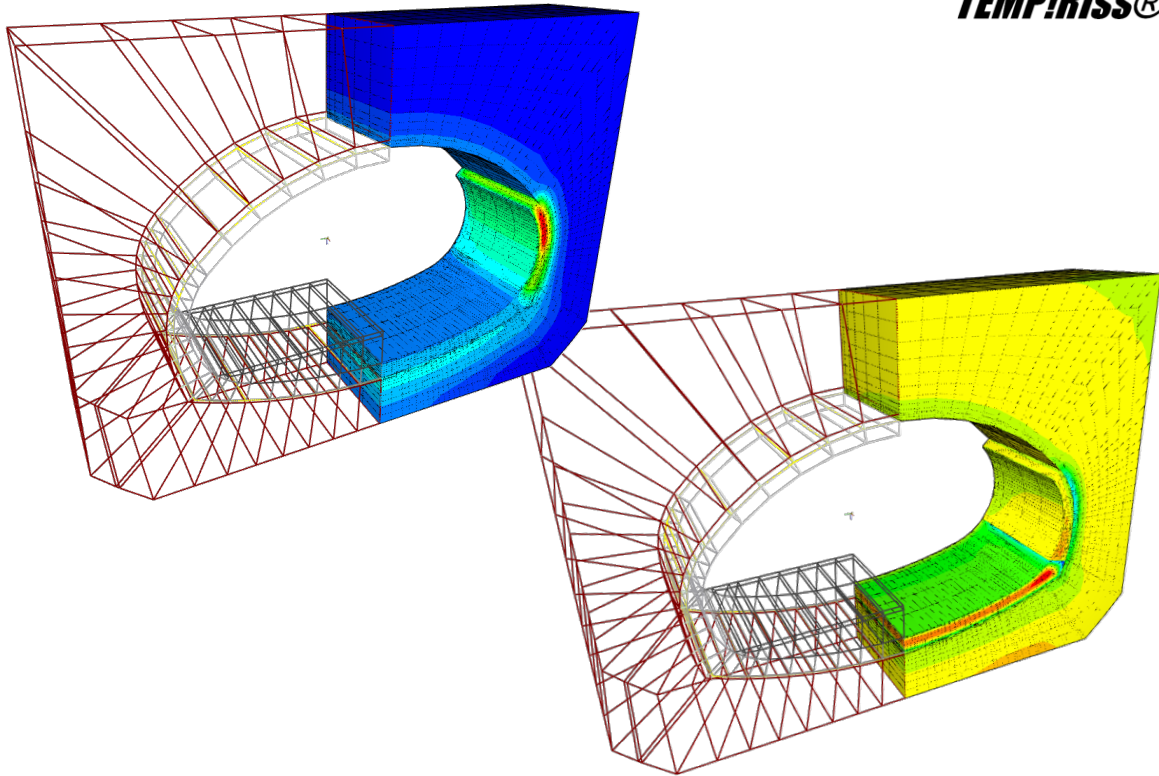


**TEMP!Riss®**



Informationsbroschüre

# TEMP!Riss®

Software zur Simulation von gekoppelten thermo- und hygromechanischen Fragestellungen mit 3-dimensionaler Modellierung komplexer Konstruktionen und Analyse von Szenarien zur Optimierung von Prozessen, Materialeinsatz und Bauteilqualität



**TEMP!Riss®**

ist eine schnelle und flexible Softwarelösung für die 3D-Simulation von gekoppelten thermo- und hygromechanischen Fragestellungen, insbesondere für erhärtende Betonbauteile im frühen Alter (Hydratationswärme- und Festigkeitsentwicklung). Durch Ausnutzung ausgereifter numerischer und grafischer Techniken können umfangreiche Simulationsmöglichkeiten für die zeitabhängige Temperatur-, Feuchtigkeits-, Festigkeits- und Spannungsentwicklung realisiert werden, die sich nahtlos in das Konzept moderner Computer Aided Designs (CAD) einfügen. Die Entwicklung dieser Software erfolgte ursprünglich innerhalb eines internen FuE-Projektes des Technical Center – Baustofftechnik der Implenla Construction GmbH.

