

Bearbeiter: Name: Holger Berthel
Studium: Bauingenieurwesen



Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fengler (TUD)
Dr.-Ing. Ulf Gerber (TUD)

Aufgabenstellung:

Die elastische Nachgiebigkeit des Schienenweges steht infolge ihrer Wechselwirkung mit der resultierenden Belastung in einem engen Zusammenhang mit der akkumulierten Schädigung des Ober- und Unterbaus und somit auch seiner Lebensdauer. Eine örtlich veränderliche elastische Lagerung des Schienenweges infolge Inhomogenitäten des Ober- und Unterbaus führt zu einer Zusatzbelastung und folglich einer Zusatzschädigung des Ober- und Unterbaus. Die Untersuchung dieser Zusatzschädigung setzt die Simulation einer entsprechenden, örtlich veränderlichen elastischen Lagerung voraus. Die Aufgabe der Diplomarbeit besteht darin, die gängige Methode zur Berechnung der Gleisverformung und Gleisbeanspruchung auf der Basis ungestörter Bettungssteifigkeiten auf örtlich gestörte Bettungssteifigkeiten zu erweitern. Darauf aufbauend sollen einige Beispielrechnungen zur quantitativen Abschätzung der vertikalen Beanspruchung durch örtlich gestörte Bettungssteifigkeiten durchgeführt werden.

Thesen

- (1) Die Oberbauberechnung basierend auf dem Berechnungsverfahren nach Zimmermann ist für heutige Verhältnisse im Schienenverkehr überarbeitungsbedürftig.
(2) Die Schienendurchbiegung gibt die Beanspruchung des Schienenweges nur unzureichend wieder.
(3) Die Inhomogenitäten in Untergrund, Unterbau und Oberbau führen bei der Annahme der Zwangsführung des Radsatzes zur Tauchbewegung, die zusätzliche Beanspruchungen in den Schienenweg zur Folge hat.
(4) Die Zusatzbeanspruchungen resultieren aus zusätzlichen vertikalen Beschleunigungen, die in Wechselwirkung mit den Komponenten des Fahrzeugs zu einer Schädigung des Oberbaus führen.
(5) Aussagen zur Lebensdauer des Schienenweges sind nur unter Berücksichtigung von vorhandenen Inhomogenitäten möglich.
(6) Moderne Rechentechnik erlaubt eine komplexere Betrachtung des Modells Schienenweg und ermöglicht eine entsprechende Erweiterung der vorhandenen Berechnungsverfahren.
(7) Eine Benutzung für beliebig große Gleisabschnitte ist durch das einfache statische System als Träger auf endlich vielen, elastischen Stützen gegeben.
(8) Die Zusatzbeanspruchung des Schienenweges infolge elastisch veränderlicher Lagerung führt zur Begrenzung der Lebensdauer.
(9) Die rechnerische Bestimmung der Ergebnisse ist sehr abstrakt und deswegen mit großen Ungenauigkeiten behaftet. Mit einer Verfeinerung des Modells sollte eine messtechnische Überprüfung der Berechnungswerte einhergehen.

Kurzfassung

Über die Differentialgleichung der elastischen Linie prismatischer Stäbe wird ein Algorithmus entwickelt, der die Variation von Steifigkeit C und Biegesteifigkeit E*I zulässt. Anhand eines Beispielsystems wird ein programmierbares Schema entwickelt, das bei seiner rechnergestützten Anwendung gezielte Berechnungen der Beanspruchungen für definierte Abschnitte des Schienenweges zulässt.

In Verwendung des erweiterten statischen Modells für das Gleis wird die Gleismulde betrachtet und in ihrer Entstehung definiert. Dabei dient ein aufgetretener Schadensfall am Bahnkörper, der sich auf Inhomogenitäten zurückführen lässt, als Beispiel. Mit der Anwendung des modifizierten Berechnungsverfahrens auf die veränderliche Stützpunktsteifigkeit werden die Einsenkungen des Rades bestimmt. Die Einsenkungen bei homogenem Untergrund sind unter jeder Schwelle gleichgroß. Eine Überlagerung der Einsenkungslinien bei homogenem und veränderlichem Zustand des Untergrunds führt zur Einsenkungsmulde. Die Mulde verursacht im Schienenfahrzeug eine vertikal gerichtete Zusatzbeschleunigung, da das Fahrzeug zwangsweise durch die Stelle der Inhomogenität geführt wird. Zur Bestimmung der Zusatzbelastung wird der Dynamikfaktor ohne Rückkopplung eingeführt. Einer grafischen Auswertung folgt die Bewertung der Ergebnisse.

