

**C o n s u l t a n t**  
Acoustics · Building Physics  
Stress Analysis · Vibrations



**Dipl.-Ing. Hansjoerg Schmid (Ph. D.)**  
Badgasse 6 · A-6060 Hall in Tyrol  
A U S T R I A

# 振動対策と技術ソリューション

地盤と空気伝播によって近隣住宅街に振動影響  
を与える発生源に対する対策

東京, 2009年10月1日

Hansjoerg Schmid (Ph.D)  
ハンスヨルク シュミット博士

# 目次

- 1 はじめに
- 2 空気伝播音の定義
- 3 地盤/構造伝播音の定義
- 4 騒音レベルの許容値(基準値/規制値)
- 5 典型的な実例の検証
- 6 算出された放出レベル(騒音・振動レベル)の検証
- 7 まとめ

# 1. はじめに (1)

- 街や住宅街では、住民に対する騒音防止がますます重要である。特に住民に長期間に渡って騒音にさらされることは、健康問題に発展している。
- 主な騒音の発生源(空気・構造伝播音)として:
  - 交通関連 (車, 高速鉄道を含む列車, 路面電車, 地下鉄)
  - 産業関連
  - 発電施設 (ガス, 水力など)
  - 空港
  - その他 (ライブハウス, 屋外イベント)
- ヨーロッパ連合 (EU) と各国は、国際的調査プロジェクトとして:
  - 現行の個体伝播音を含む音の放出レベルの測定方法の改善
  - 数値の基準値と限界値の改定
  - 長期間、騒音や振動により重大な健康を損ねる問題に対する対策

## 1. はじめに (2)

- これから 下記の実例をもとに、地盤や空気伝播音に関するいろいろな影響について説明する。
  - 実例 1: 路面電車 – グムンデン市 (オーストリア)
  - 実例 2: 製鉄工場 KTN – クレフェルド (ドイツ)
  - 実例 3: 水力発電所とダム、ケンプテン市 (ドイツ)
- 地盤/構造伝播音に関する放出レベルの予測は、大きな困難を伴うので、その評価方法と解決策は、その現場での状況に合致することが必要である。

## 2. 空気伝播音の定義

- 空気伝播音は、空気中の機械的な振動として定義される (周波数帯 16 Hz から 16 kHz)
- これらの振動は、音のエネルギーに変換される音圧 (“縦” 波)
- 空気伝播音は、一般的にデシベル(dB)で表記される;

