

# Kriech- und Schwindberechnungen mit PRAKSI 4

Autor(en): **Haas, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **11 (1980)**

PDF erstellt am: **12.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-11321>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



## VII

### **Kriech- und Schwindberechnung mit PRAKSI 4**

Creep and Shrinkage Analysis with PRAKSI 4

Calcul des effets du fluage et du retrait avec PRAKSI 4

#### **W. HAAS**

Dr. -Ing.

Rechen- und Entwicklungsinstitut für EDV im Bauwesen  
Stuttgart, Bundesrepublik Deutschland

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Die Anforderungen an ein Programm zur Berechnung der Auswirkungen des Kriechens und Schwindens werden an einem Beispiel aus dem Brückenbau erörtert. Insbesondere die Forderung, die abschnittsweise Herstellung und Belastung des Bauwerks im Programm berücksichtigen zu können, hat weitreichende Auswirkungen auf das Leistungsspektrum eines derartigen Programms. Berechnungsergebnisse werden erläutert und mit gemessenen Werten verglichen.

### **SUMMARY**

A typical case study is used to demonstrate the basic requirements which must be met by structural programs for creep and shrinkage analysis. Specifically, the condition that the sequence of construction phases and the corresponding load history are to be modelled properly plays a dominant role in the design of the program architecture. In addition, the results of the numerical analysis are compared with those obtained by measurements.

### **RESUME**

Les exigences posées à un programme pour le calcul des effets du fluage et du retrait du béton sont illustrées dans le cas d'un pont. L'influence de l'exécution et du chargement de la construction en plusieurs étapes est déterminante pour l'organisation et la capacité du programme. Des résultats de calcul sont présentés et comparés avec des valeurs mesurées.



## 1. EINLEITUNG

Bei der Konzipierung eines Programmes für die Ermittlung der Auswirkungen des zeitabhängigen Verformungsverhaltens (Kriechen und Schwinden) von Beton auf die Schnittkräfte und Verschiebungsgrößen konzentriert sich das Interesse häufig auf die mechanischen und numerischen Probleme, also auf die Formulierung geeigneter Stoffgesetze für das Spannungs-Dehnungs-Verhalten des Betons und auf numerisch stabile Algorithmen für die Integration der Änderungen der Schnittkräfte und Verschiebungsgrößen über die Zeit (Tab.1).

Über diesen sicherlich wichtigen Problemen werden leicht die organisatorischen Aspekte der Aufgabenstellung vernachlässigt, die sich z. B. daraus ergeben, daß Betontragwerke stets in einer Folge von Bauzuständen hergestellt werden, die unterschiedliche statische Systeme aufweisen können, daß die Querschnitte nachträglich z. B. durch Beton oder Spannstahl ergänzt werden können, und daß das Eigengewicht und die Vorspannung entsprechend den Bauzuständen abschnittsweise aufgebracht wird (Tab.1). Diese Belastungsgeschichte kann sich über mehrere Jahre erstrecken.

math.-mech. Aspekte	organisatorische Aspekte
<ul style="list-style-type: none"> <li>. geeignete Stoffgesetze</li> <li>. numerisch stabile Algorithmen für die Zeitintegration der Schnittkräfte und Verschiebungsgrößen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Bauzustände</li> <li>. nachträgliche Querschnittsergänzungen</li> <li>. Belastungsgeschichte</li> </ul>

Tab.1 Problemfelder der Kriech- und Schwindberechnung

Mit dem vorliegenden Beitrag sollen anhand einer durchgeführten elektronischen Berechnung aus dem Brückenbau die sich aus dem Bauablauf ergebenden organisatorischen Aspekte einer derartigen Berechnung exemplarisch erörtert, sowie einige Berechnungsergebnisse geschildert und mit Messwerten verglichen werden.

## 2. DIE KRIECH- UND SCHWINDBERECHNUNG DER KOCHERTALBRÜCKE

### 2.1 Konstruktion und Belastungsgeschichte

Die Kochertalbrücke ist eine 1128 m lange Autobahnbrücke aus Spannbeton. Ihre größte Höhe über dem Talgrund beträgt 185 m.

In Längsrichtung ist das statische System der Brücke ein Rahmentragwerk, wobei die vier Mittelpfeiler in den Überbau eingespannt sind. Die Regelfeldweite des Überbaus beträgt 138 m (s. Abb.1).