Analog zur Gleismulde wird die Weiche betrachtet. Nach der Modellierung der Besonderheiten der Weiche in Lagerung und Konstruktion erfolgt die Wahl eines Beispielsystems. Es wird die Weiche EW 54 - 190 - 1:9 l betrachtet, die Berechnungen der Einsenkung des Rades und der Dynamikfaktoren werden durchgeführt. Die Diskussion der Ergebnisse bildet den Abschluss der Überlegungen.

Vorgehensweise:

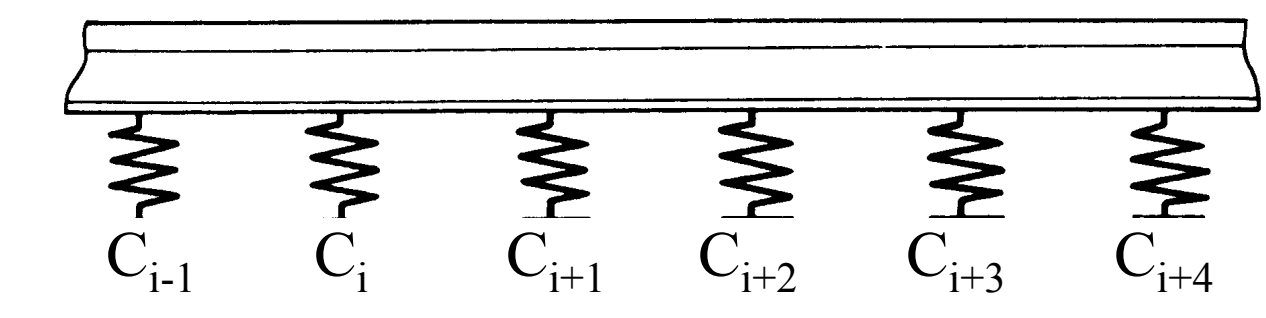
- 1. Differentialgleichung der elastischen Linie

z'' = -M / (E * I)

- 2. Herleitung eines Systems von Differentialgleichungen vom Grad 2n+2 für einen Gleisabschnitt mit n Stützpunkten; Integration; Formulierung der Rand- und Übergangsbedingungen zur Bestimmung der Integrationskonstanten,
3. Die allgemeine Lösung der Differentialgleichung führt zu einem linearen Gleichungssystem der Form