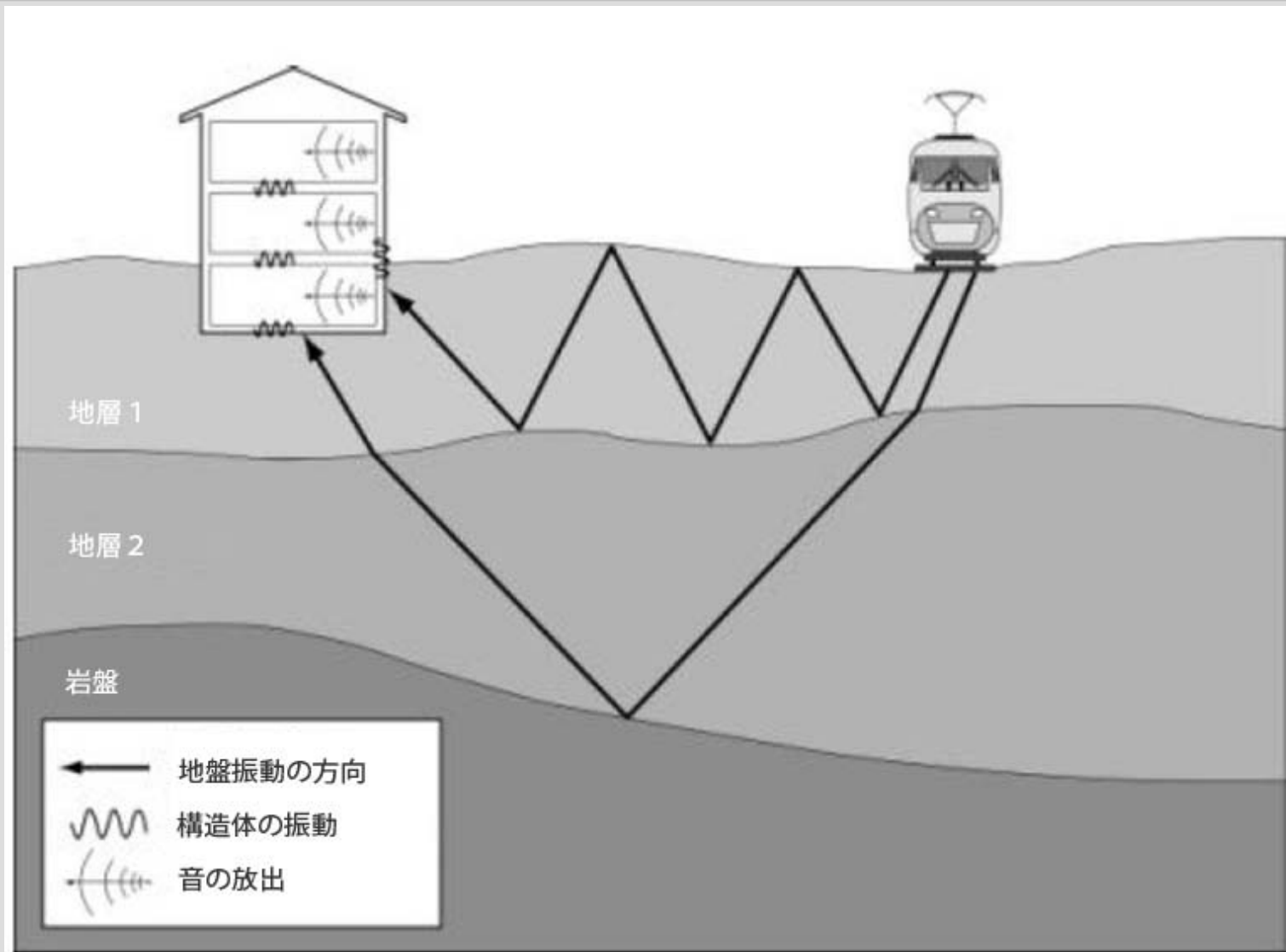
$$\begin{array}{l} \text{対数の量:} \\ \text{国際基準値:} \end{array} \quad \begin{array}{l} L_p = 20 \cdot \log [p/p_0] \\ p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2 \end{array}$$

- 流体における機械振動は、流体伝播音として定義される (ここにも音圧は音のエネルギーに変換される)

