

Master-Thesis Studiengang Civil Engineering

**Projektierung von temporären Tragwerken**  
Grundlagen und Entwicklung einer Methode

**Problemstellung / Ausgangslage:**



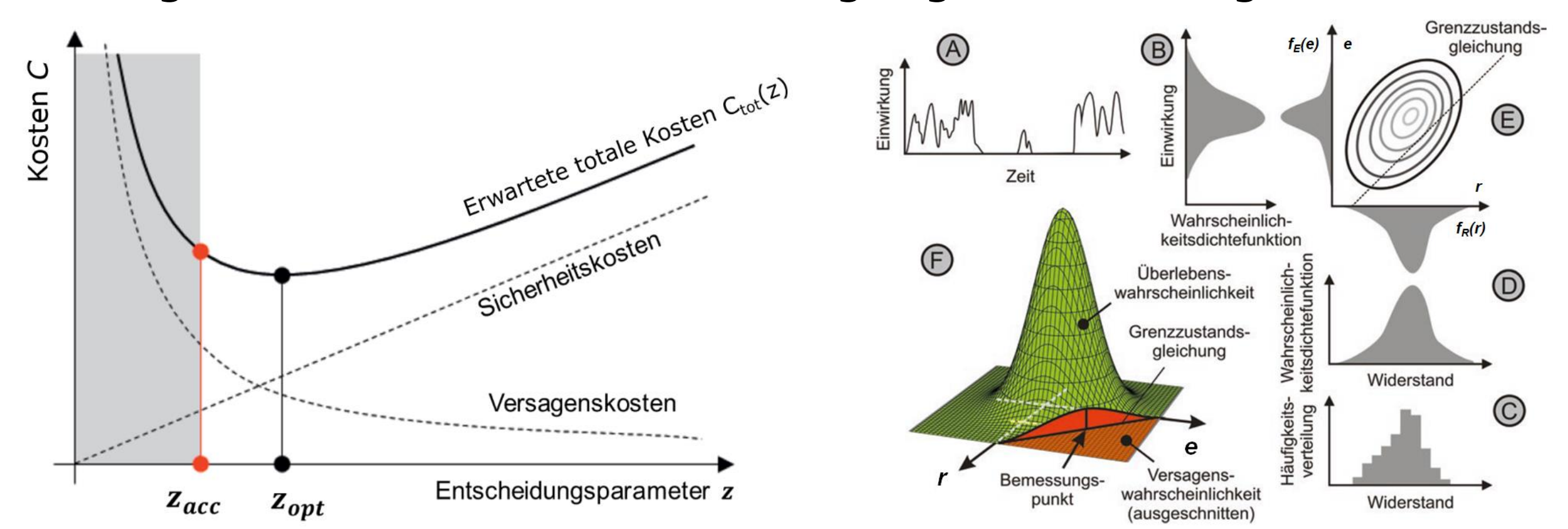
Hilfsbrücke für den Strassenverkehr  
(Temporäres Tragwerk)



Bogenbrücke für den Strassenverkehr  
(Nicht temporäres Tragwerk)

- «Temporäres Tragwerk» gemäss SIA 260 / EN 1990: Nutzungsdauer ≤ 10 Jahre
- Vorausgesetzte Nutzungsdauer für die Kalibrierung der Teilsicherheitsbeiwerte: 50 Jahre
- Ziel-Zuverlässigkeitsindex:  $\beta = 4.70$  (für einen Bezugszeitraum von 1 Jahr)
- Aktuell keine normativ festgelegten Unterschiede hinsichtlich der Tragwerksbemessung von temporären und nicht temporären Tragwerken

**Lösungsansatz für die Berücksichtigung der Nutzungsdauer:**



$$z_{opt} = \underset{z}{\operatorname{argmin}} \left\{ C_{tot}(z) = [C_0 + C_1 \cdot z] + \left[ (C_0 + C_1 \cdot z + H) \cdot \frac{p_r^{(1a)}(z)}{\gamma} \right] + \left[ (C_0 + C_1 \cdot z) \cdot \frac{\omega}{\gamma} \right] \right\}$$