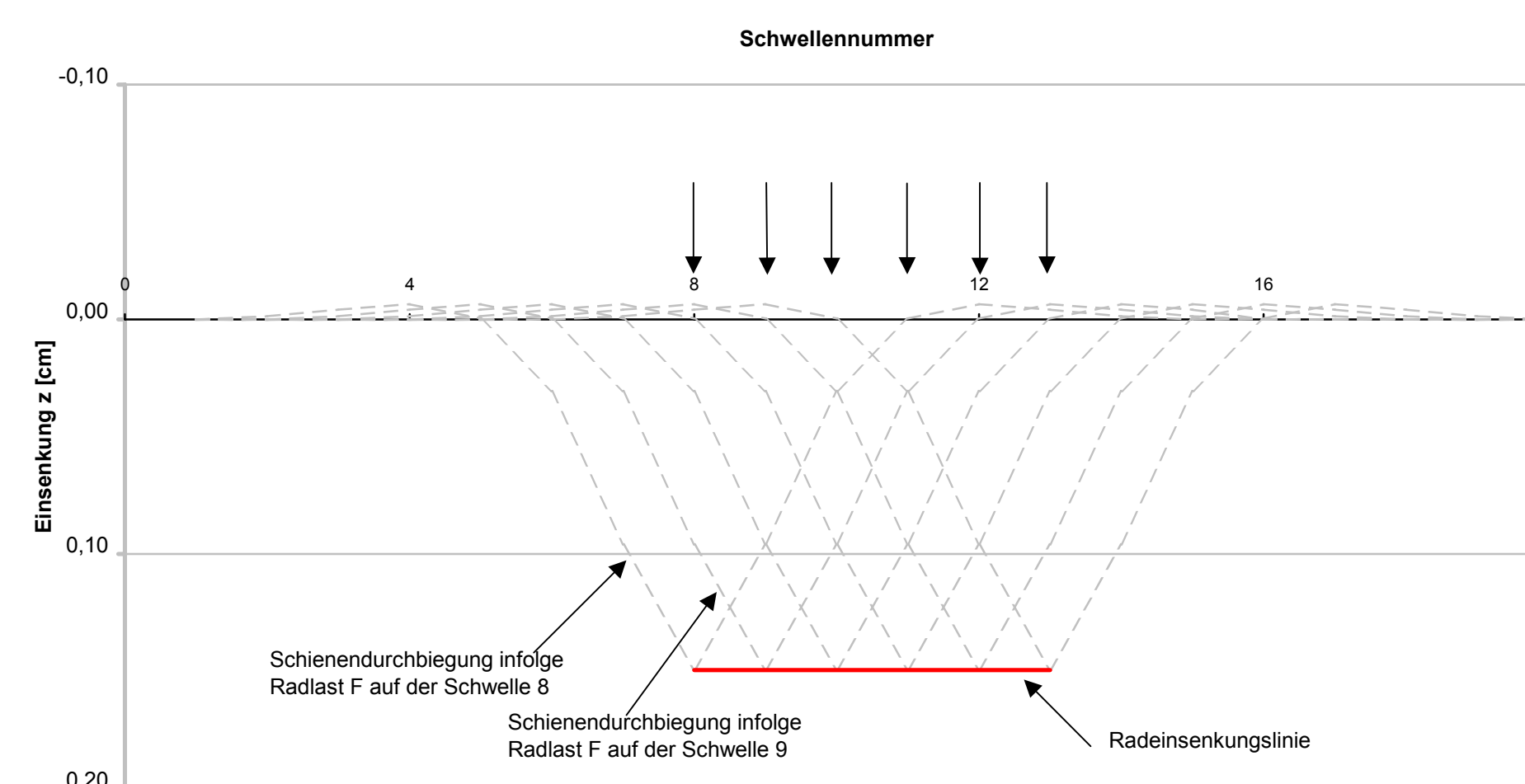
A * z = q

- 4. Der Lösungsvektor z liefert die Gleisdurchbiegung z_i an den Orten i.
5. Das Gleichungssystem wird für jede Laststellung des Rades gelöst. Die Verbindungslinie der Radeinsenkungen jeder Laststellung des Rades heißt Radeinsenkungslinie Z_Ri .

