p \cdot i$$



Reziprozitäts-Methode



elektrische Messungen

elektrische Transfer-Impedanz: $Z_e = \frac{u_E}{i_S}$

akustische Transfer-Impedanz: $Z_a = \frac{p_E}{v_S}$

Messungen aus drei Paarungen:

AB) $\rightarrow Z_{e,AB} = M_{p,A} \cdot Z_{a,AB} \cdot M_{p,B}$

BC) $\rightarrow Z_{e,BC} = M_{p,B} \cdot Z_{a,BC} \cdot M_{p,C}$

AC) $\rightarrow Z_{e,AC} = M_{p,A} \cdot Z_{a,AC} \cdot M_{p,C}$

- statischer Luftdruck
- Schallgeschwindigkeit
- thermische Messungen

aus $\sqrt{\frac{Z_{e,AB} \cdot Z_{e,AC}}{Z_{e,BC}}}$ ergibt sich:

$$M_{p,A} = \sqrt{\frac{Z_{e,AB} \cdot Z_{e,AC}}{Z_{e,BC}} \cdot \frac{Z_{a,BC}}{Z_{a,AB} \cdot Z_{a,AC}}}$$



Sekundär-Kalibrierung von Mikrofonen

Im Freifeld

Primär-Kalibrierung der Druck-Empfindlichkeit eines LS-Mikrophons (Reziprozität)

Berücksichtigung der gemäss IEC 61094-7 normierten Freifeld-Korrektur für LS-Mikrophone

Kalibrierung durch Substitution im Freifeld

Druck-Empfindlichkeit

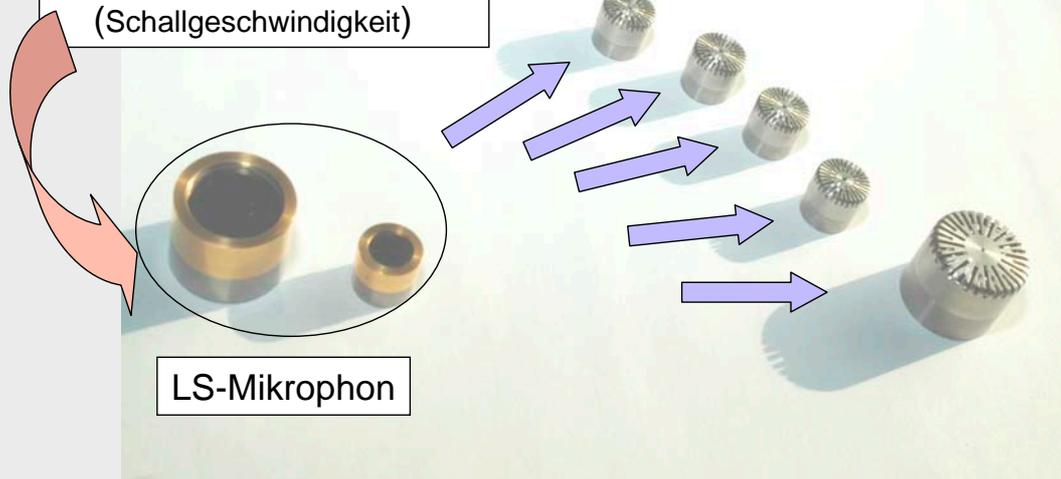
Primär-Kalibrierung der Druck-Empfindlichkeit eines LS-Mikrophons (Reziprozität)

- Substitution in aktivem Kuppler (Multiton-Kalibrator)
- Vergleich in aktivem Kuppler
- Referenz-Pistonphon und elektrostatischer Aktuator



Der Fussabdruck der Rückführbarkeit

- dimensionelle Daten
- thermische Messungen
- statischer Luftdruck
- elektrische Messungen
- Materialeigenschaften (Schallgeschwindigkeit)





Kalibrierung von Kalibratoren



Akustik- und Vibrationslabor METAS | Hof | 26.10.2007 | 9



Kalibrierung von Schallpegelmessern

Die vielfältigen Messfunktionen von Schallmessgeräten werden detailliert mit elektrischer Einspeisung kalibriert

