

# Anhang zu:

## Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

von

Martin Empelmann  
Sara Javidmehr  
Johannes Rathgen

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
Fachgebiet Massivbau

Andreas Hellenbrand  
Markus Ulbricht  
Florian Wagner

PricewaterhouseCoopers GmbH  
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft

Tanja Kessel  
Julia Sietas

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb  
Lehrstuhl für Infrastruktur- und Immobilienmanagement

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 193**

**bast**

---

## Anhang

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | Fragenkatalog: Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten<br>Brücke ..... | 2  |
| 2  | Fragebogen – Betreiber .....  | 8  |
| 3  | Fragebogen – Fachplaner .....   | 9  |
| 4  | Fragebogen – Bauwerksprüfer .....   | 10 |
| 5  | Handout für die Interviewpartner .....  | 11 |
| 6  | Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 1 .....                            | 15 |
| 7  | Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 2 .....                            | 18 |
| 8  | Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 3 .....                            | 21 |
| 9  | Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 4 .....                            | 24 |
| 10 | Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 5-8 .....                          | 27 |
| 11 | Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 9-11 .....                         | 30 |
| 12 | Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 12 .....                           | 33 |
| 13 | Cluster Interviewergebnisse .....   | 36 |

## 1 Fragenkatalog: Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

### Allgemeines

| Prüfer | Planer | Betreiber |  |
|--------|--------|-----------|--|
| x      | x      | x         | Welche Berührungspunkte haben Sie mit dem Monitoring von Brückenbauwerken?   |
| x      | x      | x         | Welche Erwartungen haben Sie an eine „Intelligente Brücke“?  |
| x      | x      | (x)       | Wie bewerten Sie derzeit den Aufwand für die Zustandserfassung und die Überwachung von bestehenden Brückenbauwerken?   |
| x      | x      | x         | Wird bei Ihnen bereits Sensorik für die Zustandserfassung und die Überwachung von Brücken eingesetzt?                  |
| (x)    | (x)    | x         | Haben Sie Erfahrungen im Bereich des Datenmanagements bzw. der Datenaufbereitung? (Was verstehen Sie unter „Daten“?)   |
| (x)    | x      | x         | Berücksichtigen Sie aktuell bei der Planung von Neubauten direkt eine mögliche Überwachung mit Hilfe von Sensorik?     |
| (x)    | x      | x         | Haben Sie bereits Erfahrungen mit dem Monitoring bei Brückenbauwerken und wenn ja, welche Erfahrungen haben Sie genau? |

### Schäden / Defizite von Brücken

| Prüfer | Planer | Betreiber |   |
|--------|--------|-----------|---|
| x      | x      |           | Welche Schäden, Problemstellen oder Hot-Spots sollten Ihrer Meinung nach zukünftig mit Sensoren überwacht werden?   |
| x      | x      |           | Welche Schäden, Problemstellen oder Hot-Spots können Ihrer Meinung nach nicht oder nur mit viel Aufwand durch Sensoren überwacht werden?                            |
| x      | x      |           | Welche Herausforderungen bei der Nachrechnung können Ihrer Meinung nach zukünftig gut mit Sensoren überwacht werden?  |
| x      | x      |           | Welche rechnerischen Defizite aus Nachrechnungen und welche Einwirkungen können Ihrer Meinung nach nicht oder nur mit viel Aufwand durch Sensoren überwacht werden? |
| x      | x      |           | Welche weiteren Angaben der Betreiber oder Messdaten sind für Sie wichtig?  |
| x      | x      |           | Für welche Parameter ist aus Ihrer Sicht eine Überwachung mit Sensoren nicht sinnvoll?  |
| x      | x      | x         | Bei welchen Brücken/Brückenarten ist Ihrer Meinung nach eine sensorbasierte Überwachung am wichtigsten?   |

### Einsatz von Sensoren

| Prüfer | Planer | Betreiber |   |
|--------|--------|-----------|---|
| x      | x      | (x)       | Wie sind Ihre Erfahrungen mit den bisher eingesetzten Sensoren?   |
| x      | x      | (x)       | In welchen zeitlichen Intervallen werden dabei von den Sensoren Daten erhoben, ggf. verarbeitet und gespeichert?  |
| x      | x      | (x)       | Wie sind diese Sensoren an das Netz angeschlossen?  |
| x      | x      | (x)       | Wie sind Ihre Erfahrungen mit der Lebensdauer der eingesetzten Messtechnik?   |
| x      | x      | (x)       | Sind bei der von Ihnen eingesetzten Messtechnik schon mal Probleme aufgetreten und wenn ja, wie wurden diese identifiziert?   |
| x      | x      |           | Welche Sensordaten müssen nur in bestimmten Intervallen zur Verfügung stehen?   |
| x      | x      |           | Welche Sensoren bzw. Sensordaten sind Ihrer Meinung nach am relevantesten für die zukünftige Entwicklung eines intelligenten Datenmanagements? (Management von „Daten“ ist breit gefächert: Bauwerksdaten, Statik, Pläne, Bautagebücher, Bauwerksprüfungen, Senso-raufzeichnungen etc.) |
| x      | x      |           | Welche Sensordaten sind Ihrer Meinung nach am relevantesten für den langfristigen Erhalt einer Brücke bzw. eines Bauwerks?  |
|        | x      |           | Mit welchen zusätzlichen Daten könnten Ihrer Meinung nach bei Neubauten die Nachweise/ die zukünftige Bewertung einfacher/dezidiertes durchgeführt werden?  |
|        | x      |           | Bei welchen Brücken/Brückenarten werden von Ihnen weitere Daten/Informationen benötigt, die aktuell nicht erfasst werden?   |