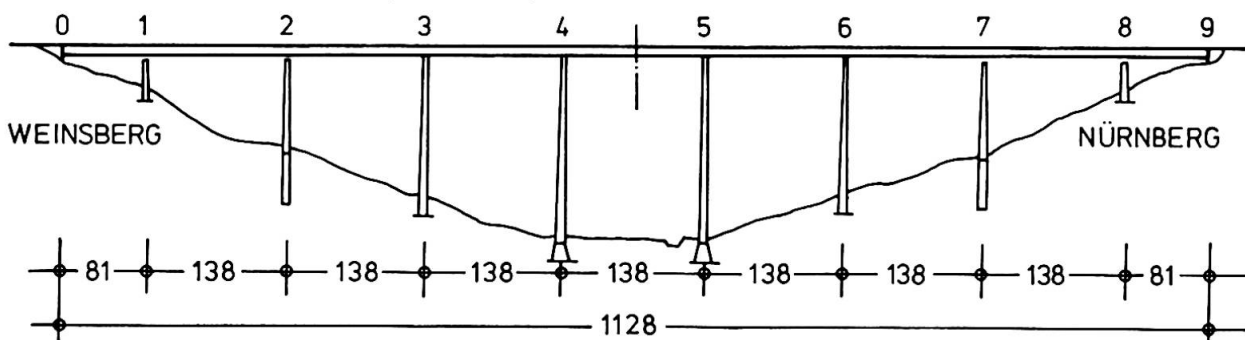


Abb. 1 Statisches System in Längsrichtung

Der Brückenquerschnitt ist ein 6.50 m hoher einzelliger Hohlkasten mit weit auskragenden Platten (Abb.2).

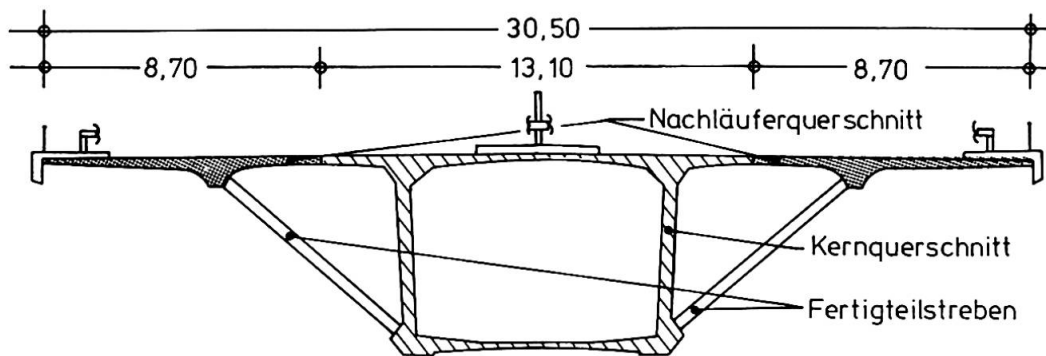


Abb. 2 Brückenquerschnitt

Der Oberbau wird abschnittsweise im Freivorbau unter Verwendung eines Vorfahrträgers hergestellt. Dabei wird zunächst nur der einzellige Hohlkastenquerschnitt, der sogenannte Kernquerschnitt (s. Abb. 2), im Freivorbau vom Pfeilerkopf aus in beiden Richtungen hergestellt. Zu einem späteren Zeitpunkt wird der Kernquerschnitt durch das beidseitige Anbetonieren der Plattenstreifen, des sogenannten Nachläufers, zum Gesamtquerschnitt ergänzt. Diese Plattenstreifen sind durch schräge Fertigteilstreben auf dem Kernquerschnitt abgestützt. Wegen der kurzen zur Verfügung stehenden Ausführungszeit wurde der Oberbau von beiden Widerlagern aus vorangetrieben. Dabei ergeben sich 14 Bauzustände mit unterschiedlichen statischen Systemen.

## 2.2 Ziele der Berechnung

Durch die Herstellung des Bauwerks in 14 Bauzuständen mit unterschiedlichen statischen Systemen ergeben sich Umlagerungen im Gesamtsystem. Um diese Umlagerungen möglichst gering zu halten, wurden in den Koppelfugen der Freivorbauabschnitte, bevor sie geschlossen wurden, mit Pressen sogenannte Fugenexpansionsschnittkräfte aufgebracht. Mit diesen Fugenexpansionsschnittkräften werden dort diejenigen Schnittkräfte eingepreßt, die vorhanden wären, wenn alle Lasten von Anfang an auf das nach dem Schließen der Fugen vorhandene statische System wirken würden. Da das Brückenbauwerk jedoch Beton unterschiedlichen Alters enthält, läßt sich das Systemkriechen durch diese Maßnahme nicht vollständig unterdrücken.