Die zugehörigen Mikrophone werden separat kalibriert

Das zusammen gesetzte Messgerät wird abschliessend zusätzlich im echofreien Raum akustisch gemessen



Akustik- und Vibrationslabor METAS | Hof | 26.10.2007 | 10



METAS

Eichung

basierend auf

Zur Sicherstellung
bei amtlichen

- Lärmschutz
- Verordnung

erfolgt durch

- **Norsonic**
- **B&K Messtechnik**

Eichfrist: 2 Jahre

CALIBRATION OF:

Sound Level Meter NOR840_CH2 No: 18660
 Microphone: 4155 No: 1370286
 Identification:
 Date of receipt: Unknown
 Certificate No:

CLIENT:

Metas

Order No:

CALIBRATION CONDITIONS:

Preconditioning: 12 hours at 23 °C
 Environment conditions
 Air temperature: 23.1 °C ± 3°C
 Air pressure: 95.5 kPa ± 3 kPa
 Relative Humidity: 44.0 %RH ± 20 %RH

SPECIFICATIONS:

The Sound Level Meter has been calibrated in accordance with the requirements as specified in IEC 651 and IEC 804 type 1234, and vendor specific procedures.

PROCEDURE:

The measurements have been performed with the assistance of:
Brüel & Kjær Sound Level Meter Calibration System B&K 3630

RESULTS:

The reported expanded uncertainty is based on the standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with EA-4/02 from elements originating from the standards, calibration method, effect of environmental conditions and any short time contribution from the device under calibration.

Date of Calibration: 2007-08-17

Certificate issued: Unknown

Kurt Zumbrennen
Calibration Technician

Christian Hof
Approved signatory

Reproduction of the complete certificate is allowed. Parts of the certificate may only be reproduced after written permission.

<http://localhost/tareport/Reporting/report.aspx?R={F8FD64A8-1AD6-4583-A057-A8...> 23.10.2007

Personenfahrzeuge

amtliche Eichstelle:

sonic.ch
v.bkmt.ch



METAS

Sirenen

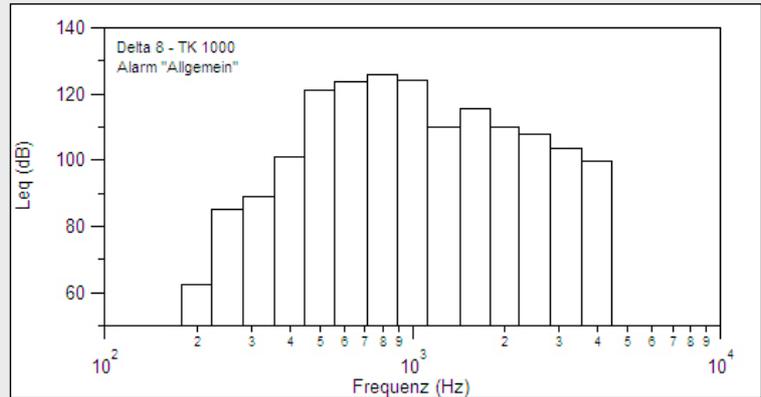
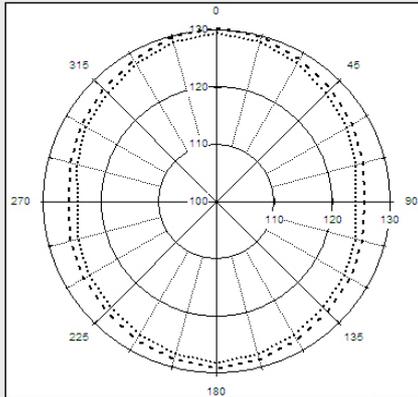
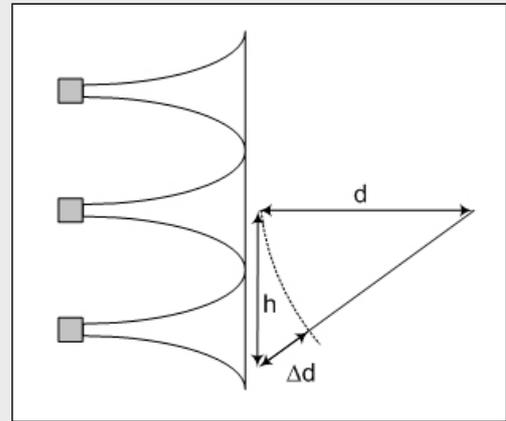