### Datenmanagement

| Prüfer | Planer | Betreiber |   |
|--------|--------|-----------|---|
|        | (x)    | x         | Gibt es bei Ihnen ein Datenmanagementkonzept, und wenn ja, welche Leistungen umfasst dieses?  |
|        | (x)    | x         | Wer ist bei Ihnen für das Datenmanagement zuständig?  |
|        | (x)    | x         | Wie erfolgt das Datenmanagement und deren Anpassungen?  |
|        | x      | x         | Wie werden die Daten an die einzelnen Interessensgruppen verteilt?  |
|        |        | x         | Nutzen Sie computergestützte Datenmodelle zur Datenbearbeitung, zum Datenmanagement und für die Entscheidungsunterstützung? Wenn ja, welche?  |
|        |        | x         | Gibt es bei Ihnen bereits einen formulierten Soll-Prozess für das Datenmanagement von Monitoringmaßnahmen? Wie sind in diesem Fall die Datenquellen, Übertragungswege und Auswertungs- bzw. Aufbereitungsformate definiert? |
|        | x      | x         | Wie können die erhobenen und aufbereiteten Daten im Gesamtprozess zwecks Ableitung von Maßnahmen oder prognostischen Einschätzungen genutzt werden? Welche Grenzen oder weitere Schritte bestehen diesbezüglich?            |
|        | x      | x         | Wie werden die Konsistenz und Aktualität der Daten gewährleistet?   |
|        | x      | x         | Sind die Daten für operative Zwecke und Steuerungszwecke für die Akteure in den Prozessen intuitiv und aufwandsarm handhabbar?  |

### Datenerfassung

| Prüfer | Planer | Betreiber |   |
|--------|--------|-----------|---|
| x      | x      | (x)       | Was ist Ihre Erwartungshaltung an die Daten, die mit Sensoren an Brücken erfasst werden?              |
| x      | x      | x         | Wer ist bei Ihnen für die Datenerfassung mit Hilfe von Sensoren zuständig? (ggf. auch Drittanbieter?) |
| x      | x      | (x)       | Wie möchten Sie in Zukunft die Daten erfassen?  |
| x      | x      | x         | Welche zusätzlichen Daten benötigen Sie bzw. hätten Sie gerne, um Ihre Bewertung zu verbessern?       |
|        | x      | x         | Was würden Sie mit diesen Daten gerne machen? (Visualisierung, digitaler Zwilling, KI, ...)           |

## Datenhaltung

| Prüfer | Planer | Betreiber |   |
|--------|--------|-----------|---|
|        | x      | x         | Wer ist Ihrer Meinung nach für die Datenhaltung (physische Datenhaltung) verantwortlich?  |
|        | x      | x         | Wo bzw. wie erfolgt die Datenhaltung aktuell? (Cloud, eigene Cloud, eigenes Rechenzentrum, Hybrid Cloud, ...)   |
|        |        | x         | Kann Ihrer Meinung nach eine Nutzung als Shared Service über einen Drittanbieter in Betracht gezogen werden?  |
|        |        | x         | Werden die Daten aktuell dezentral oder zentral gehalten?   |
|        |        | x         | Mit welcher Kapazität werden die Daten aktuell gehalten?  |
|        |        | x         | Haben Sie Erfahrung mit der Skalierbarkeit? Wie erfolgt die Planung (Zukunftsbetrachtung)?  |
|        |        | x         | Mit welcher Technologie werden die unterschiedlichen Datenformate gehandhabt und wo werden diese gespeichert? Warum wird das aktuell so gehandhabt und wie sollte dies zukünftig erfolgen?                    |
|        | x      | x         | Welche Datenqualität und -verfügbarkeit ist erforderlich?   |
|        |        | x         | Ist eine Archivierung/Löschung von Messdaten (Zustandsdaten der Brücke) im Rahmen des Instandhaltungsmanagements erforderlich? Wenn ja, welche Zeiträume sind zu betrachten?                                  |
|        |        | x         | Wie wird die Sicherheit und Validität der Daten gewährleistet? Wo und aus welchem Grund gibt es hier aktuell Lücken? Wie sollte dies zukünftig gehandhabt werden?   |
|        |        | x         | Gibt es Daten mit einem erhöhten Schutzbedarf?  |
|        |        | x         | Ist eine Hochverfügbarkeit und redundante Datenhaltung (im Rahmen von Disaster Recovery) erforderlich?  |
|        |        | x         | Wie wird die derzeitige Datenverfügbarkeit und Datenhaltung zum Themenfeld der Intelligenten Brücke gesehen? Welche Restriktionen, Potenziale und Schwächen sind Ihnen diesbezüglich bekannt und zu beachten? |

**Datenformate / Datenübertragung**

| Prüfer | Planer | Betreiber |   |
|--------|--------|-----------|---|
| x      | x      |           | In welchen Datenformaten liegen die Messdaten der einzelnen Sensoren aktuell vor?   |
| x      | x      |           | Können die Messdaten direkt für die Auswertung verwendet werden und sollen Ihrer Meinung nach die Sensoren die Daten zukünftig selber verarbeiten und visualisieren können?                             |
| x      |        | x         | Wo ist aktuell noch manuelles Datenhandling notwendig und inwieweit unterstützen dabei systemtechnische Prozesse (bis hin zum Einsatz von Künstlicher Intelligenz)? Wie sollte dies zukünftig erfolgen? |
|        | x      | x         | Wie übertragen Sie aktuell die Daten vom Ort der Entstehung? Wie sollte dies zukünftig erfolgen?  |
|        | x      | x         | Erfolgt aktuell vor Ort schon eine Aufbereitung/Aggregation der Daten?  |
| (x)    | x      | (x)       | Welche Bandbreiten können für die Übertragung der Daten genutzt werden?   |

**Datenaufbereitung**

| Prüfer | Planer | Betreiber |  |
|--------|--------|-----------|--|
|        | x      |           | In welcher Form/Darstellungsart benötigen Sie die Daten, um eine Bewertung vornehmen zu können?  |
|        | x      |           | Von wem erhalten Sie die Daten und wie bereiten Sie diese dann auf?  |
| x      |        |           | Gibt es Sensordaten, welche durch manuelle Arbeit angereichert werden müssen?  |
| x      |        |           | Welche Schnittstellen sind aus Ihrer Sicht zwischen einem lokalen Messsystem am Bauwerk und den digitalen Bauwerksdaten (Datenbanken etc.) sinnvoll?     |
|        | x      | x         | Wer ist Ihrer Meinung nach für die Datenaufbereitung zuständig?  |
| (x)    | (x)    | x         | Auf welche besonderen Merkmale achten Sie bei der Datenaufbereitung (Kennzahlen/Erkenntnisse)? Was ist Ihnen dabei besonders wichtig?                    |
|        | x      | (x)       | Welche Erfahrungen haben Sie bereits mit Building Information Modelling (BIM)? Welche Rolle spielt BIM Ihrer Meinung nach beim Monitoring?               |
|        | x      | (x)       | Welche Erfahrungen haben Sie bereits mit einem „digitalen Zwilling“? Welche Rolle spielt der digitale Zwilling Ihrer Meinung nach beim Monitoring?       |
|        | x      | x         | Welche PI's benutzen Sie zur Zustandsbewertung Ihres Bauwerks? Wie werden diese Informationen aktuell erhoben? Wie ist die zukünftige Erwartungshaltung? |
|        | x      | x         | Nutzen Sie computergestützte Programme für die Aufbereitung und Bewertung der Daten? Wenn ja, welche/für was? Falls nein, wieso nicht?                   |
| x      | x      | x         | Was erhoffen/wünschen Sie sich von einer computergestützten Aufbereitung?  |

### Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte

| Prüfer | Planer | Betreiber |   |
|--------|--------|-----------|---|
| x      | x      | x         | Wer sollte Eigentümer der Daten sein?   |
| x      | x      | x         | Wo sollte das Datenmanagement organisatorisch angebunden sein?  |
| x      | x      | x         | Wer sollte Zugriffsrechte auf die Daten haben?  |
|        |        | x         | Wer ist aktuell für die Wartung und Instandhaltung der Messtechnik verantwortlich? Wie sollte die Wartung und Instandhaltung der Messtechnik zukünftig organisiert sein?              |
|        |        | x         | Welche Schnittstellen zu anderen Software-/Datenmodellen müssen gewährleistet werden?   |
|        |        | x         | Gibt es hinsichtlich des Monitorings und des Datenmanagements bei den Mitarbeitern noch Fortbildungsbedarf?   |
|        | (x)    | x         | Wie sieht der Bedarf an Fortbildungen im Bereich Monitoring und Datenmanagement Ihrer Meinung nach aus?   |
| x      | x      | x         | Wie lief in der Vergangenheit die Zusammenarbeit mit den anderen Akteuren bei Monitoringmaßnahmen von Brücken (Bauwerksprüfer, Planer, Betreiber) und sind ggf. Probleme aufgetreten? |
| x      | x      | x         | An welcher Stelle und wie sind Sie aktuell an der Planung einer „Intelligenten Brücke“ beteiligt?   |
| x      | x      | x         | Wie wären Sie gerne zukünftig an der Planung einer „Intelligenten Brücke“ beteiligt?  |
|        |        | x         | Welche Rahmenbedingungen sind hinsichtlich der Akzeptanz neuer Datenformate im Bereich Betrieb und Instandhaltung bzw. im Vergabemanagement zu erwarten?                              |

## 2 Fragebogen – Betreiber



### Interview – Auszug der Fragen

#### **Allgemeines**

1. Welche Erwartungen haben Sie an eine „Intelligente Brücke“?

#### **Schäden / Defizite von Brücken**

1. Bei welchen Brücken / Brückenarten ist Ihrer Meinung nach ein kontinuierliches Monitoring am wichtigsten?

#### **Einsatz von Sensoren**

1. Wie sind Ihre Erfahrungen mit den bisher eingesetzten Sensoren?

#### **Datenmanagement**

1. Gibt es bei Ihnen ein Datenmanagementkonzept und welche Leistungen umfasst dieses?
2. Wie werden die Daten an die einzelnen Interessensgruppen verteilt?

#### **Datenerfassung**

1. Was ist Ihre Erwartungshaltung an die Daten, die mit Sensoren an Brücken erfasst werden?
2. Wer ist bei Ihnen für die Datenerfassung zuständig? (ggf. auch Drittanbieter?)
3. Wie möchten Sie in Zukunft die Daten erfassen?

#### **Datenhaltung**

1. Wer ist Ihrer Meinung nach für die Datenhaltung (physische Datenhaltung) verantwortlich?
2. Kann Ihrer Meinung nach eine Nutzung als Shared Service über einen Drittanbieter in Betracht gezogen werden?

#### **Datenaufbereitung**

1. Wer ist Ihrer Meinung nach für die Datenaufbereitung zuständig?
2. Auf welche besonderen Merkmale achten Sie bei der Datenaufbereitung (Kennzahlen / Erkenntnisse)? Was ist Ihnen dabei besonders wichtig?

#### **Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte**

1. Wer ist aktuell für die Wartung und Instandhaltung der Messtechnik verantwortlich? Wie sollte die Wartung und Instandhaltung der Messtechnik zukünftig organisiert sein?
2. Welche Schnittstellen zu anderen Software-/Datenmodellen müssen gewährleistet werden?
3. Wie lief in der Vergangenheit die Zusammenarbeit mit den anderen Akteuren bei Monitoringmaßnahmen von Brücken und sind bei der Zusammenarbeit ggf. Probleme aufgetreten?
4. An welcher Stelle und wie sind Sie aktuell an der Planung einer "Intelligenten Brücke" beteiligt?
5. Wie wären Sie gerne zukünftig an der Planung einer "Intelligenten Brücke" beteiligt?

### 3 Fragebogen – Fachplaner



#### Interview – Auszug der Fragen

##### **Allgemeines**

1. Welche Erwartungen haben Sie an eine „Intelligente Brücke“?

##### **Schäden / Defizite von Brücken**

1. Welche Schäden, Problemstellen oder Hot-Spots sollten Ihrer Meinung nach zukünftig mit Sensoren überwacht werden?
2. Welche Herausforderungen bei Nachrechnungen können Ihrer Meinung nach zukünftig gut mit Sensoren überwacht werden?
3. Welche weiteren Messdaten oder Angaben vom Betreiber sind für Sie wichtig?

##### **Einsatz von Sensoren**

1. Wie sind Ihre Erfahrungen mit den bisher eingesetzten Sensoren?
2. Mit welchen zusätzlichen Daten könnten Ihrer Meinung nach bei Neubauten die Nachweise / die zukünftige Bewertung einfacher / dezidierter durchgeführt werden?
3. Bei welchen Brücken / Brückenarten werden von Ihnen weitere Daten / Informationen benötigt, die aktuell nicht erfasst werden?

##### **Datenmanagement**

1. Gibt es bei Ihnen ein Datenmanagementkonzept und welche Leistungen umfasst dieses?

##### **Datenerfassung**

1. Was ist Ihre Erwartungshaltung an die Daten, die mit Sensoren an Brücken erfasst werden?
2. Wer ist bei Ihnen für die Datenerfassung zuständig? (ggf. auch Drittanbieter?)
3. Wie möchten Sie in Zukunft die Daten erfassen?

