

Oberbau-Modelle zu Lärm und Erschütterungen

Grundlagen, Überblick und Empfehlung

Version	Erstelldatum	Änderungen	Autor(en)	Freigabe
1.0.0	14.09.2023	Erstausgabe	Marc Schmid	Urs Schönholzer

1. EXECUTIVE SUMMARY	5
2. EINFÜHRUNG	6
2.1. Begriffsklärung & Klassifizierung	6
2.1.1. Modell, Methode, Software(-Umgebung) und Implementierung	6
2.1.2. Physikalische, empirische und stochastische Modelle	7
2.1.3. Kalibrieren, validieren, verifizieren	7
2.2. ISO/FDIS 14837-1	8
3. MATHEMATISCHE GRUNDLAGEN	9
3.1. Analytische Methoden	9
3.2. Numerische Methoden und Verfahren	10
3.2.1. Finite Element Method FEM	11
3.2.2. Finite Difference Method FDM	12
3.2.3. Boundary Element Method BEM	12
3.2.4. Discrete Element Method DEM	12
3.2.5. Mehrkörper Simulationen MKS	13
3.2.6. Hybride Modelle (vif, empa etc.)	13
3.3. Matrizen bzw. Matrizenrechnung	14
4. PHYSIKALISCHE MODELLE EINZELNER OBERBAU-KOMPONENTEN SOWIE DES GESAMTSYSTEMS	14
4.1. Allgemein	14
4.2. Schiene / Schwelle	14
4.2.1. Analytische Modelle	15
4.2.2. FEM-Modelle	16
4.3. Schotter:	17
4.3.1. Discrete Element Method	17
4.4. Oberbau / Unterbau	18
4.4.1. Strukturmechanische Modelle	19
4.4.2. FDM-Modelle	22
4.4.3. FEM-Modelle	23
4.5. Lärmabstrahlung Rad, Schiene und Schwelle	23
4.6. Ausbreitung im Boden	24

5. SOFTWARE	25
5.1. Spezifische Umgebung zur Modellierung der Fahrbahn und oder Fahrzeuge	26
5.1.1. TWINS®	26
5.1.2. VIBRA 1&2	27
5.1.3. Silvarstar	27
5.1.4. Findwave®	27
5.1.5. CNOSSOS, SEMIBEL & sonRAIL	28
5.1.6. Oberbau-Simulation-Tool OST	29
5.1.7. VAMPIRE®	31
5.2. Allgemeine Simulation-Softwareumgebung	31
5.2.1. Simulia® (Akusrail®, SIMPACK®, ABAQUS®), COMSOL & Ansys	31
5.2.2. Code_aster	31
5.2.3. Programmiersprachen bzw. programmierähnliche Softwareumgebung	32
5.2.4. MatLab®, Octave, SciLab	32
5.2.5. Python, C++/ C# etc.	32
5.2.6. YADE & ESCRIPT	32
6. MODELLE MIT LINK ZUR SBB	33
6.1. Oberbau Modelle aus dem railPad-Projekt (Empa / HEIG)	33
6.2. Virtuelles Fahrzeug (ViF)	34
6.2.1. Lärm- und erschütterungsarme Weiche (LeWe)	34
6.2.2. FaMo	37
6.2.3. Fani	37
7. WÜRDIGUNG UND EMPFEHLUNG	38
7.1. Würdigung	38
7.2. Empfehlung	39
7.2.1. Allgemeine Überlegungen	39
7.2.2. In-House	40
7.2.3. To be accessible	41
7.2.4. Nice to know	42
8. LITERATURVERZEICHNIS	43
9. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	46
10. TABELLENVERZEICHNIS	46

1. Executive Summary

Es existieren auf dem Markt etliche Fahrbahn- und Rad-Schiene- Interaktions-Modelle mit ähnlichen Fragestellungen. Dabei sind sowohl die verschiedenen physikalischen Modell-Ansätze als auch die verwendeten mathematischen Methoden zur Lösung der Modelle seit Jahrzehnten bekannt und getestet. Wurde früher vor allem an strukturmechanischen Modellen geforscht, geht heute der Trend hin zu detaillierteren, aber rechenintensiveren Modellen basierend auf Finite Elemente Methoden oder hybriden Modellansätze. Dennoch werden insbesondere bei Machbarkeitsstudien nach wie vor auch einfachere Modelle verwendet, weil damit ein besseres Verständnis der Dynamik möglich ist und aufgrund der schnellen Rechenzeit rasche Vorabklärungen und Parameterstudien durchgeführt werden können.

Die meisten heutigen Arbeiten fokussieren sich auf das Implementieren bekannter Modelle für einen konkreten Oberbau. Der grösste Unterschied zwischen den Arbeiten sind die Geometrie einzelner Komponenten des Oberbaus sowie die verwendeten Material-Parameter. Diese bestimmen dann auch die Verwendungsmöglichkeit und Vergleichbarkeit der verschiedenen Arbeiten, denn die Qualität der Input-Parameter ist oftmals entscheidender für das Potential eines Modells als die Wahl des Modell-Ansatzes selbst. Daher ist eine Qualitätspflege von Input-Parameter zwingend notwendig, da die Wahl des Modells auch von den zur Verfügung stehenden Input-Parameter beeinflusst wird.

Modelle sind nur dann nützlich, wenn sie auch angewandt und gebraucht werden. Dabei erstreckt sich deren Nutzen von einem verbesserten Verständnis der Dynamik, über das Optimieren von Massnahmen und Komponenten zum Berechnen von konkreten Emissionen und Immission, zum Beispiel um gesetzlich geforderte Lärm- bzw. Erschütterungskataster zu erstellen. Es wird empfohlen nur jene Modelle weiter zu verfolgen, für welche konkrete Anwendungen bestehen.

Modelle müssen auch gepflegt werden, damit sie weiterhin aktuell sind und brauchbar bleiben. ISB's müssen daher abwägen, welche Modelle interessant sind und selber in House gepflegt werden und welche Modelle bei spezialisierten Forschungsgruppe verbleiben sollen, aber deren Nutzung möglich bleiben soll.

Der vorliegende Bericht liefert einen Überblick über die Modell-Landschaft von Fahrbahnmodellen und bildet das Lieferobjekt für das Arbeitspaket A1 des Allianzprojekts 100 009 201 Modellierung. Der Bericht dient als Grundlage für den weiteren Verlauf des Projekts.