Sirenen (2)

Messungen im echofreien Raum
(mit rechnerischen Nahfeldkorrekturen)

- Richtdiagramme
- Frequenzspektren
- räumlich und zeitlich gemittelte Schalldruckpegel
- Alarmzeichen



Audiometrie – einfache qualitative Tests

Stimmgabel-Test nach **Weber**:

einseitige Schallempfindungsstörung:
Lateralisation ins gesunde Ohr

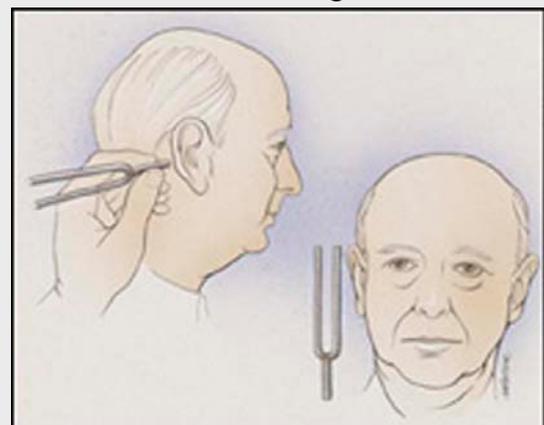
einseitige Schalleitungsstörung:
Lateralisation ins kranke Ohr



Stimmgabel-Test nach **Rinne**:

positiv: Luftleitung noch hörbar
nach abgeklungener
Knochenleitung

negativ: Schalleitungs-
schwerhörigkeit





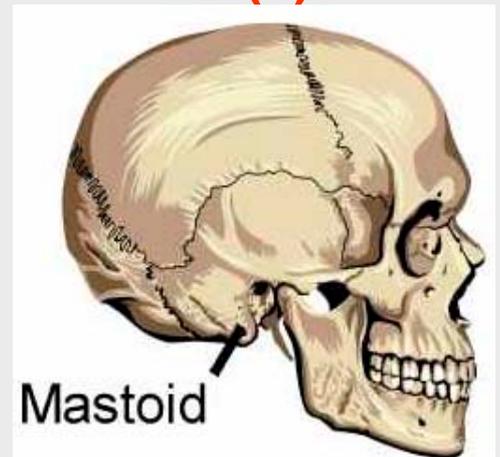
Audiometrie – quantitative Methoden (1)



METAS



Audiometrie – quantitative Methoden (2)



METAS



Hörgeräte



Ich sagte, dies sei das einzige Hörgerät, welches Ihre Versicherung bezahle...



METAS



Vielseitig nutzbare Messinfrastruktur

akustische Messungen

- **echofreier Raum (6.3 * 5.6 * 5.7 m³)**
- **halb reflektierender Raum (4.2 * 4.0 * 4.6 m³)**

- Prüfungen von Sirenen
- Messungen von Hupen
- Lärmmessungen an Maschinen
- Armasuisse
- radiocontrol watch
- Disetronic
- ...



METAS



Forschung?