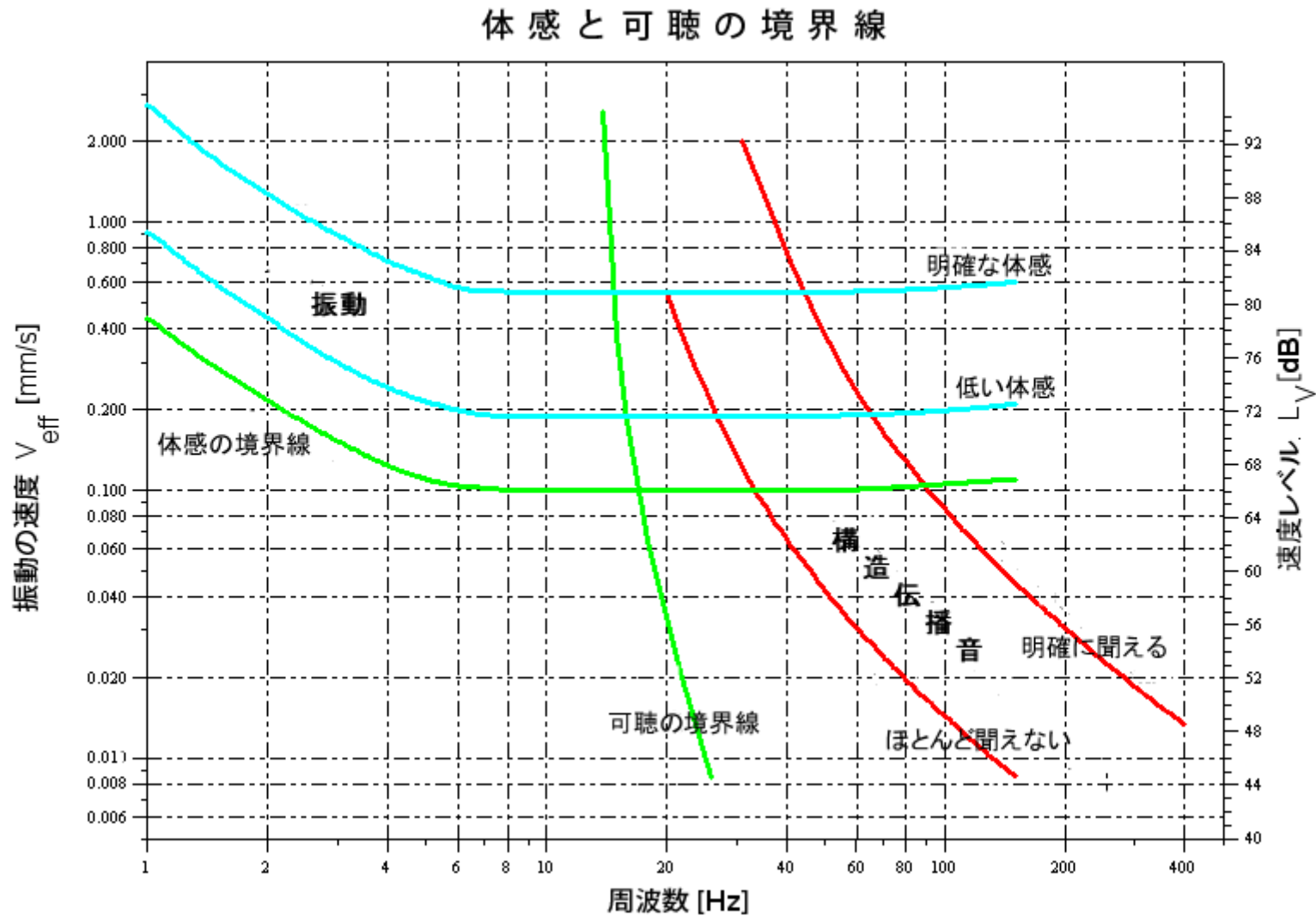
### 3. 地盤/構造伝播音の定義 (1)

- 周波数帯、4 Hz から16 kHzの固体の機械的な振動は、固体(構造)伝播音として定義される。(圧力とせん断波、その組み合わせの“縦方向、せん断、曲げ、ねじれ”は音のエネルギーに変換される)
- 地盤/構造伝播音は一般的にデシベル(dB)で表記される;
  - 対数量:  $L_v = 20 \cdot \log (v/v_0)$
  - 基準値:  $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s (EU)}$
  - $v_0 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ in/s (米国)}$
- 振動している本体に作用する放出された音圧レベル (“**第二次音圧レベル**”)は、以下のファクターによって構成される:
  - 音の強さ  $L_p$  (dB)
  - 放射要因  $\sigma$
  - 放射面積  $S$  (m<sup>2</sup>)

### 3. 地盤/構造伝播音の定義 (2)



## 2. と 3. 空気と地盤/構造伝播音の定義 (1)



## 4. 騒音レベルの許容値(基準値/規制値)

- WHO (World Health Organization) は、健康を守るため規制値を設けている:
  - 住宅街における屋外規制値: 日中  $L_{A,eq} = 55$  dB
  - 住宅街における屋外規制値: 夜間  $L_{A,eq} = 45$  dB
  - 寝室における規制値: 夜間  $L_{A,eq} = 30$  dB
- これらの規制値は、新しいプロジェクトや再生プロジェクトに対して監督官庁によって異なって定義されることもある
- ヨーロッパ連合(EU)では、交通、高速鉄道を含む列車、飛行機、産業機械もしくはその他の音源に対して、異なった基準値と規制値としての騒音レベルが適用されなければならない。

## 5. 典型的な事例の検証 (1)



路面電車 グムンデン (オーストリア)