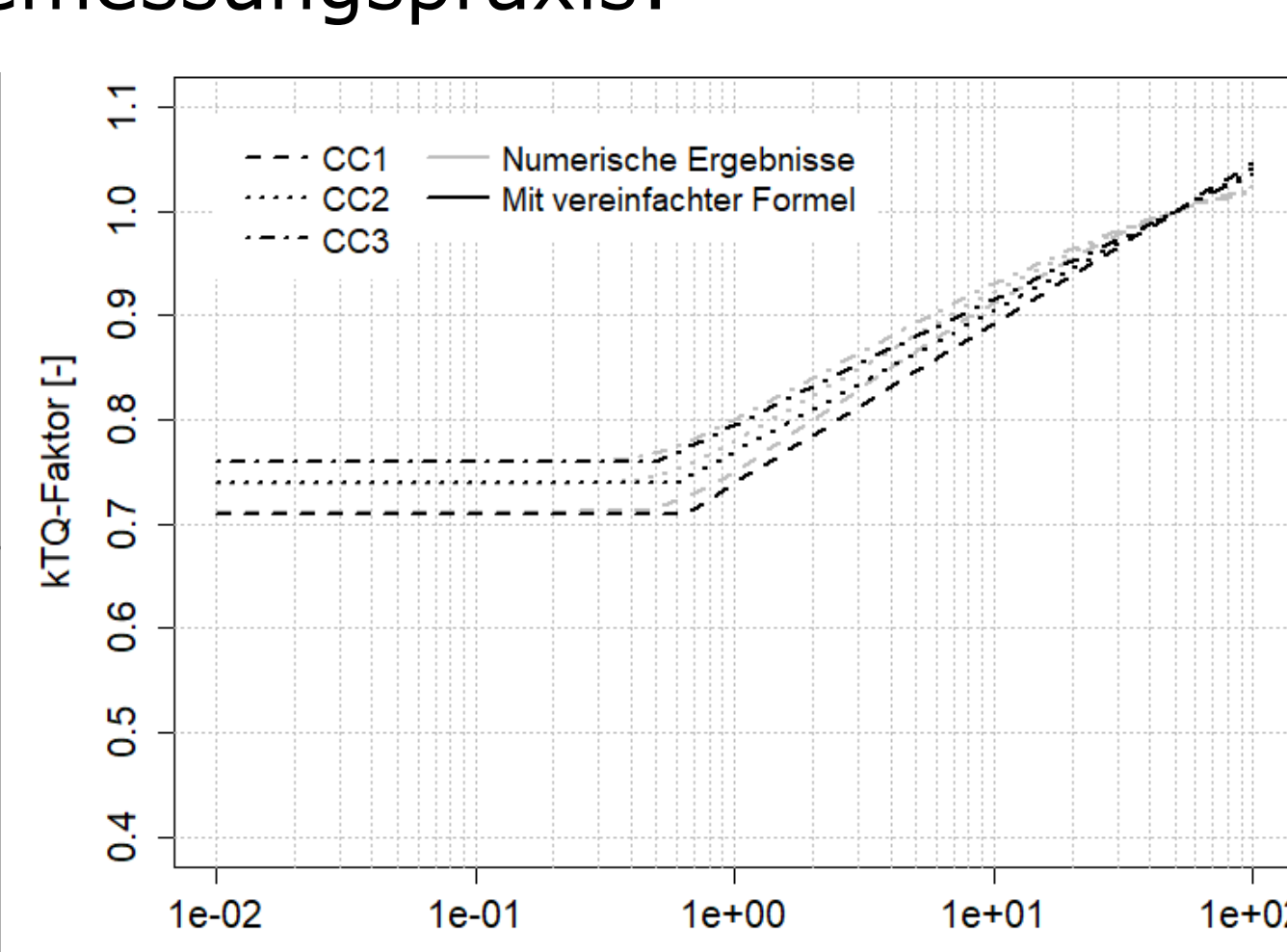
$z$ : Entscheidungsparameter  
 $C_0$ : Teil der Konstruktionskosten (unabhängig von  $z$ )  
 $C_1$ : Teil der Konstruktionskosten (abhängig von  $z$ )  
 $H$ : Nicht strukturelle Versagenskosten  
 $\lambda$ : Auftretensrate; wird mit  $\lambda = 1.00$  eingeführt (Eintrittswahrscheinlichkeit/Jahr)  
 $\omega$ : Jährliche Obsoleszenzrate  $\rightarrow \omega = 1 / T_{Nutzungsdauer}$   
 (Annahmen: Exponentialverteilte Lebensdauer & Lebensdauer > Nutzungsdauer;  $T_{Nutzungsdauer}$  in Jahren)  
 $\gamma$ : Jährlicher Zinssatz  $\rightarrow$  Annahme von  $\gamma = 2\% = 0.02$   
 $D$ : Abbruchkosten / Rückbaukosten  
 $p_r^{(1a)}$ : Versagenswahrscheinlichkeit (Bezugszeitraum = 1 Jahr)