Die Verwendung dieses sehr speziellen numerischen Werkzeuges bietet für jede Projektphase – Angebotsbearbeitung, Planung, Arbeits-vorbereitung und Ausführung – Anwendungsmöglichkeiten und ermöglicht einen nicht zu verachtenden Wettbewerbsvorteil. In der nachfolgenden Tabelle sind ein paar wesentliche Anwendungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit Beton- und Stahlbetonkonstruktionen angegeben:

Angebotsbearbeitung	Planung	Arbeitsvorbereitung	Ausführung
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Machbarkeitsuntersuchungen</li> <li>▪ Variantenvergleiche hinsichtlich Bauteilabmessungen, Betonsorten oder Herstelltechnologien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nachweis früher und später Zwang</li> <li>▪ Rissrisikoanalysen</li> <li>▪ Bauphysikalische Nachweise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dimensionierung Bauteilinnenkühlung</li> <li>▪ Dimensionierung Heizkabelanordnung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimierung von Ausschalzeiten</li> <li>▪ Soll-Ist-Vergleiche</li> <li>▪ Schadensanalysen (z.B. bei temperaturbedingter Rissbildung)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nachweisführung zur maximalen Betontemperatur und des Temperaturgradienten im Bauteil, bspw. nach ZTV-W</li> <li>▪ Nachweis zur Sicherheit vor Frostschäden</li> <li>▪ Brandsimulation</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parameterstudien zur Prozess-, Bauteil- und Kostenoptimierung</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parameteranalyse für Arbeitsanweisungen, z.B. Erstellung projekt- und bauteilspezifischer Nomogramme zur Optimierung der Nachbehandlung.</li> <li>▪ Nachbehandlungskonzept</li> </ul>	

Die Anwendung von TEMP!Riss® im Rahmen der oben aufgeführten Projektphasen ermöglicht zahlreiche Vorteile für die jeweiligen Projekte. Die wesentlichsten potentiellen Vorteile sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

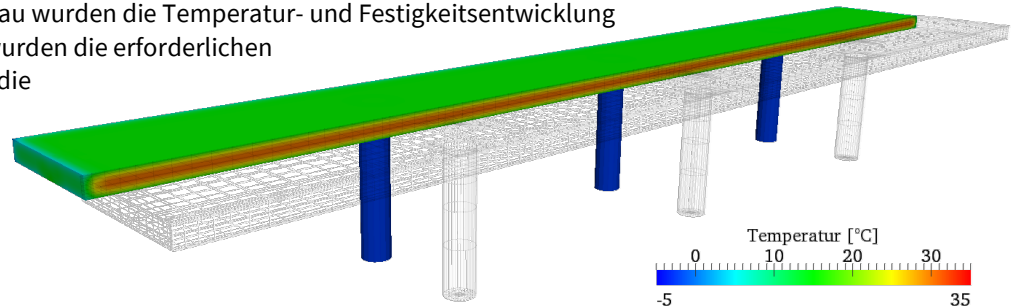
Technische Vorteile	Ökonomische Vorteile
Potential zur: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ zielsicheren Einhaltung normativer Forderungen (Maximaltemperaturen, Temperaturgradienten, zulässigen Zwangsspannungen, Ausschalfestigkeiten, Nachbehandlungszeiten usw.)</li> <li>▪ Minimierung der Bauteilbeanspruchung durch die Optimierung von Abschnittslängen, von Randbedingungen und von Nachbehandlungsmaßnahmen</li> <li>▪ Minimierung des Risikos einer Rissbildung im jungen Beton</li> <li>▪ genaueren Nachweisführung „Früher“ und „Später“ Zwang</li> <li>▪ Steigerung der Bauteilqualität</li> </ul>	Potential zur Kosteneinsparung durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Frühzeitige Einbindung in die Planung zur Optimierung von Bauteilabmessung, Herstellprozesses und Nachbehandlung</li> <li>▪ Kostengünstige Variantenvergleiche oder Parameterstudien</li> <li>▪ wesentlich genauere Nachweisführung, z.B. hinsichtlich Mindestbewehrung („Früher“ und „Später“ Zwang)</li> <li>▪ Minimierung von Bauteilversuchen (Full Scale Tests)</li> <li>▪ Optimierung zusätzlicher Maßnahmen zur Begrenzung der maximalen Kerntemperatur (z.B. Bauteilinnenkühlung)</li> <li>▪ weniger Nacharbeiten (z.B. weniger Rissverpressung)</li> </ul>