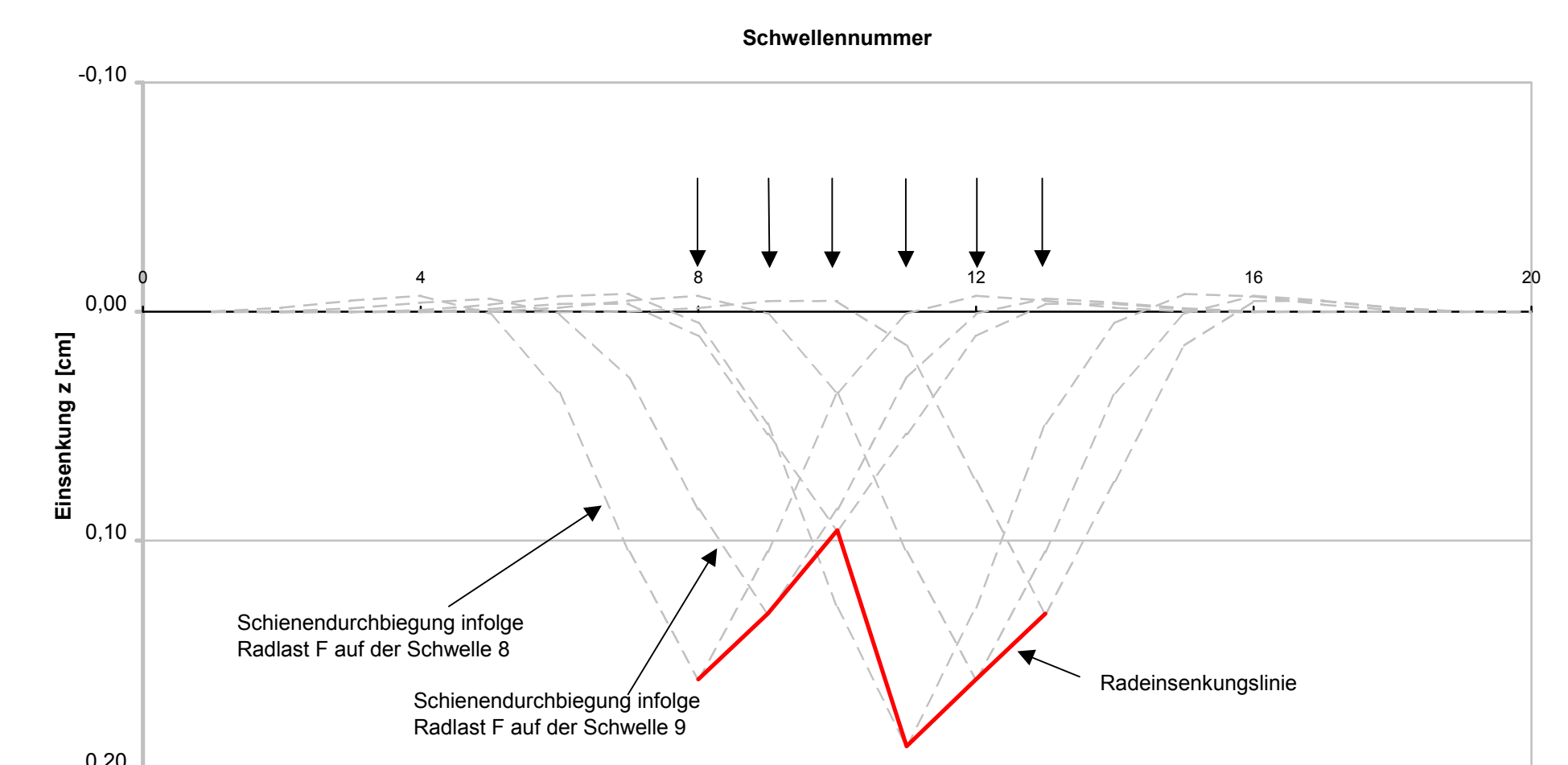


Modifiziertes Modell zur Untersuchung der örtlich veränderlichen Lagerung mit variablen C_i

Herleitung der Radeinsenkungslinie aus Schienendurchbiegung; homogener Fall CB = konst.



Herleitung der Radeinsenkungslinie aus Schienendurchbiegung; inhomogener Fall CB != konst.