Die nachträgliche Querschnittsergänzung durch den Nachläuferquerschnitt bewirkt Umlagerungen im Querschnitt ("Querschnittskriechen") und Verformungen, die ihrerseits Umlagerungen im Gesamtsystem ("Systemkriechen") hervorrufen. Beide Umlagerungen können hier nicht unabhängig voneinander betrachtet werden [1].

Neben dem zeitlichen Verlauf der Gesamt- und Teilschnittkräfte sollte auch noch der zeitliche Verlauf der Durchbiegung berechnet werden, um die erforderliche Überhöhung der Brücke festlegen zu können.

## 2.3 Annahmen für die elektronische Berechnung

### 2.3.1 Statisches System

Da das statische System und der Bauablauf symmetrisch sind, genügt es, das halbe Brückenbauwerk zu untersuchen. Es wird als ein ebenes Stabwerk mit 13 Stäben idealisiert (Abb. 3).

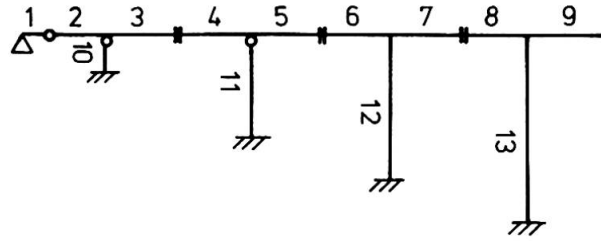


Abb. 3 Statisches System für die elektronische Berechnung

In den einzelnen Bauzuständen ergaben sich unterschiedliche Lager- und Kopplungsbedingungen für die Stäbe, entsprechend dem jeweiligen Baufortschritt. Jeder Stab kann einen beliebigen Verlauf der Querschnittswerte längs der Stabachse aufweisen und jeder Querschnitt kann ein Verbundquerschnitt mit beliebig vielen Teilquerschnitten sein. Dieser außerordentlich leistungsfähige Stab wird benötigt, um z.B. das durch das allmähliche Anbetonieren des Nachläuferquerschnitts bedingte Wandern des Querschnittsprunges des Gesamtquerschnitts sowie das sukzessive Anspannen und Verpressen der Spannglieder berücksichtigen zu können.

### 2.3.2 Belastungsgeschichte

Die Belastungsgeschichte bestand aus folgenden Lastfällen

- 32 Lastfälle Eigengewicht des Kerns
- 32 Lastfälle Eigengewicht des Nachläufers
- 39 Lastfälle für verschiedene Stellungen des Vorbauwagens und des Vorfahrträgers
- 9 Lastfälle Fugenexpansion
- 9 Lastfälle Belag und Gesimse
- 41 Lastfälle Vorspannung mit 175 Spanngliedlagen im Kern und 90 Spanngliedlagen im Nachläufer.

Diese Lastfälle wurden zu insgesamt 42 verschiedenen Zeitpunkten aufgebracht.

### 2.3.3 Materialannahmen

Die Kriech- und Schwindverläufe wurden Spannbetonrichtlinien [2] entnommen. Aus diesen Werten wurden die Materialkennwerte für das alternde Drei-Elemente-Modell ermittelt, mit dem die Berechnung durchgeführt wurde. In [3] ist genauer beschrieben, wie man mit dem alternden Drei-Elemente-Modell das in den Spannbetonrichtlinien [2] festgelegte Materialverhalten darstellen kann.

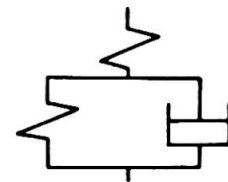


Abb.4 alterndes Drei-Elemente-Modell

### 2.3.4 Zeiteinteilung für die Integration über die Zeit

Die Integration der Änderungen der Schnittkräfte und Verschiebungsgrößen wurde in 90 Zeitintervallen durchgeführt. Dabei wurden jedoch 83 Zeitintervalle für eine genügend genaue Berücksichtigung des Bauablaufs und der Belastungsgeschichte benötigt und lediglich sieben Zeitintervalle um die Änderungen der Schnittkräfte und Verschiebungsgrößen über die Zeitspanne von der Verkehrsübergabe ( $t=1120$  Tage) bis zum angenommenen Endzeitpunkt ( $t=12000$  Tage) zu integrieren.

## 2.4 Ergebnisse der Berechnung

### 2.4.1 Gesamtschnittkräfte

In Abb. 5 ist die Umlagerung des Gesamtbiegemoments in der Mitte des dritten Brückenfeldes dargestellt. Die Wendepunkte zu Beginn der Kurve sind durch die unterschiedlichen Bauzustände bedingt. Die zum Zeitpunkt  $t \rightarrow \infty$  vorhandene Gesamtumlagerung  $M=12.1\text{MNm}$  beträgt ca. 5% des Biegemoments infolge des Gesamteigengewichts des Überbaus am Endsystem. Durch die Fugenexpansion gelang es also, das Systemkriechen stark zu reduzieren.