**Ergebnis / Anwendung in der Bemessungspraxis:**

CC 1:  $k_{T,Q} = \left[ 1 + \left( \frac{1-0.40}{9} \cdot \ln\left(\frac{T}{50}\right) \right) \right] \geq 0.71$   
mit  $k_F = 0.91$  und  $T$  in [Jahren]

CC 2:  $k_{T,Q} = \left[ 1 + \left( \frac{1-0.47}{9} \cdot \ln\left(\frac{T}{50}\right) \right) \right] \geq 0.74$   
mit  $k_F = 1.04$  und  $T$  in [Jahren]

CC 3:  $k_{T,Q} = \left[ 1 + \left( \frac{1-0.53}{9} \cdot \ln\left(\frac{T}{50}\right) \right) \right] \geq 0.76$   
mit  $k_F = 1.17$  und  $T$  in [Jahren]



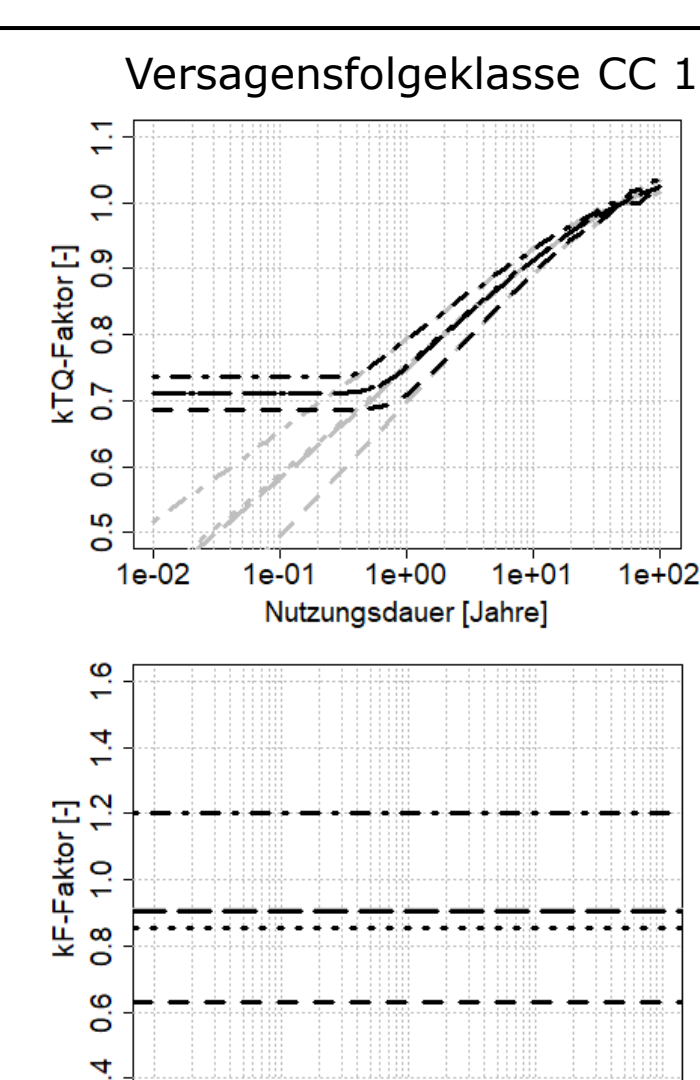
Angepasste Bemessungsgleichung für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen sowie den Grenzzustand der Tragsicherheit - Typ 2:

$$\frac{R_k}{\gamma_R} \geq k_F \cdot (\gamma_G \cdot G_k + k_{T,Q} \cdot \gamma_Q \cdot Q_k)$$