##### **Datenhaltung**

1. Wo bzw. wie erfolgt die Datenhaltung aktuell?

##### **Datenaufbereitung**

1. In welcher Form benötigen Sie die Daten, um eine Bewertung vornehmen zu können?
2. Auf welche besonderen Merkmale achten Sie bei der Datenaufbereitung (Kennzahlen / Erkenntnisse)? Was ist Ihnen dabei besonders wichtig?

##### **Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte**

1. Wie lief in der Vergangenheit die Zusammenarbeit mit den anderen Akteuren bei Monitoringmaßnahmen von Brücken und sind bei der Zusammenarbeit ggf. Probleme aufgetreten?
2. An welcher Stelle und wie sind Sie aktuell an der Planung einer "Intelligenten Brücke" beteiligt?
3. Wie wären Sie gerne zukünftig an der Planung einer "Intelligenten Brücke" beteiligt?

## 4 Fragebogen – Bauwerksprüfer



### Interview – Auszug der Fragen

#### **Allgemeines**

1. Welche Erwartungen haben Sie an eine „Intelligente Brücke“?

#### **Schäden / Defizite von Brücken**

1. Welche Schäden, Problemstellen oder Hot-Spots sollten Ihrer Meinung nach zukünftig mit Sensoren überwacht werden?
2. Welche Herausforderungen bei Nachrechnungen können Ihrer Meinung nach zukünftig gut mit Sensoren überwacht werden?
3. Welche weiteren Messdaten oder Angaben vom Betreiber sind für Sie wichtig?

#### **Einsatz von Sensoren**

1. Wie sind Ihre Erfahrungen mit den bisher eingesetzten Sensoren?

#### **Datenerfassung**

1. Was ist Ihre Erwartungshaltung an die Daten, die mit Sensoren an Brücken erfasst werden?
2. Wer ist bei Ihnen für die Datenerfassung zuständig? (ggf. auch Drittanbieter?)
3. Wie möchten Sie in Zukunft die Daten erfassen?

#### **Datenaufbereitung**

1. Gibt es Sensordaten, welche durch manuelle Arbeit angereichert werden müssen?
2. Welche Schnittstellen sind aus Ihrer Sicht zwischen einem lokalen Messsystem am Bauwerk und digitalen Bauwerksdaten (Datenbanken etc.) sinnvoll?
3. Auf welche besonderen Merkmale achten Sie bei der Datenaufbereitung (Kennzahlen / Erkenntnisse)? Was ist Ihnen dabei besonders wichtig?

#### **Organisatorische und wirtschaftliche Aspekte**

1. Wo sollte das Datenmanagement organisatorisch angebunden sein?
2. Wie lief in der Vergangenheit die Zusammenarbeit mit den anderen Akteuren bei Monitoringmaßnahmen von Brücken und sind bei der Zusammenarbeit ggf. Probleme aufgetreten?
3. An welcher Stelle und wie sind Sie aktuell an der Planung einer "Intelligenten Brücke" beteiligt?
4. Wie wären Sie gerne zukünftig an der Planung einer "Intelligenten Brücke" beteiligt?



## 5 Handout für die Interviewpartner



**Technische  
Universität  
Braunschweig**









Handout für das Forschungsprojekt

### „Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke“

Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen  
 Auftragnehmer: TU Braunschweig und PwC

## Team

**Projektleitung**



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Empelmann**  
 Leiter  
 Fachgebiet Massivbau  
 Institut für Baustoffe,  
 Massivbau und Brandschutz  
 TU Braunschweig

**Anforderungsanalyse der „Intelligenten Brücke“**



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Empelmann**  
 Leiter  
 Fachgebiet Massivbau  
 Institut für Baustoffe,  
 Massivbau und Brandschutz  
 TU Braunschweig



**Dr.-Ing. Sara Javidmehr**  
 Wissenschaftl. Mitarbeiterin  
 Fachgebiet Massivbau  
 Institut für Baustoffe, Massivbau  
 und Brandschutz  
 TU Braunschweig



**Johannes Rathgen, M. Sc.**  
 Wissenschaftl. Mitarbeiter  
 Fachgebiet Massivbau  
 Institut für Baustoffe, Massivbau  
 und Brandschutz  
 TU Braunschweig

**Intelligentes Datenmanagement**



**Andreas Hellenbrand**  
 Senior Manager  
 Strategisches Informations-  
 management und den Digital  
 Innovation Hub  
 PwC



**Markus Ulbricht**  
 Senior Associate  
 Strategisches Informations-  
 management und den Digital  
 Innovation Hub  
 PwC



**Florian Wagner**  
 Associate  
 Strategisches Informations-  
 management und den Digital  
 Innovation Hub  
 PwC

**Lebenszyklusbetrachtung**



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Tanja Kessel**  
 Leiterin  
 Lehrstuhl für Infrastruktur-  
 und Immobilienmanagement  
 TU Braunschweig



**Julia Sietas, M. Sc.**  
 Wissenschaftl. Mitarbeiterin  
 Lehrstuhl für Infrastruktur- und  
 Immobilienmanagement  
 TU Braunschweig