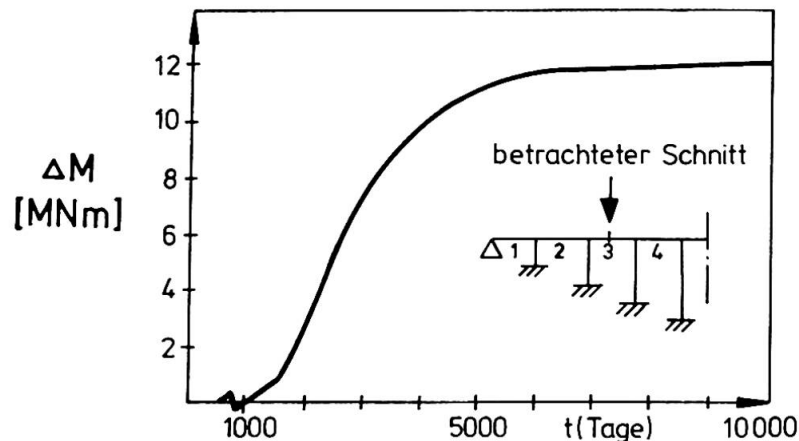


Abb. 5 Umlagerung des Gesamtbiegemoments

### 2.4.2 Teilschnittkräfte

In Abb. 6 sind die Änderungen der Teilnormalkräfte im Kern- und Nachläuferquerschnitt, ebenfalls in der Mitte des dritten Brückenfeldes, dargestellt.

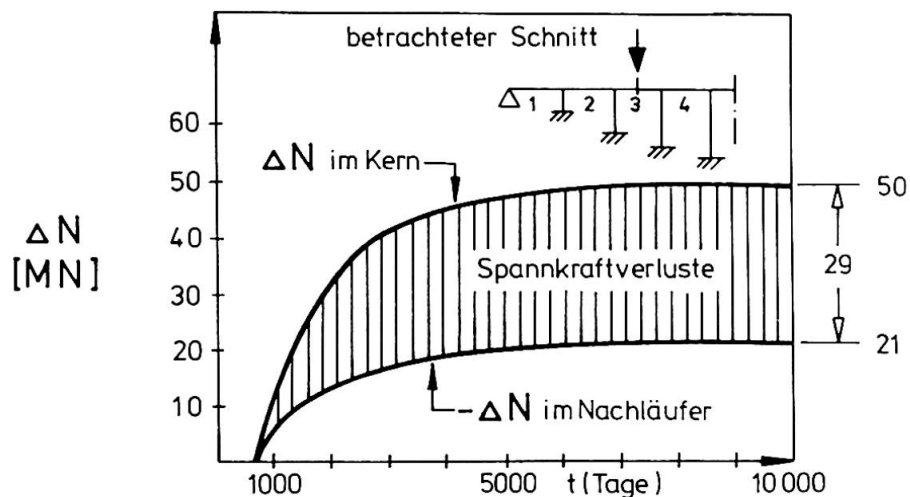


Abb. 6 Umlagerung der Teilnormalkräfte

Im Kernquerschnitt ergibt sich infolge Kriechen und Schwinden ein Abbau der Druckkraft um 50 MN. Davon sind 29 MN Spannkraftverluste und 21 MN wandern in den Nachläuferquerschnitt. Für  $t \rightarrow \infty$  ist im Nachläuferquerschnitt eine Normalkraft von -31 MN vorhanden. Davon werden -21 MN (das sind 68%) durch Kriechen und Schwinden aufgebaut. Es zeigt sich also, daß der Nachläuferquerschnitt in erheblichem Umfang nachträglich zur Lastabtragung herangezogen wird.



### 2.4.3 Überhöhungen

In Abb.7 sind für drei verschiedene Zeitpunkte die berechneten und gemessenen Überhöhungen vergleichend dargestellt. Die Darstellung umfaßt den zu Pfeiler 7 (s.Abb.1) gehörigen Freivorbaubereich. Um den Einfluß der Ungenauigkeiten bei der Ermittlung der Baugrundsetzungen und der Temperaturdehnungen des Pfeilers in Abb.7 zu eliminieren, wurden die gemessenen Überhöhungskurven (um maximal 4 cm) so parallel verschoben, daß sie über dem Pfeilerkopf mit den berechneten Kurven übereinstimmen.