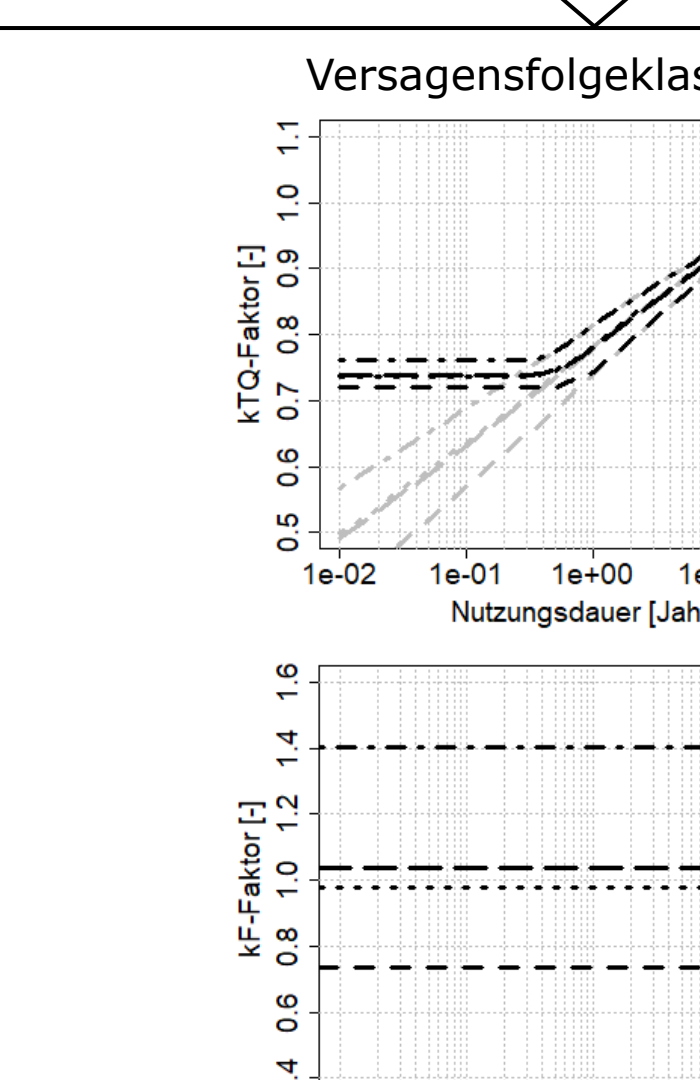
$$z_{Norm} = \frac{\gamma_R}{R_k} \cdot (\alpha_G \cdot \gamma_G \cdot G_k + (1 - \alpha_G) \cdot \gamma_Q \cdot Q_k) \quad \text{wobei} \quad \alpha_G = \frac{G_m}{G_m + Q_m} \quad (\text{ständiger Lastanteil})$$

$$k_F = \frac{z_{opt,50}}{z_{Norm}} \quad \text{und} \quad k_{T,Q} = \frac{z_{opt,T}}{z_{opt,50}}$$