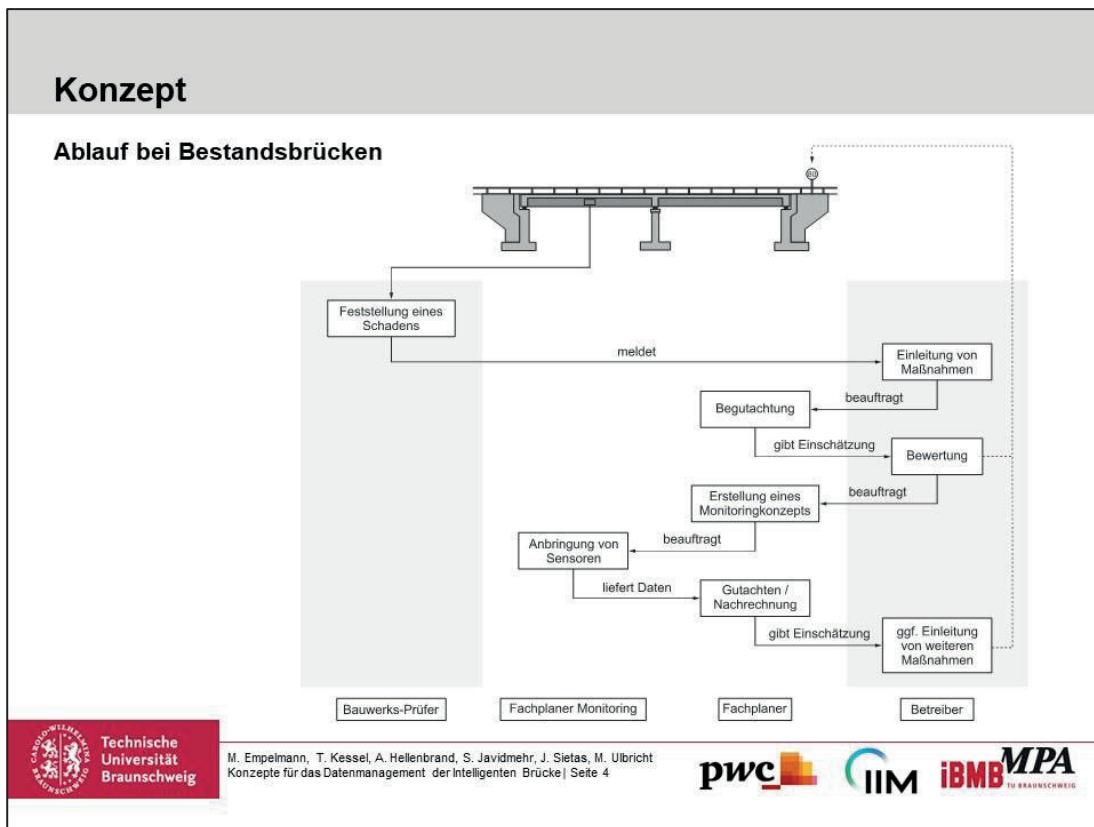
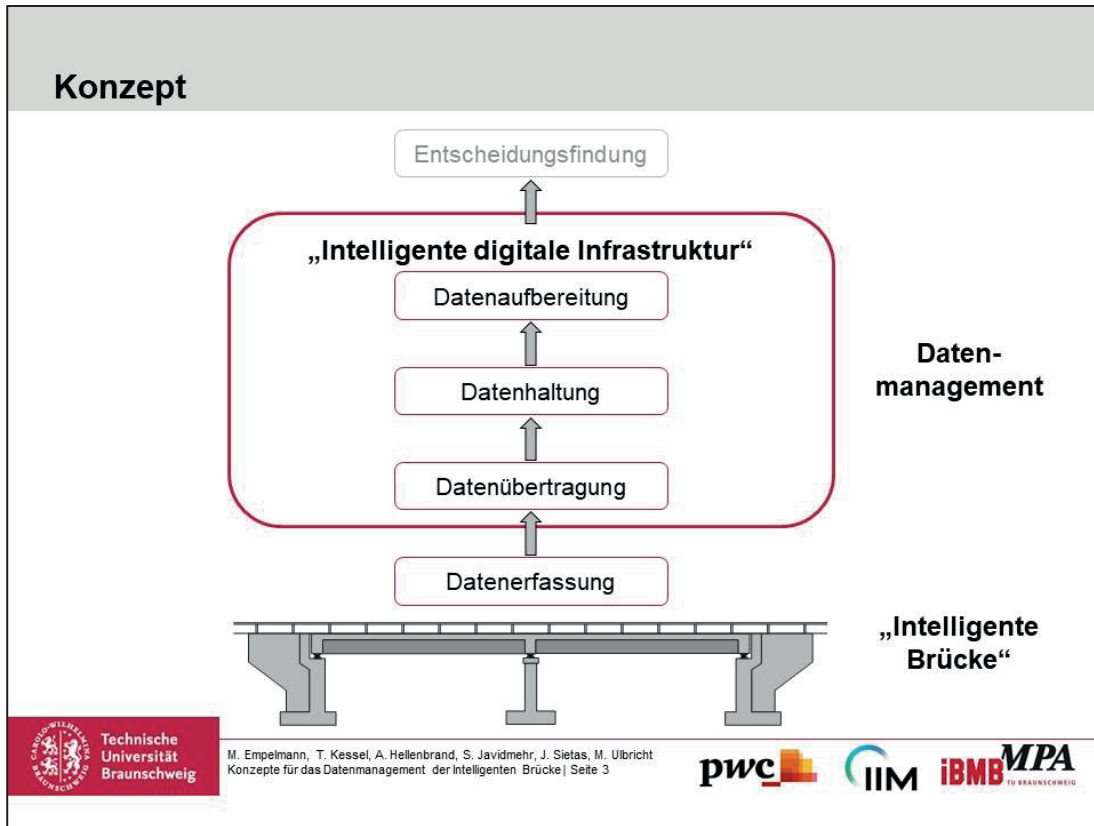


**Technische  
Universität  
Braunschweig**

M. Empelmann, T. Kessel, A. Hellenbrand, S. Javidmehr, J. Sietas, M. Ulbricht  
 Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke | Seite 2