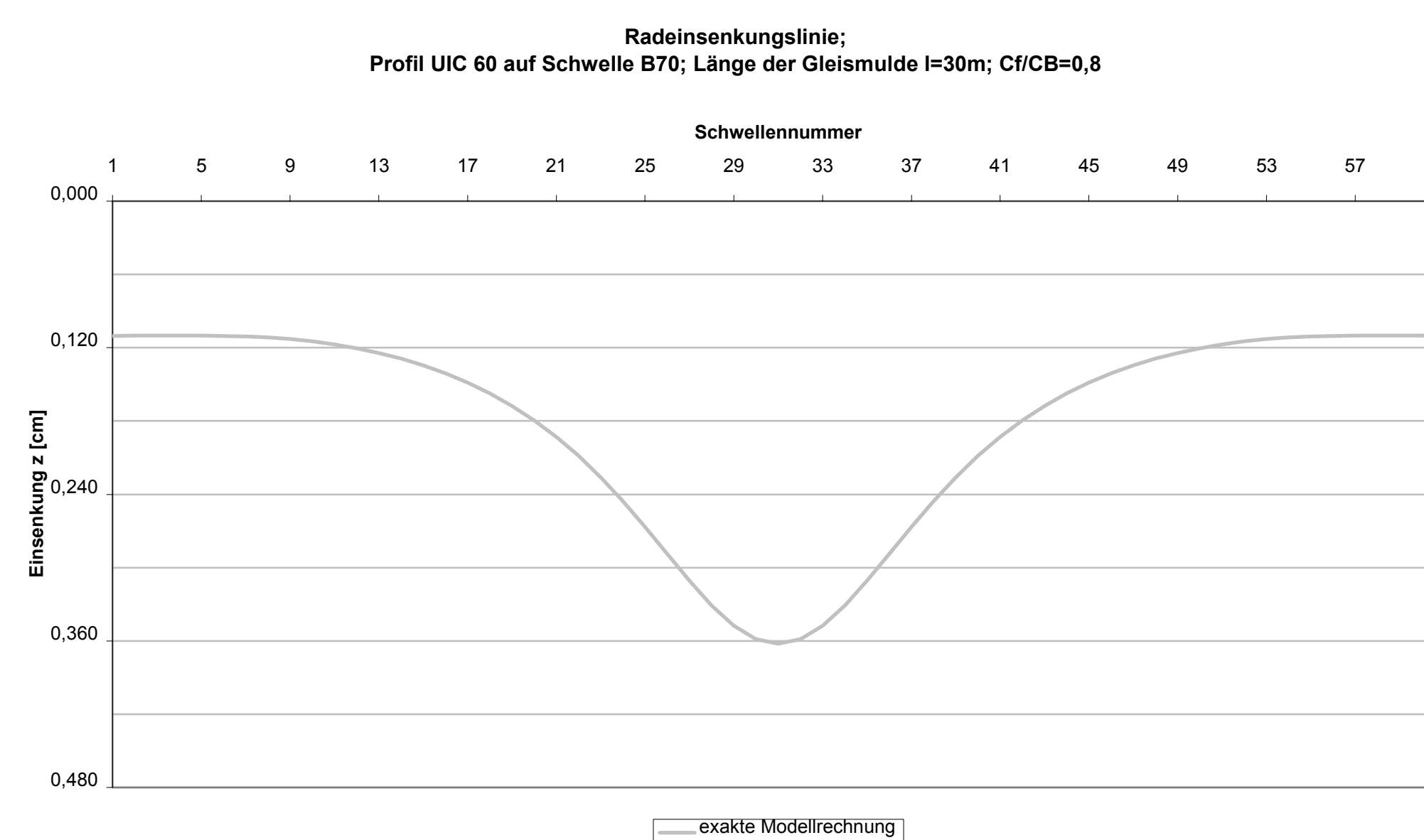


- 6. Im Fall veränderlicher Stützpunktsteifigkeiten werden durch Fahrgeschwindigkeit und wirksame Massenträgheitskräfte zusätzliche Radkräfte infolge vertikaler Zusatzbeschleunigung