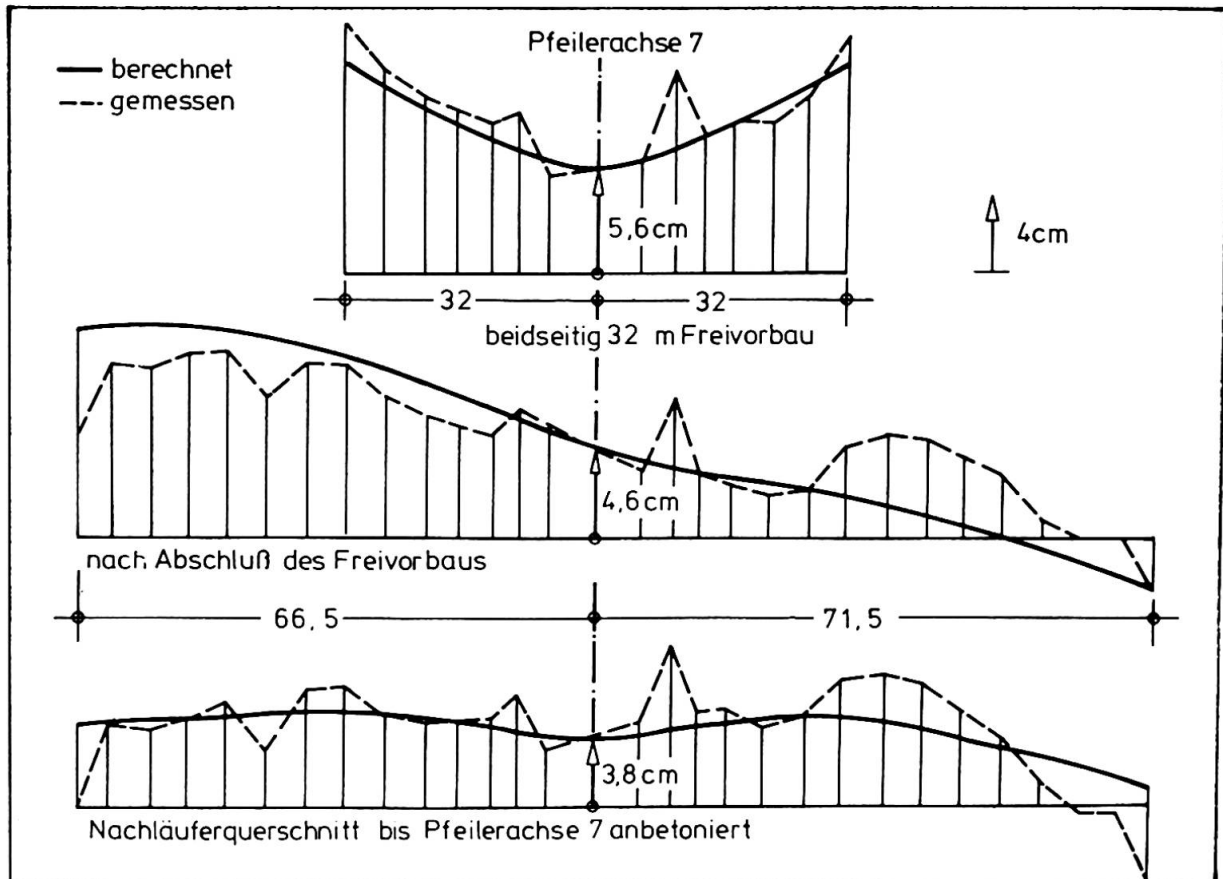


Abb. 7 Überhöhungen des zum Pfeiler 7 gehörigen Freivorbaubereichs

In Abb.7 beträgt die größte Abweichung zwischen gemessener und berechneter Überhöhung 5,5 cm. In Anbetracht der bei der Bauausführung zwangsläufig auftretenden Ungenauigkeiten, den Unsicherheiten bei der Annahme der Kriech- und Schwindbeiwerte und der Regelfeldweite von 138 m, ist diese Genauigkeit als gut zu bezeichnen.

### LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Schade, D., Haas, W.: Elektronische Berechnung der Auswirkungen von Kriechen und Schwinden bei abschnittsweise hergestellten Verbundstabwerken. Heft 244 des DAFStb, Berlin 1975.
- [2] Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauten, Fassung Juni 1973, abgedruckt im Betonkalender 1975.
- [3] Haas, W.: Normengerechte Berücksichtigung des zeitabhängigen Verformungsverhaltens von Beton, dargestellt an zwei Beispielen aus dem Hoch- und Brückenbau, abgedruckt in Finite Elemente in der Baupraxis, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, 1978.