METAS



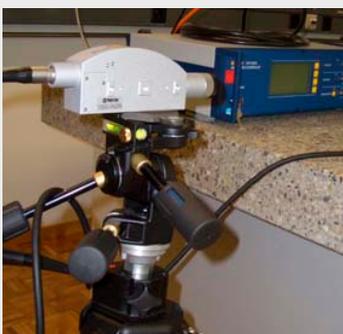
Vibrationslabor

METAS

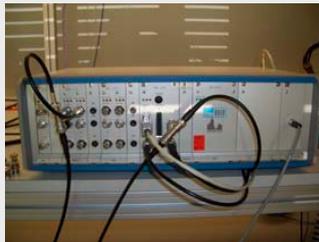
MF - shaker



1D, single point Laser Vibrometer



DA/AD Wandler
Signalkonditionierer



Air-bearing Shaker



Power-amplifier
Null-Lage-Regelung

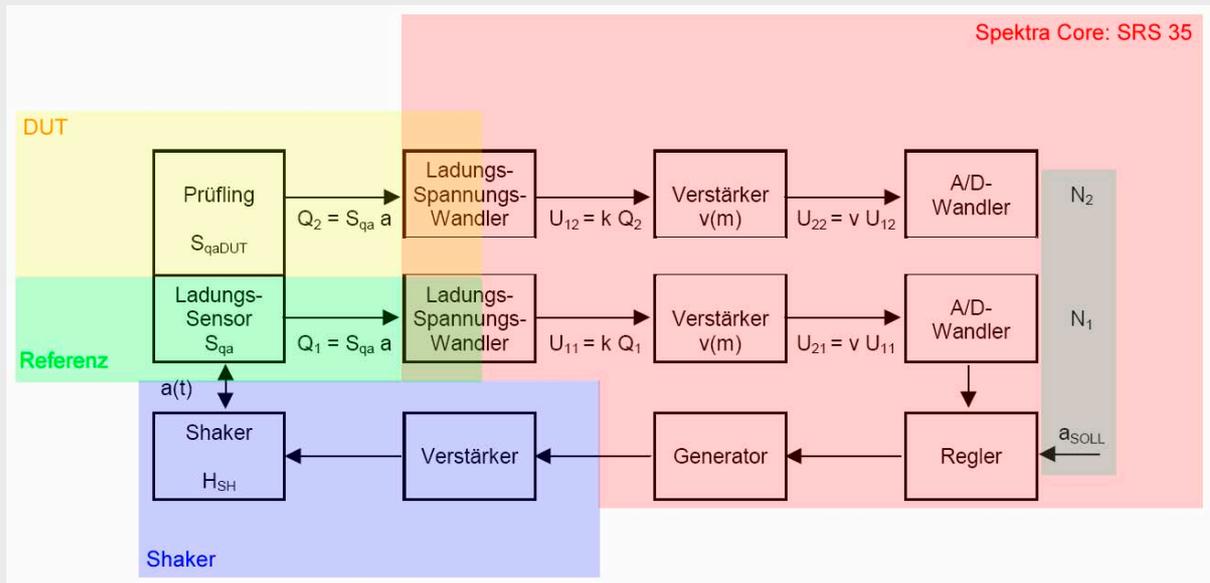


Heavy Load LF Shaker





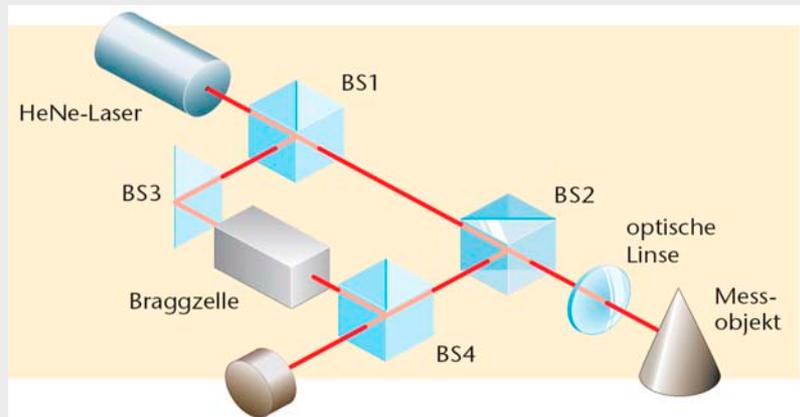
Sensor-Kalibrierung



Primärerweiterung (Prinzip)