## Anwendungsbeispiele

Simulation der Temperatur-, Festigkeits- und Spannungsentwicklung in hydratisierenden Beton- und Stahlbetonbauteilen unter Berücksichtigung der Betonzusammensetzung, der zeitlich veränderlicher Materialparameter und der thermischen, hygri-schen sowie mechanischen Randbedingungen.

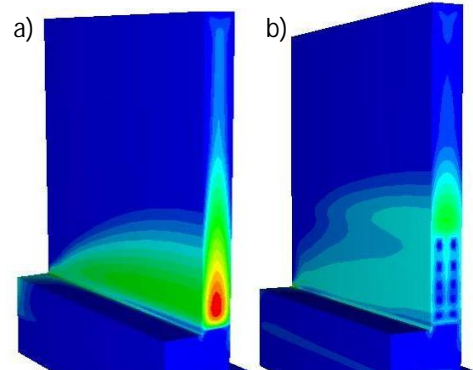
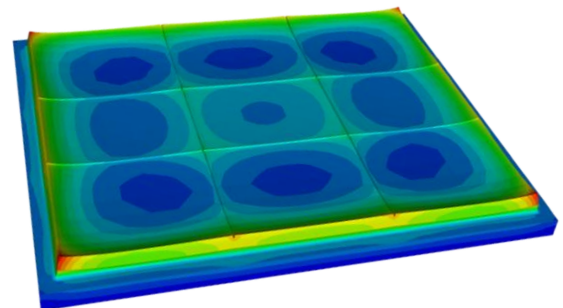
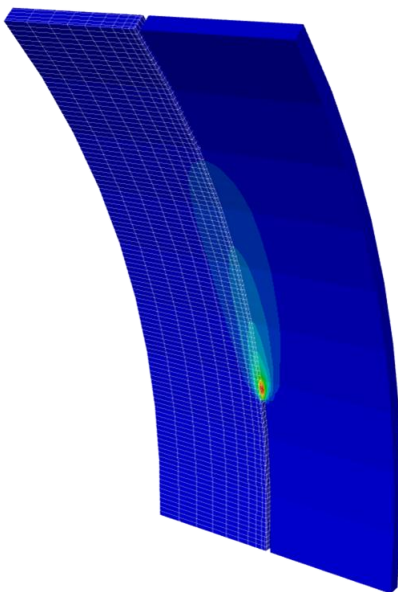
### Brückenüberbau:

Für den dargestellten Brückenüberbau wurden die Temperatur- und Festigkeitsentwicklung berechnet. Anhand der Ergebnisse wurden die erforderlichen Nachbehandlungsmaßnahmen und die notwendige Schalzeit festgelegt.



### Betonplatte:

Das Beispiel rechts zeigt eine Verformungssimulation einer Betontragschicht infolge Hydratation und gleichzeitiger Austrocknung über einen Zeitraum von sieben Tagen, unter Berücksichtigung des Fugenschnittes nach 12h.



### Simulation einer Schweißnaht:

Das Beispiel oben zeigt die Simulation einer Schweißverbindung zwischen zwei Stahlrohrsegmenten. Die Materialeigenschaften sind alle temperaturabhängig definiert.

### Bauteilinnenkühlung:

Der links abgebildete Vergleich zeigt einen Wand-Fundament-Anschluss, welcher a) ohne und b) mit Bauteilinnenkühlung modelliert wurde. Die zwei dargestellten Spannungsverteilungen verdeutlichen den positiven Effekt dieser Nachbehandlungsmaßnahme. In den roten Bereichen, bei a), liegen risserzeugende Zugspannungen vor.