erzeugt. Zur Betrachtung dieser Zusatzbeanspruchung wird ein Dynamikfaktor DF wie folgt definiert:

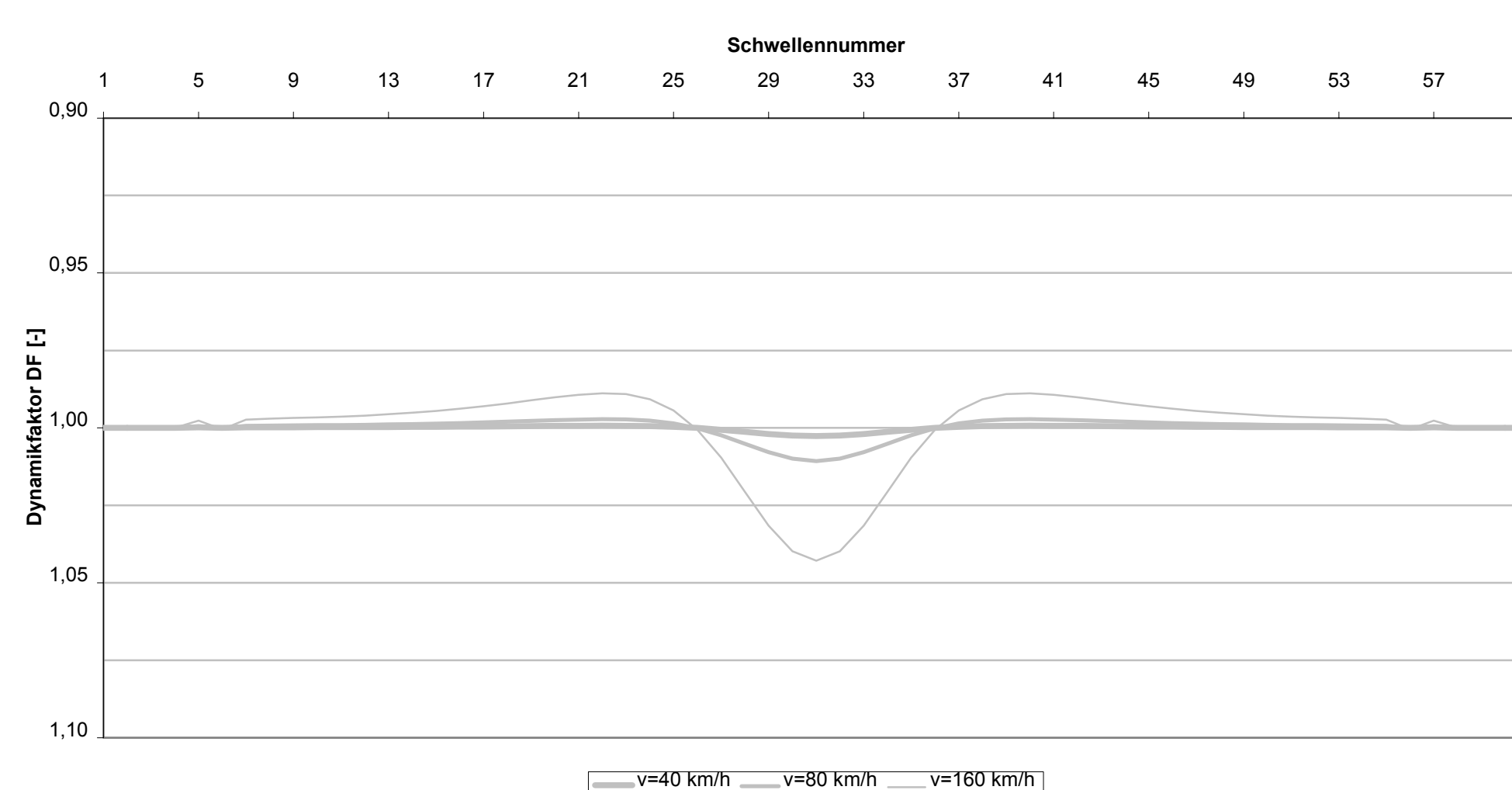
DF = (g + a') / g mit a' = ((Z_{R_{j+1}} - 2 * Z_{R_j} + Z_{R_{j-1}}) / a^2) * v_0^2