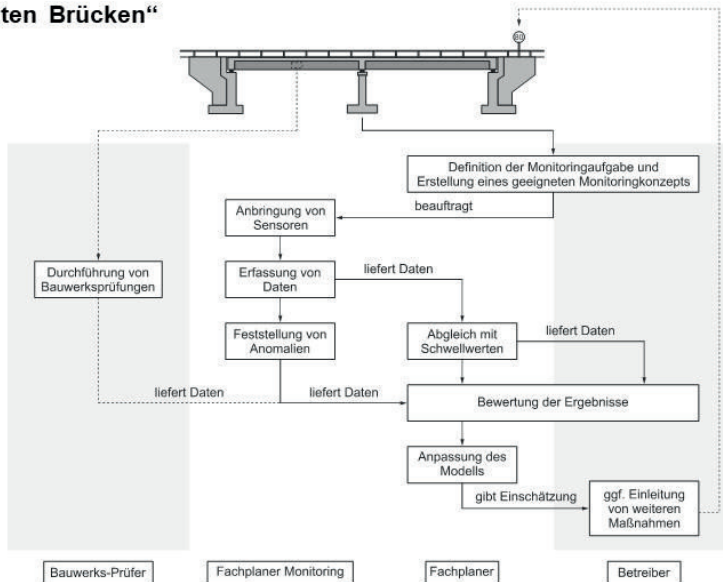






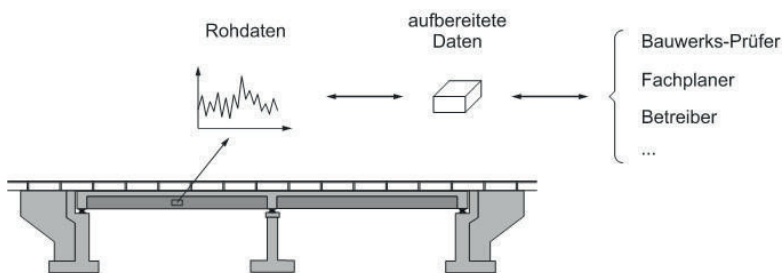
## Konzept

### Ablauf bei „Intelligenten Brücken“



## Konzept

### Anforderungen an Daten



#### Anforderungen der Zielgruppen an Daten:

| Bauwerks-Prüfer   | Fachplaner            | Betreiber                         |
|-------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Schadensbewertung | Anpassung des Modells | präventive Kompensationsmaßnahmen |
| Zustandsbewertung | Bewertung der Brücke  | Instandsetzungsbedarf             |
| ...               | ...                   | ...                               |

## Definitionen

### Monitoring (nach DBV-Merkblatt „Brückenmonitoring“)

Gesamtprozess einer systematischen Überwachung von Bauwerksreaktionen und/oder einwirkenden Größen mittels eines Messsystems über einen repräsentativen Zeitraum mit dem Ziel, die zeitliche Entwicklung einer physikalischen Größe zu erfassen

- Definition der Messaufgabe
- Auswahl geeigneter Messeinrichtungen
- Festlegung des Messablaufs
- Bewertung der Messergebnisse

### Datenmanagement (nach Prof. Dr. Freimut Bodendorf)

Menge aller methodischen, konzeptionellen, organisatorischen und technischen Maßnahmen und Verfahren zur Behandlung der Ressource „Daten“ mit dem Ziel, sie mit ihrem maximalen Nutzungspotenzial in die Geschäftsprozesse einzubringen und im laufenden Betrieb deren optimale Nutzung zu gewährleisten



M. Empelmann, T. Kessel, A. Hellenbrand, S. Javidmehr, J. Sietas, M. Ulbricht  
Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke| Seite 7



## Kontaktdaten

### TU Braunschweig – iBMB:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Empelmann  
m.empelmann@ibmb.tu-bs.de

Dr.-Ing. Sara Javidmehr  
s.javidmehr@ibmb.tu-bs.de

Johannes Rathgen, M.Sc.  
j.rathgen@ibmb.tu-bs.de

### TU Braunschweig – IIM:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Tanja Kessel  
t.kessel@tu-bs.de

Julia Sietas, M.Sc.  
j.sietas@tu-bs.de

### PwC:

Andreas Hellenbrand  
andreas.hellenbrand@pwc.com

Markus Ulbricht  
markus.ulbricht@pwc.com

Florian Wagner  
florian.wagner@pwc.com



M. Empelmann, T. Kessel, A. Hellenbrand, S. Javidmehr, J. Sietas, M. Ulbricht  
Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke| Seite 8



## 6 Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 1

# Interview Canvas BASt – Intelligente Brücke

18. Juni 2021 Interviewpartner 1



The slide features a dark grey header with the title 'Interview Canvas BASt – Intelligente Brücke' in white. Below the title is an orange bar with the date '18. Juni 2021' and 'Interviewpartner 1'. At the bottom, there are three logos: pwc (with a colorful square icon), IIM (with a blue circular icon), and iBMB MPA TU BRAUNSCHWEIG (with 'iBMB' in red and 'MPA' in black).

## Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

🔍 **Themenschwerpunkte:**

- Ablauf der Planung von Monitoringmaßnahmen
- Erfahrungen mit Sensoren

❓ **Schlüsselfragen:**

- Wie sind Ihre Erfahrungen mit den bisher eingesetzten Sensoren?

Interview Canvas BASt Juni 2021  
2



## Schwerpunkt 1

### Ablauf der Planung von Monitoringmaßnahmen

- Planer erstellt ein Monitoringkonzept (Ingenieuraufgabe)
- Planer legt Warn- und Alarmwerte auf Basis von Berechnungen fest
- Betreiber und Planer erstellen gemeinsam eine Ausschreibung für die Monitoringmaßnahme
- Dienstleister (Spezialfirma) führt die Überwachung durch (Regelfall) und bereitet die Daten grafisch auf (Datenmanagement erfolgt extern)
- Planer oder Betreiber führen die weitere Auswertung der Messdaten durch (Betreiber ist Besitzer der Daten)
  
- nur bei kleinen Überwachungsaufgaben (z. B. lokales Rissmonitoring) erfolgt die Überwachung direkt durch das Ingenieurbüro



## Schwerpunkt 2

### Erfahrungen mit Sensoren

- Anbringung von Sensoren bei Bestandsbauwerken erfolgt immer auf Grundlage von Nachrechnungen bzw. aufgetretenen Schäden (Bewertung der zu überwachenden Bereiche ist eine Ingenieuraufgabe)
- aktuell werden die Messdaten nicht automatisch bereinigt (z. B. „Herausrechnen“ der Temperatur)
  
- maßgebende Sensoren müssen für jede Brücke individuell festgelegt werden (Lagerkräfte, Verformungen, Risse, Temperaturen, Bremskräfte, Chlorideintrag, Karbonatisierungstiefe, ...)
- auch die Überwachung von z. B. Übergangskonstruktionen ist wichtig (Feuchte → Dichtigkeit)
  
- Frage: Wie kann man ein Querkraftdefizit überwachen, wenn keine Risse auftreten (Standardfall)?

**Erwartungen an eine Intelligente Brücke**

- alle Daten einer Brücke liegen digital vor und müssen nicht von unterschiedlichen Stellen zusammengesucht werden
  - Informationen zu Planung, Betrieb und Instandhaltungsmaßnahmen (Pläne, Baustoffe, Bewehrung, ...)
  - Informationen zu Einwirkungen (Verkehr, Temperatur etc.) und Zustand (Chlorideintrag, Karbonatisierungstiefe, Verformung, ...)