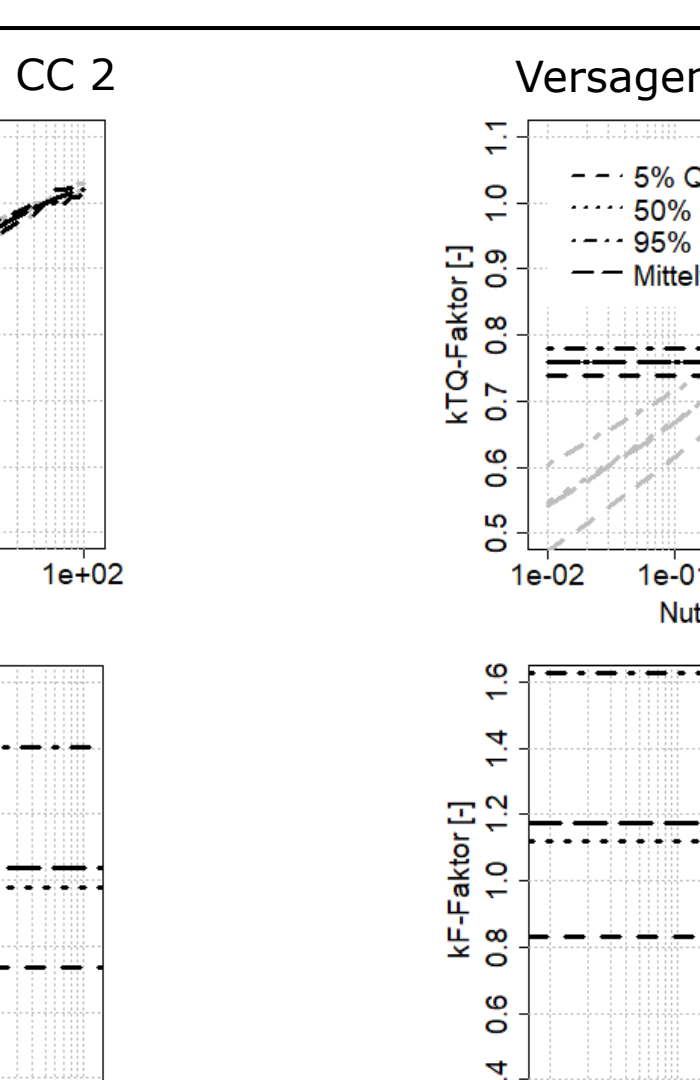
Versagensfolgeklasse CC 1



Versagensfolgeklasse CC 2



Versagensfolgeklasse CC 3



**Problemstellung**

Die Schweizer Normenreihe SIA 260ff klassiert Tragwerke mit einer geplanten Nutzungsdauer von maximal 10 Jahren als temporäre Tragwerke. Das semiprobabilistische Teilsicherheitskonzept weist jedoch keine Unterschiede zwischen temporären und nicht temporären Tragwerken auf. Unabhängig von der geplanten Nutzungsdauer sind unveränderte Teilsicherheitsbeiwerte sowie identische charakteristische Einwirkungsgrößen für die Bemessung zu verwenden. Dieser Sachverhalt wirft in der Bemessungspraxis oft Fragen auf – unter anderem aufgrund der damit verbundenen Kosten und Ressourcen, die zur Sicherstellung der geforderten Sicherheit aufgewendet werden müssen.

**Lösungsansatz**

Aus Kosten-Nutzen-Überlegungen lässt sich für längere Nutzungsdauern ein höheres und für temporäre Tragwerke mit einer Nutzungsdauer von nur wenigen Tagen, Wochen oder Monaten ein tieferes Zuverlässigkeitsniveau begründen.

Es stellt sich die Frage, welches Ziel-Zuverlässigkeitsniveau in Abhängigkeit der geplanten Nutzungsdauer aus rein wirtschaftlicher Sicht optimal ist und entsprechend angestrebt werden sollte. Mit Hilfe eines risikobasierten Ansatzes kann ein Optimierungsproblem formuliert und im Anschluss gelöst werden. Eine generische Betrachtungsweise ermöglicht dabei die Berücksichtigung von möglichst vielen verschiedenen Bemessungssituationen. Nebst Kosten-Nutzen-Überlegungen sind auch gesellschaftliche Kriterien, die von der geplanten Nutzungsdauer unabhängige Mindestanforderungen an die Sicherheit festlegen, einzuhalten.

Durch die risikobasierte Betrachtungsweise werden sämtliche an einem Grenzzustand einflussnehmenden Basisvariablen sowie alle mit einem Tragwerk in Verbindung stehenden Kosten berücksichtigt. Optimiert wird der Entscheidungsparameter  $z$ , der bezogen auf die Baupraxis zum Beispiel als Bewehrungsfläche eines Stahlbetonträgers verstanden werden kann.

**Ergebnis**

Um im Rahmen der Tragwerksbemessung zukünftig die geplante Nutzungsdauer berücksichtigen zu können, wird der Nutzungsdauerfaktor  $k_{T,Q}$  hergeleitet und in das Teilsicherheitskonzept eingeführt. Dessen Hintergrund steht in Analogie zum Versagensfolgefaktor  $k_F$  gemäss den Eurocodes. Um konsistent und kohärent mit den normativen Grundlagen vorzugehen, ist im Rahmen der Bemessung sowohl der  $k_{T,Q}$  - als auch der  $k_F$  - Faktor anzuwenden. Dabei wird der  $k_{T,Q}$  - Faktor nur auf die veränderlichen Einwirkungen angewandt. Die Berücksichtigung des  $k_F$  - Faktors hingegen erfolgt global auf die ständigen und veränderlichen Einwirkungen.

**Severin Iseli**

Betreuer:  
Prof. Dr. Albin Kenel

Experte:  
Dr. Balz Friedli