## Ergebnisauswertung

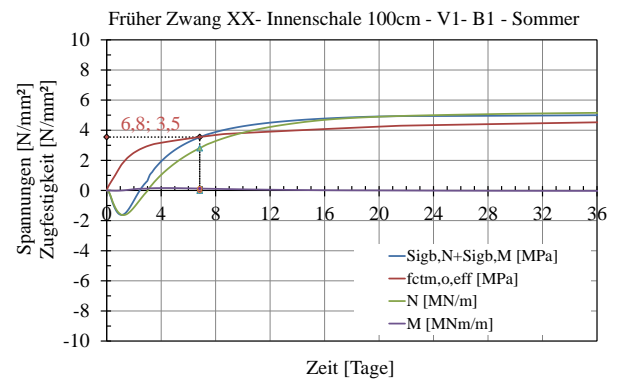
### Tabellen

ermöglichen eine übersichtliche Darstellung von Ergebnissen, z.B. aus unterschiedlichen Varianten. Das Beispiel rechts zeigt für zwei Variablen (Betonsorte und Jahreszeit) die Auswertung der Maximaltemperatur, die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Rissbildung und die Zugfestigkeit zum Risszeitpunkt.

Szenario		Zeit @ T <sub>max</sub> [h]	Früher Zwang						
			Temperaturen			In Richtung X (horizontal)		In Richtung Z (vertikal)	
Beton	Jahreszeit	T <sub>max</sub> [°C]	Riss	Risszeitpkt. [d]	f <sub>ctm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Riss	Risszeitpkt. [d]	f <sub>ctm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	
1	Sommer	36,0	42,9	ja	6,8	3,5	nein	-	
1	Winter	56,0	29,1	nein	-	-	nein	-	
2	Sommer	38,0	34,9	ja	7,7	2,5	nein	-	
2	Winter	56,0	22,3	nein	-	-	nein	-	
siehe unter		Abbildung 11		Abbildung 12			Abbildung 13		

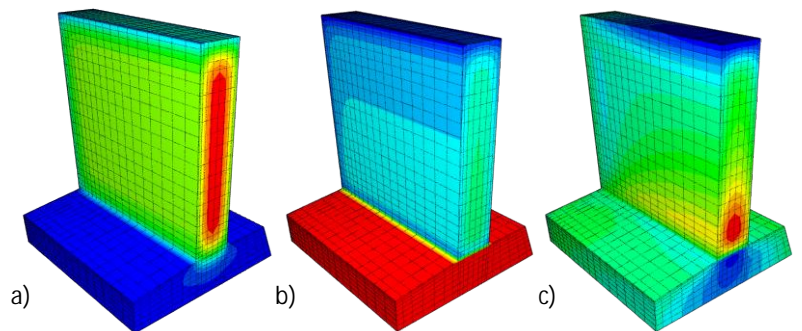
### Diagramme

erlauben die einfache Darstellung zeitlich veränderliche Eigenschaften oder Bauteilzustände (Temperatur- oder Spannungsentwicklung). Die Auswertung erfolgt hierbei punktuell. Das Beispiel links zeigt eine Gegenüberstellung von Zugfestigkeits- und Spannungsentwicklung. Anhand dieser Darstellung lässt sich der Risszeitpunkt abschätzen.



### Isoplots

sind Farbplots, mit denen sich Flächen und Volumen einfach und übersichtlich auswerten lassen. So können kritische Bereiche schnell identifiziert und mittels einer punktgenauen Detailanalyse (z.B. mit einem Diagramm) tiefgründiger ausgewertet werden. Rechts sind drei Beispiele für Farbplots gegeben. Hierbei sind in



- a) die Temperaturverteilung nach zwei Tagen, in
- b) die Druckfestigkeitsverteilung nach zwei Tagen und in
- c) die Längsnormalspannung nach zehn Tagen dargestellt.

### Soll- Ist-Vergleiche

stellen ein Kontrollwerkzeug dar, bei dem die numerischen mit den messtechnisch erfassten Ergebnissen verglichen werden. Dies dient zur Validierung der zugrunde gelegten Materialeigenschaften und zur Überprüfung der gewählten Randbedingungen. Weiterhin können unplanmäßige Abweichungen, wie z.B. Änderungen in der Betonrezeptur oder im Nachbehandlungsregime erkannt und bei Bedarf behoben werden.