**Bedarfe / Ziele**

- Erstellung von Richtzeichnungen (typische und bewährte Ausführungsformen für Monitoringmaßnahmen)

**Anmerkungen**

- der Betreiber muss festlegen, ob eine Brücke eine „Intelligente Brücke“ sein soll (Zugänglichkeit, Wichtigkeit, ...)
- Berücksichtigung tatsächlicher Lasten bedeutet in der Regel auch eine Reduzierung der Sicherheit (Modelle liegen in der Regel sehr auf der sicheren Seite)

## 7 Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 2

# Interview Canvas BASt – Intelligente Brücke

24. Juni 2021 Interviewpartner 2



The slide features a dark grey header with the title 'Interview Canvas BASt – Intelligente Brücke' in white serif font. Below the title is an orange horizontal bar containing the date '24. Juni 2021' and 'Interviewpartner 2'. The bottom section is white and contains three logos: 'pwc' with a colorful square icon, 'IIM' with a blue circular icon, and 'iBMB MPA TU BRAUNSCHWEIG' in red and black text.

## Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

🔍 **Themenschwerpunkte:**

- Messgrößen, Messzeiträume und Messzeitpunkte
- Zusammenführung vorhandener Daten unterschiedlichen Ursprungs

❓ **Schlüsselfragen:**

- Wie müssen die Messungen der „Intelligenten Brücke“ konzipiert sein?

Interview Canvas BASt Juni 2021  
2





## Schwerpunkt 1

### Messgrößen, Messzeiträume und Messzeitpunkte

- Null-Messungen bei Neubauten zur Ermittlung von Grundwerten (Ausgangswerte für einen Vergleich)
- einheitliche Grundwerte (Eigenfrequenz, Wärmeausdehnungskoeffizient etc.) messen, deren Veränderung auf eine kritische Entwicklung hindeuten
- keine kontinuierliche Datenerfassung, sondern nur zeitlich begrenzte Messungen, für die robuste Sensoren fest am Bauwerk angebracht sind und nur noch zeitweise Messgeräte angeschlossen werden müssen
- Messung von Durchfeuchtungen (Feuchtesensoren sind günstig und schnell anzubringen), Temperatur, Dehnungen (für Ermüdungsnachweise) und Verkehrslasten
- Übertragbarkeit von Messdaten ist zwischen unterschiedlichen Bauwerken gut möglich (mit Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren)



## Schwerpunkt 2

### Zusammenführung vorhandener Daten unterschiedlichen Ursprungs

- Daten müssen aus unterschiedlichen Quellen zusammengeführt werden („Datenschatz“ muss aufgrund der langen Lebensdauer der Bauwerke unbedingt genutzt werden)
- Auswertung verschiedener Daten (Beobachtungsdaten, Einschätzungen verschiedener Bauwerksprüfer, Temperaturdaten, Kamerabilder von Verkehrsüberwachungen oder Drohenflügen usw.) durch z. B. eine KI würde neue Möglichkeiten eröffnen
- Erkenntnisse aus übergeordneten Analysen gewinnen (z. B.: Bei welchem Bauwerkstyp mit welcher Art von Abdichtung kommt es regelmäßig zu Durchfeuchtungen?)



**Erwartungen an eine Intelligente Brücke**

- Zusammenführung aller relevanten Daten für das Bauwerk (auch historischer Daten)
- Betreiber erhält alle Informationen, die er für ein effektives Erhaltungsmanagement benötigt → Optimierung der Eingriffszeitpunkte und damit Verlängerung der Nutzungsdauer möglich

**Bedarfe / Ziele**

- Nutzung des vorhandenen (teilweise historischen) „Datenschatzes“ und Durchführung netzweiter Analysen zur Mustererkennung
- Erstellung einer Richtlinie zur Festlegung von Randbedingungen für die Datenlieferung durch die „Dienstleister“ des Bundes (ADB, Landesverwaltungen usw.)

**Anmerkungen**

- Zwei Varianten: Planer führt Messungen selber durch, wenn Fachwissen vorhanden ist (i. d. R. günstigste Variante), oder Planer beauftragt einen Dienstleister für die Messtechnik
- Datenhoheit liegt beim Bund
- Zusammenhang zu Bauwerksprüfungen beachten (Monitoring macht nur Sinn, wenn Bauwerksprüfungen eingespart werden können)

## 8 Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 3

# Interview Canvas BASt – Intelligente Brücke

25. Juni 2021 Interviewpartner 3



## Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

🔍 **Themenschwerpunkte:**

- Planung von Monitoringmaßnahmen
- Schwachstellen von Brücken und Einsatz von Sensoren

❓ **Schlüsselfragen:**

- Was macht eine Intelligente Brücke aus?
- Inwieweit kann Brückenmonitoring Brückenprüfungen ersetzen?
- Wer übernimmt welche Rolle beim Brückenmonitoring?
- Wie können die Daten aus dem Brückenmonitoring sinnvoll genutzt werden?

Interview Canvas BASt Juni 2021  
2



## Schwerpunkt 1

### Planung von Monitoringmaßnahmen

- Multidisziplinäre Zusammenarbeit von Planer, Bauwerksprüfer, Baustoffkundler, Datenexperte und Monitoringexperte zur Erstellung eines Monitoringkonzepts
- Bauwerksprüfer muss bei der Planung von Monitoringmaßnahmen immer beteiligt sein (Erfahrungswerte wichtig)
- Fragen zur Entwicklung der Strategie für das Monitoring → Was, wo, wann und wie oft muss gemessen werden?
- Verortung der Messdaten ist wichtig
- Ereigniskette muss im Vorfeld klar definiert sein (wer ist wofür verantwortlich und was passiert bei einer Überschreitung eines Warn- oder Alarmwerts?)
- Monitoring kann Brückenprüfungen nicht ersetzen!



## Schwerpunkt 2

### Schwachstellen von Brücken und Einsatz von Sensoren

- Top 5 Schäden an Brücken (Koppelfugen, Querkraft, Spannungsrisskorrosion, Abdichtungen, Fahrbahnübergänge)
- typische Schwachstellen sind dem Bauwerksprüfer bekannt, sodass dieser befragt werden sollte
- in den letzten Jahren große Entwicklungen im Bereich der Sensoren
- es geht weniger um die Sensoren, sondern mehr um das strategische Konzepte hinter dem Monitoring
- Wartung der Sensoren könnte bei den Straßenmeistereien liegen (im Zuge der regelmäßigen Prüfungen)
  - Handlungsanweisung erstellen
- Sensoren müssen eigenständig warnen, wenn sie Probleme haben