Primär-Kalibrierung von Vibrationsaufnehmern durch Laser-Doppler Vibrometrie

Prinzip: durch Bewegung verursachte Frequenzänderung: $f_D = 2 \cdot \frac{v}{\lambda}$



Rückführung der abgeleiteten Grösse Vibrations-Geschwindigkeitsamplitude auf

- Frequenz (Braggzelle, Demodulator)
- Wellenlänge (HeNe - Laser)



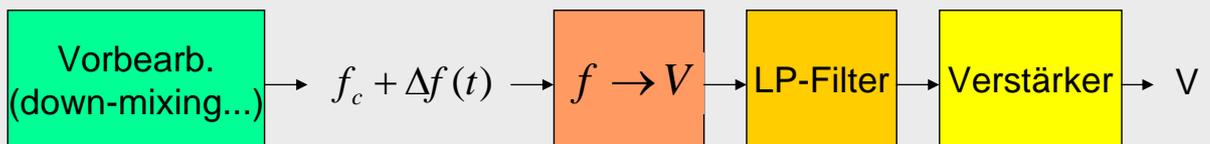
Primärerweiterung (Demodulation 1)

kommerzielles Laser Vibrometer

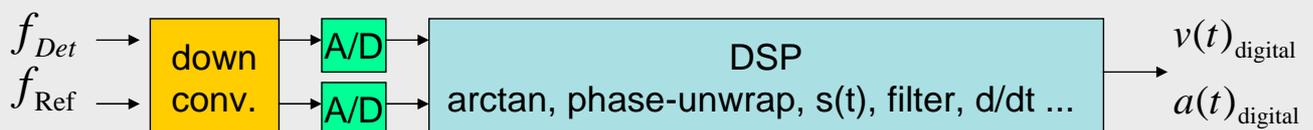
- kompakte, handliche Optik
- vielseitig einsetzbar

Demodulation

- Analog (mit unserem Vibrometer verfügbar)



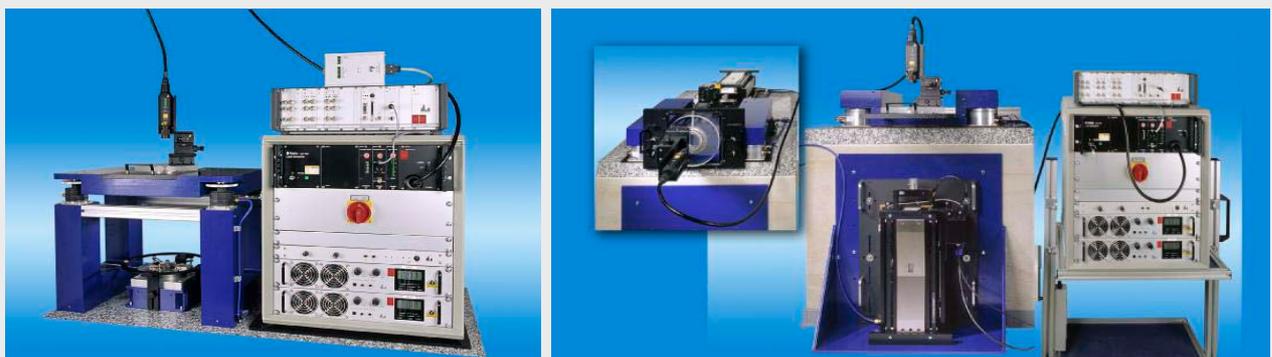
- Digital (Einbindung ins Messsystem erforderlich)



Primärerweiterung (Schwingungsisolierung)