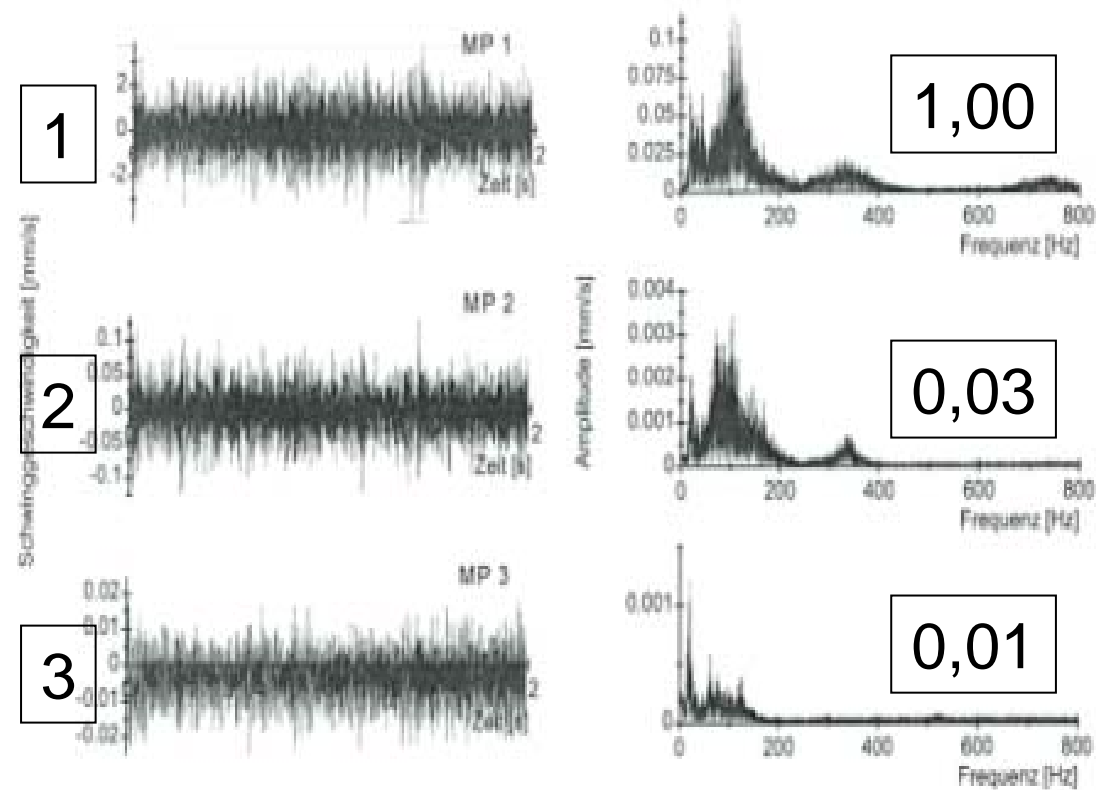
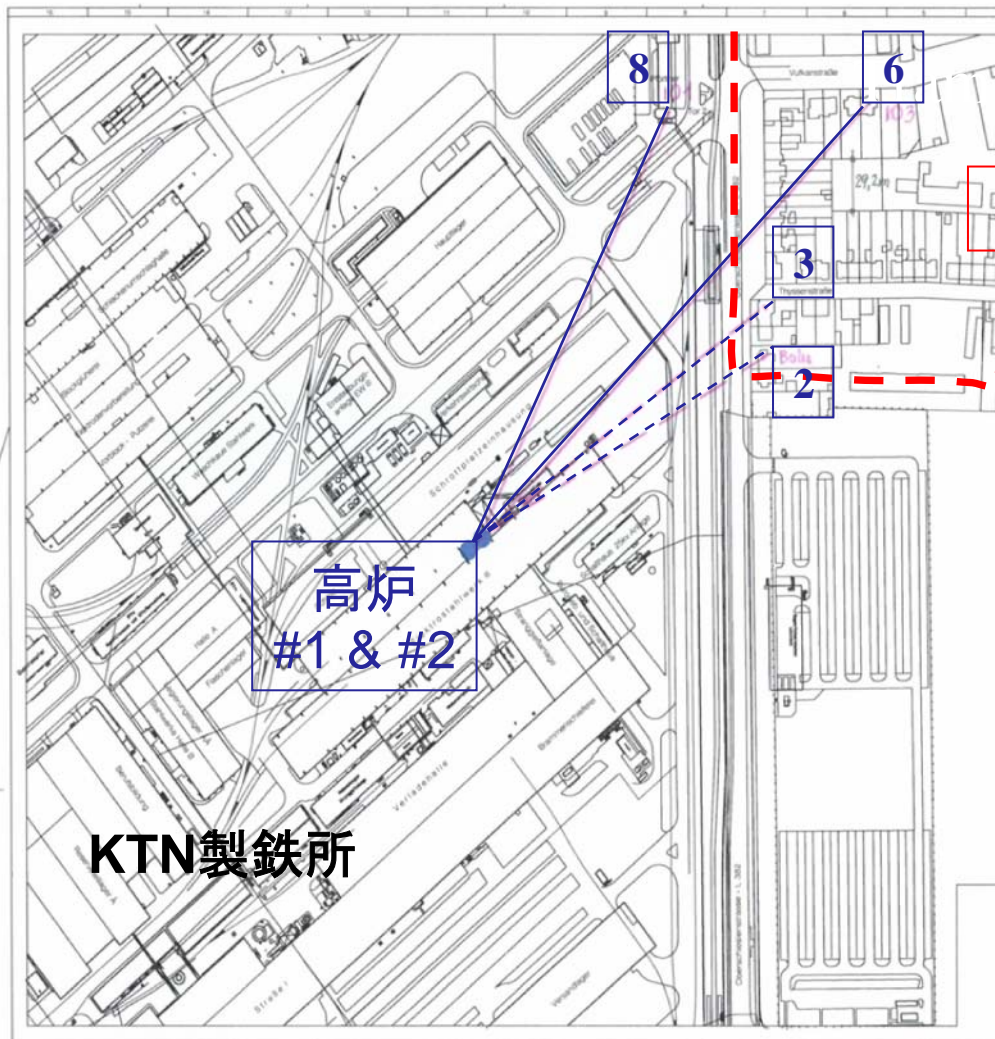