- 7. Die Ergebnisse der Berechnungen liefern im Folgenden Verläufe für Radeinsenkung und Entwicklung des Dynamikfaktors in Betrachtung über die Länge der Inhomogenität.

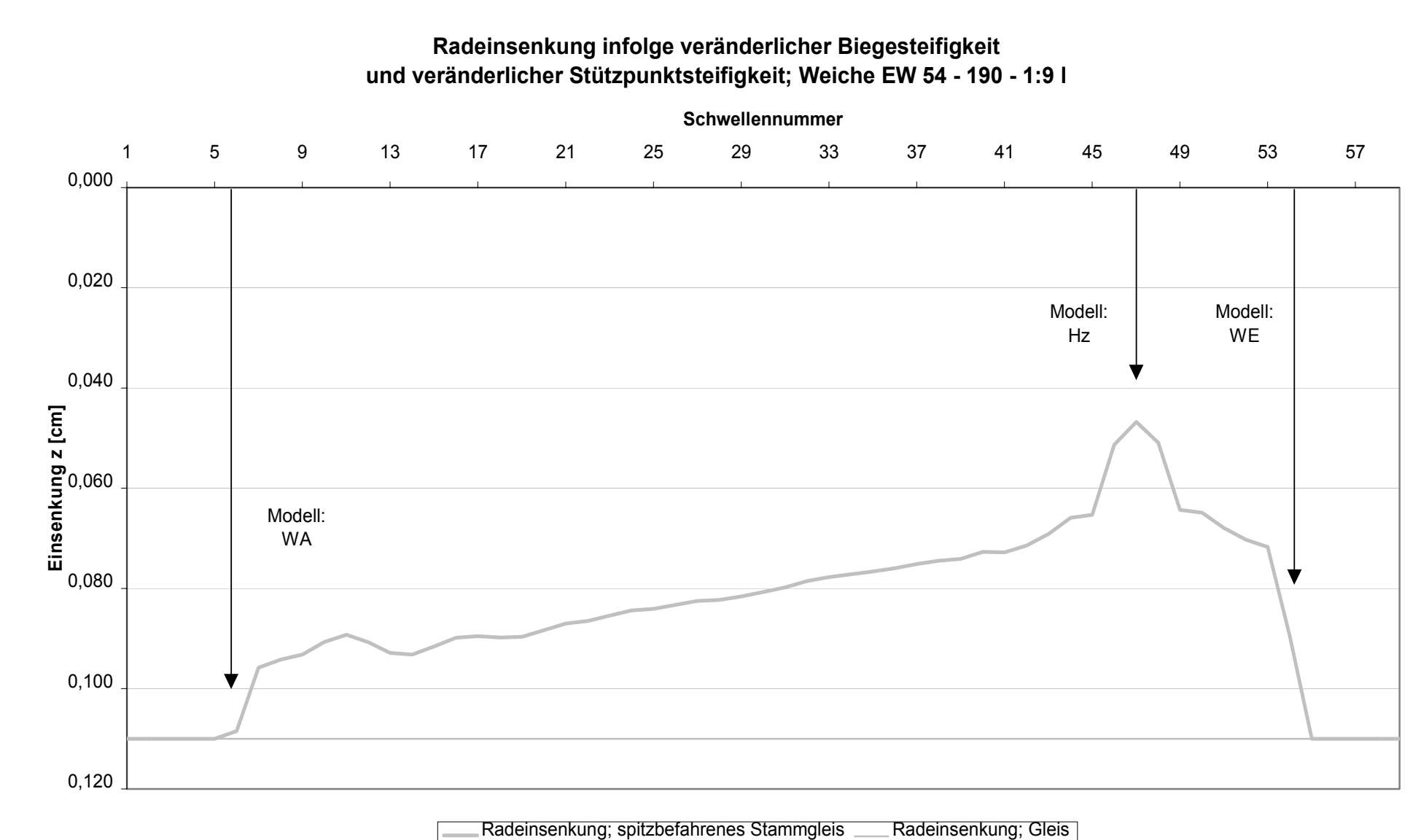
Beispiel: Gleismulde



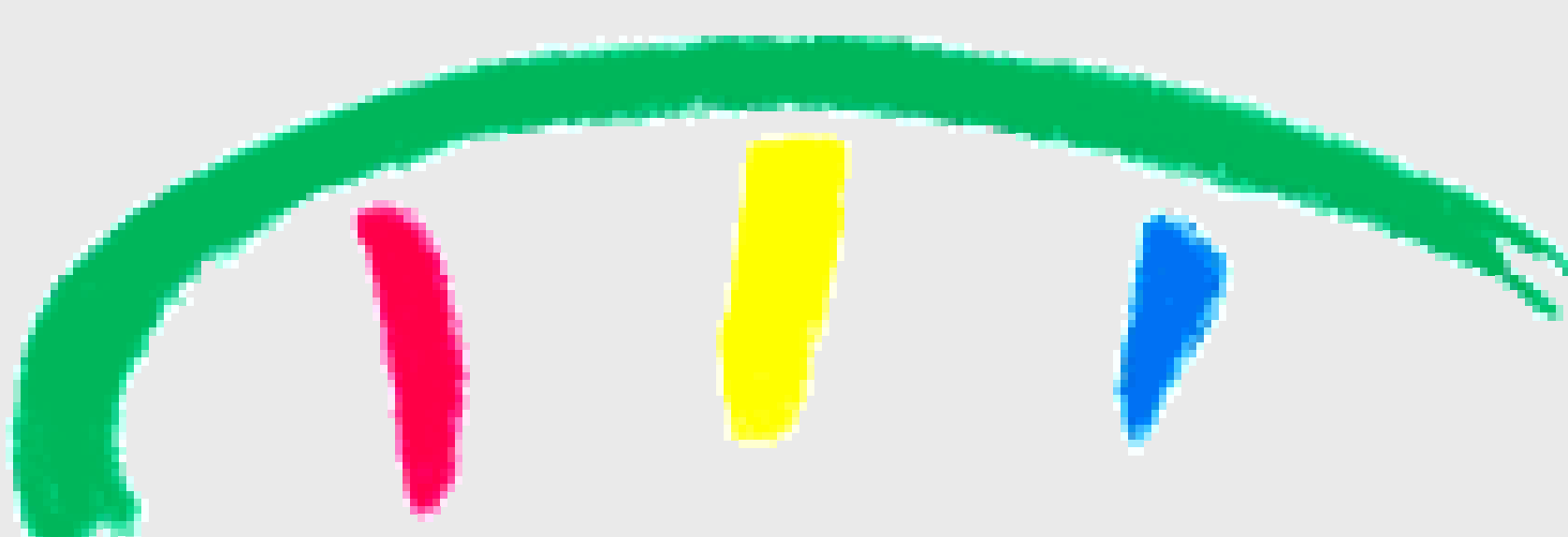
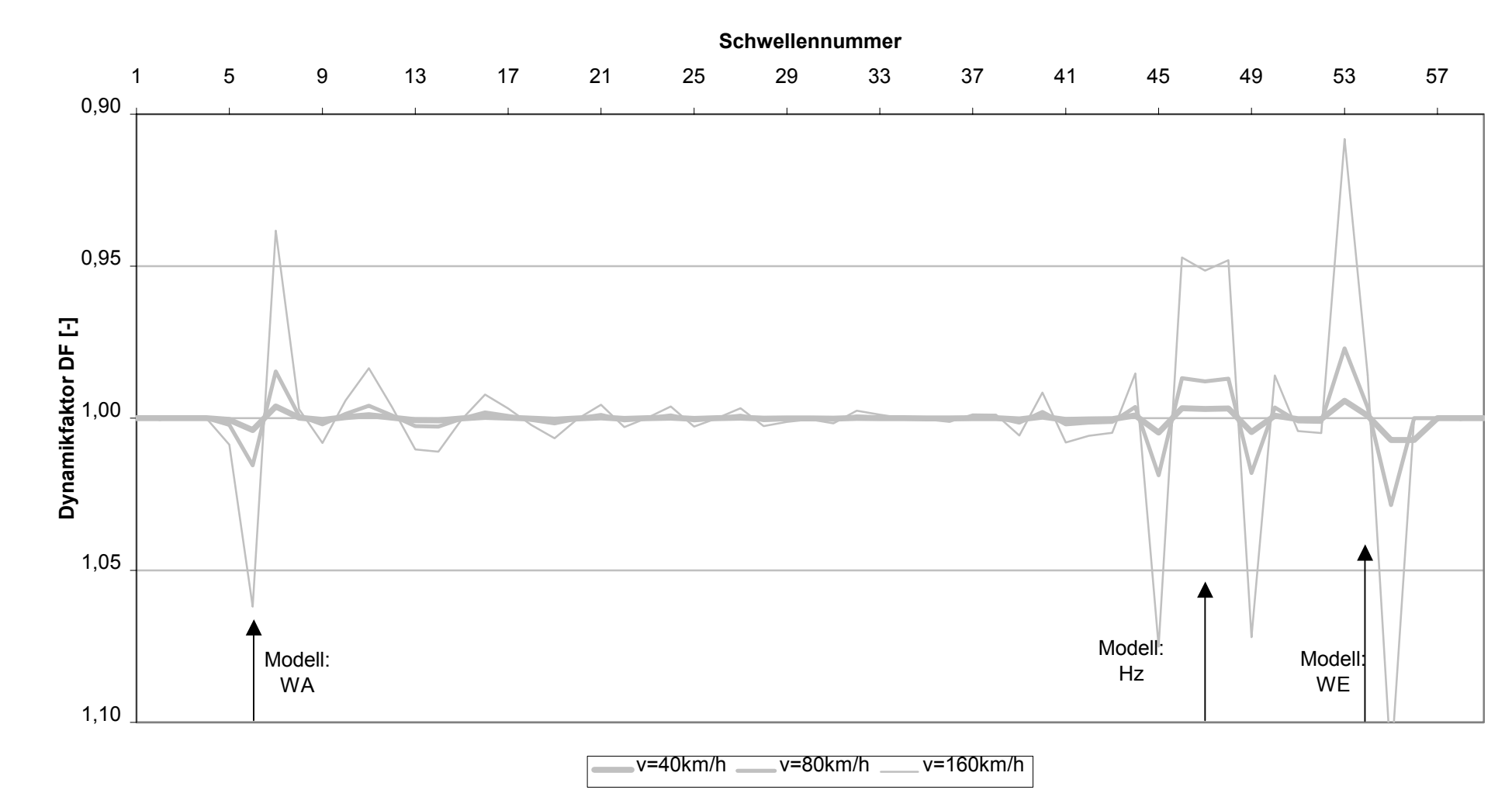
Entwicklung des Dynamikfaktors DF bei Radeinsenkung; Gleismulde l=30m; C1/CB=0,8



Beispiel: Weiche



Entwicklung des Dynamikfaktors DF bei Radeinsenkung infolge veränderlicher Biegesteifigkeit und veränderlicher Stützpunktsteifigkeit; Weiche EW 54 - 190 - 1:9 l



175 Jahre TU Dresden

»Wissen schafft Brücken.«

Diplomarbeit

Untersuchungen zur Zusatzbeanspruchung des Schienenweges bei örtlich veränderlicher Lagerung