Laservibrometer misst Relativgeschwindigkeit

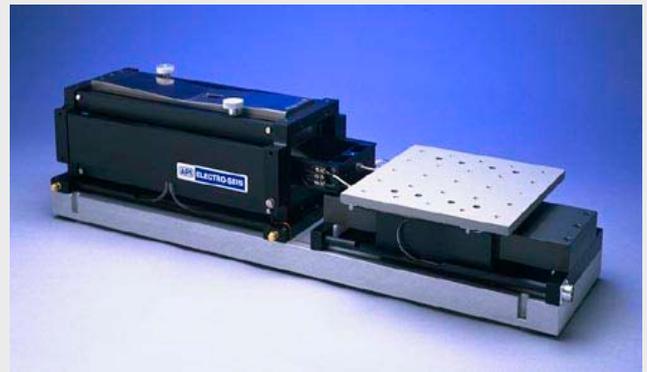
Schwingungsisolationen für Laserkopf in unterschiedlichen Konfigurationen notwendig





Primärerweiterung (Shaker)

- **Hochfrequenz:**
- Der Membran-geführte Shaker wird durch einen Luft-gelagerten ersetzt.
- Dadurch entfallen die zahlreichen Querresonanzen
- **Niederfrequenz:**
- Noch sind weitere Abklärungen bezüglich der optimalen Wahl im Gang.
- Wahrscheinliche Wahl: APS-129



Akustik- und Vibrationslabor METAS | Hof | 26.10.2007 | 25

METAS



Eidg. Kommission für das Messwesen
 Xaver Edelmann, Präsident
 Chantal Nagel, Vizepräsidentin

Wolfgang Schwitz, Direktor
 Ulrich Feller, Stv. Direktor
 Philippe Richard, Vizedirektor

Direktionsstab
 Geschäfte: Jürg Niederhauser
 Direktionssekretariat: Beatrice Steiner
 Personaldienst: Priska Müller
 Qualitätsmanagement: Jürg Ramseyer

Andere METAS - Labors



METAS



Strassenverkehr

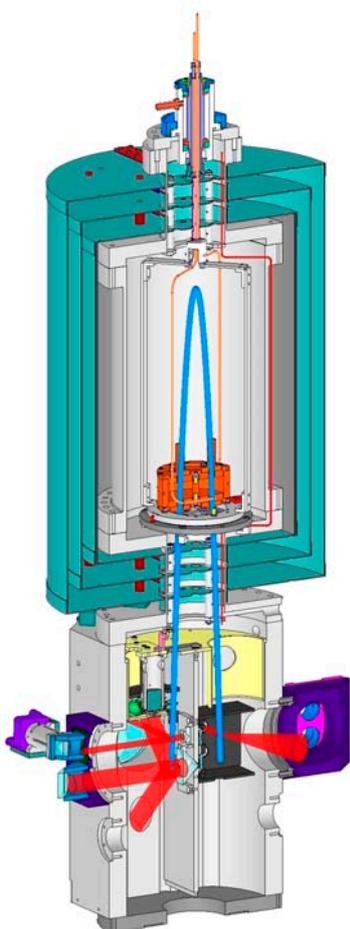


Akustik- und Vibrationslabor METAS | Hof | 26.10.2007 | 27

METAS



Zeit – und Frequenzlabor



METAS



Wattwaage



METAS

Akustik- und Vibrationslabor METAS | Hof | 26.10.2007 | 29



Laborbesichtigung

Tourguide	14h30-14h35	14h35-14h55	14h55-15h00	15h00-15h20	15h20-15h25	15h25-15h45	15h45-15h50	15h50-16h10	16h10-16h15	16h15
Henri Baumann (français)		Akustik und Vibration ZA 24		Zeit-Messung N1U 17		Strassenverkehr, Radar EA 16		Watt-Waage N1U 32		Tour-Ende: Foyer Abschied
Thomas Krebs		Watt-Waage N1U 32		Akustik und Vibration ZA 24		Zeit-Messung N1U 17		Strassenverkehr, Radar EA 16		
Daniel Dänzer		Strassenverkehr, Radar EA 16		Watt-Waage N1U 32		Akustik und Vibration ZA 24		Zeit-Messung N1U 17		
Thomas Pulfer		Zeit-Messung N1U 17		Strassenverkehr, Radar EA 16		Watt-Waage N1U 32		Akustik und Vibration ZA 24		

METAS

Akustik- und Vibrationslabor METAS | Hof | 26.10.2007 | 30