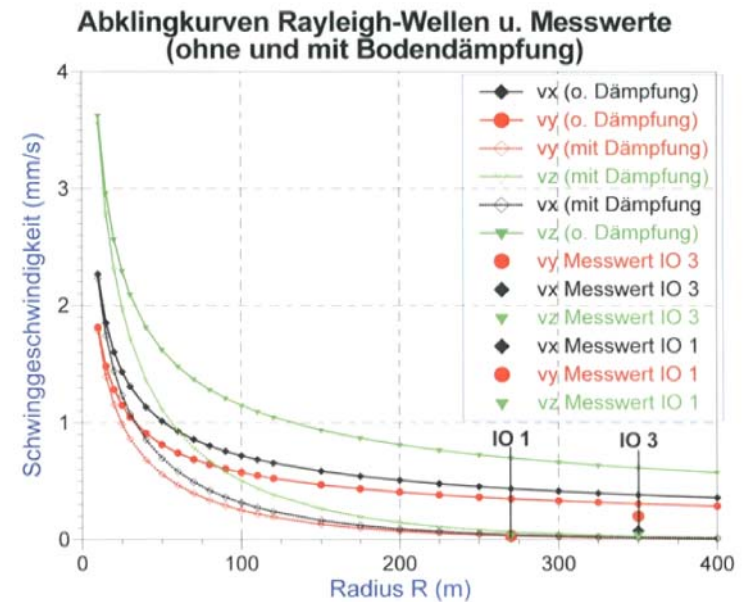


Abb.8:

## 5. 典型的な実例 の検証(2)



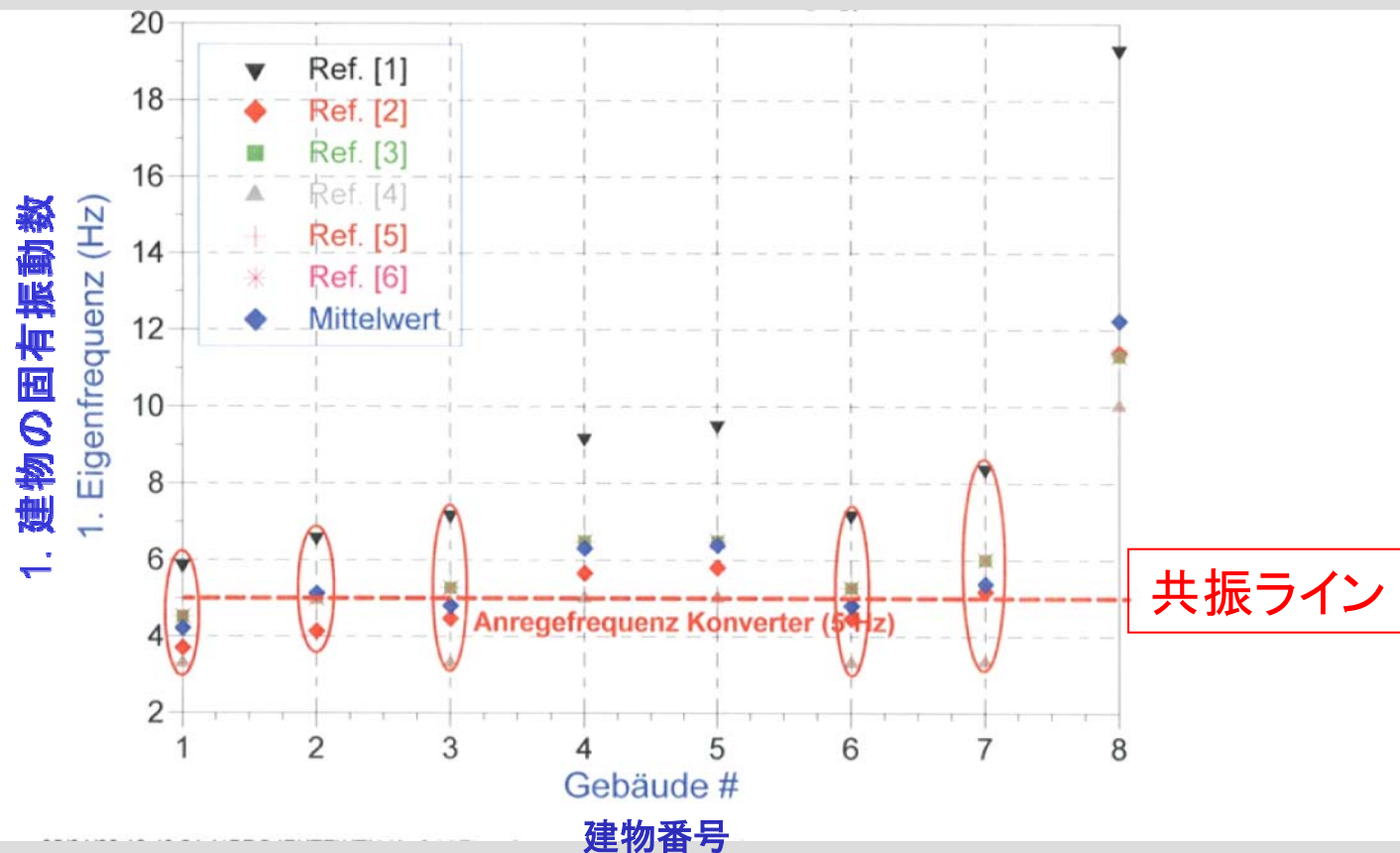
ティセングルップ,  
クレフェルド市 (ドイツ)



## 5. 典型的な実例 の検証(2)

8棟のビルの固有振動数  $f_{B,1}$

ティセンクルップ,  
クレフェルド市 (ドイツ)

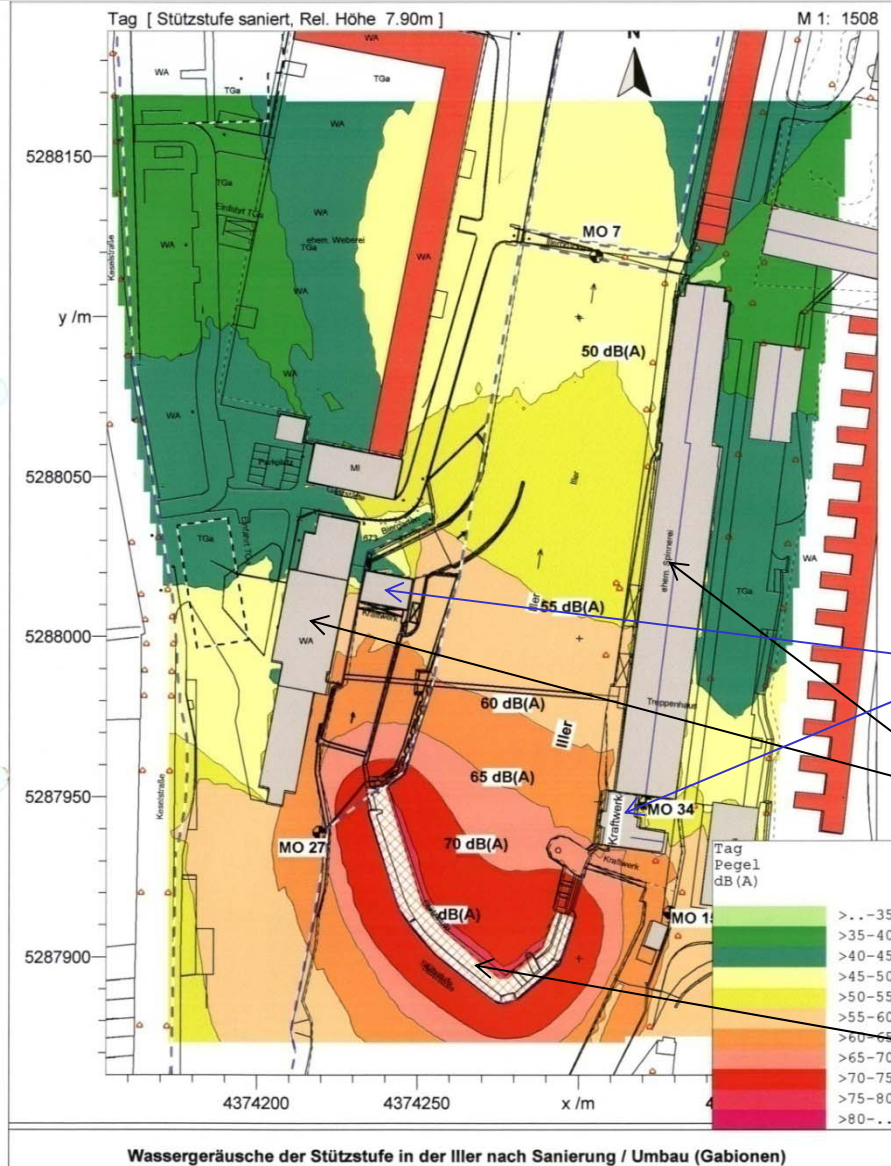


## 5. 典型的な実例 の検証(3)

住宅街開発地区, ケンプテン市  
(ドイツ)



## 5.典型的な実例 の検証(3)



住宅街開発地区, ケンプテン市  
(ドイツ)

音源に対する騒音レベル分布図  
: 水力発電 (ダム), イリアー川

水力発電所 I & II

紡績・機織り工場

瀑布 (ダム)

## 6. 算出された騒音・振動レベルの検証

- 多くの異なったプロジェクトで、以下の見解が実際測定された数値と合致するかどうかの検証した。
  - 音源と振動源の特性 (レベル, 周波数成分)
  - 空気伝搬音、そして地盤/構造伝播音に対する数学的なモデリングを適用した方法論
  - 明確な放出レベル (騒音・振動レベル)
  - 音源・振動源周囲の音圧・振動レベルとそれらの特性
  - 空気や構造伝播音の成分量
- 規制値を超えたものは、測定を要する (追加防音・振動対策)

## 7. まとめ

- 地盤振動は、空気伝播音に比べてより複雑な現象である。
- 地盤/構造伝播音の概念は、主に実験や経験に基づいている。
- 地盤/構造伝播音は、以下のような住宅に対する望まれない騒音と振動の原因となる。
  - 建物の床で体感する振動
  - 窓のがたがたする振動と音
  - 棚や壁につるすものを揺らすもの
  - ゴロゴロ鳴る音
- 地盤と空気伝播からの影響についての調査に基づいて、新しい大型プロジェクトとして環境アセスメントに取り組む必要がある。