## Erwartungen

*Bedarfe, Bedenken, Ziele*

### **Erwartungen an eine Intelligente Brücke**

- die Intelligente Brücke darf nicht intelligenter sein als der Ingenieur (Nachvollziehbarkeit muss gegeben sein)
- komplette Automatisierung der Ereignisketten ist schwierig, da eindimensionale Algorithmen multidisziplinäre und mehrdimensionale Bewertungen durch Menschen nicht ersetzen können

### **Bedarfe / Ziele**

- Sensoren müssen an den „richtigen“ Stellen angebracht und Ereignisketten im Vorfeld klar definiert sein, sodass Messdatum, Messort und Messwert sinnvoll und nachvollziehbar bewertet werden können
- Brückenmonitoring muss auf einer guten Strategie basieren, sodass die Daten nutzbar sind und keine Datenfriedhöfe entstehen

## 9 Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 4

# Interview Canvas BAST – Intelligente Brücke

01. Juli 2021 Interviewpartner 4



The slide features a dark grey header with the title 'Interview Canvas BAST – Intelligente Brücke' in white serif font. Below the title is an orange bar with the date '01. Juli 2021' and 'Interviewpartner 4' in white sans-serif font. At the bottom, there are three logos: 'pwc' with a colorful square icon, 'IIM' with a blue circular icon, and 'iBMB MPA TU BRAUNSCHWEIG' in red and black.

## Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

🔍 **Themenschwerpunkte:**

- Outsourcing der IT und der Sensorik
- Datenzugriff / Datenaufbereitung / Anforderungen an Daten

❓ **Schlüsselfragen:**

- Wie erfolgt aktuell die Datenhaltung?
- Wie erfolgt aktuell der Zugriff auf die Daten?
- Welche Brückenbauwerke sollten mit Sensoren ausgestattet werden?

Interview Canvas BAST Juli 2021  
2



## Schwerpunkt 1

### Outsourcing der IT und der Sensorik

- aktuell vollständige Auslagerung der IT (an einen externen Dienstleister)
- Datenhaltung erfolgt zu 100% in einer Cloud
- Ziel: IT soll leicht konsumierbar sein
- Prinzip „Single Source of Truth“ wird verfolgt
- API Anbindungen mit verschiedenen Aggregationsstufen anstreben
  
- Überwachung wird an externe Dienstleister vergeben
- zugehöriges Datenmanagement erfolgt durch den Dienstleister
- Ziel: so wenig Berührungspunkte wie möglich mit der Sensorik
- Sensoren sollen Daten erfassen, aber es soll keine Aufbereitung der Daten in der Sensorik selbst erfolgen



## Schwerpunkt 2

### Datenzugriff / Datenaufbereitung / Anforderungen an Daten

- Daten sollen schnell konsumierbar sein
- IT-Sicherheitsschutzziele sind mit „C.I.A.“ (Confidentiality, Integrity und Availability) gewährleistet
  
- Monitoring soll als Entlastung dienen
- Daten müssen auch Metainformationen und Zustandsinformationen über die Sensoren enthalten
- Vorfilterung (z. B. Entfernen von Messrauschen) sollte vor der Verarbeitung in der Cloud erfolgen
  
- Data Mesh gewünscht
- Daten-Service je Abteilung und ggf. für Andere (Daten als Rohstoff)
  
- aktuell keine Notwendigkeit für KI

**Erwartungen an eine Intelligente Brücke**

- Bündelung der Informationen an einem Ort (Single Source of Truth)
- Monitoring dient als Unterstützung / Ergänzung
- Mehraufwand durch Monitoring muss so gering wie möglich gehalten werden

**Bedarfe / Ziele**

- Gesamtkonzept(e) für alle Brücken
- eigene Akzente in der Entwicklung setzen (aus Bauingenieur-Sicht)
- Rohdaten ca. 3 Jahre aufheben, Aggregate 6 Jahre oder länger
- Open Source-basierte Visualisierung

**Anmerkungen**

- Monitoring bei Großbrücken, kritischen Brücken im Netz und bei schwer erreichbaren Brücken

## 10 Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 5-8

# Interview Canvas BASt – Intelligente Brücke

06. Juli 2021 Interviewpartner 5-8



## Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

🔍 **Themenschwerpunkte:**

- Monitoring von Brückenbauwerken
- Datenhaltung und Löschung von Daten

❓ **Schlüsselfragen:**

- Wo sollte die Datenhoheit liegen?
- Was passiert mit den Daten, wenn das Monitoring abgeschlossen ist?

Interview Canvas BASt Juli 2021  
2





## Schwerpunkt 1

### Monitoring von Brückenbauwerken

- Monitoring erfolgt durch externe Dienstleister
- aktuell werden in der Regel nur Widerstandsgrößen gemessen (abgesehen von der Temperatur)
- in den ersten 10-20 Jahren treten im Allgemeinen keine Schäden an der Brücke auf
- Intelligente Brücke ist hauptsächlich für Neubauten denkbar, da für diese eine große Auswahl an Sensoren zur Verfügung stehen
- Sensoren müssen austauschbar sein, um Sensorentwicklungen berücksichtigen zu können



## Schwerpunkt 2

### Datenhaltung und Löschung von Daten

- Daten müssen beim Betreiber liegen (vor allem bei sicherheitsrelevanten Fragen)
- Monitoring erfolgt aktuell durchschnittlich 5 Jahre und dann meist bis zum Ende der Lebensdauer der Brücke
- Daten werden in der Regel nach Ende des Monitorings gelöscht, da meist keine weitere Verwendung für die Daten besteht
- kontinuierliches Monitoring erforderlich, da nur ein Vergleich mit einzelnen Messungen nicht ausreichend ist
- Daten müssen auch in 20-30 Jahren noch nutzbar sein (Strategien müssen entwickelt werden)



## Erwartungen

Bedarfe, Bedenken, Ziele

### Erwartungen an eine Intelligente Brücke

- Daten müssen direkt und klug aufbereitet werden
- gezieltes Erhaltungsmanagement einer Brücke oder Überwachung lebensdauerverlängernder Maßnahmen

### Bedarfe / Ziele

- Erstellung eines Web-GIS-Systems für die Darstellung

### Anmerkungen

- Optimierung der Intervalle von Bauwerksprüfungen ist denkbar
- Einschätzung: BIM wird das System der Zukunft sein
- Austausch mit anderen Landesbetrieben erfolgt (unterschiedliche Meinungen zu Monitoring)

## 11 Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 9-11

# Interview Canvas BASt – Intelligente Brücke

07. Juli 2021 Interviewpartner 9-11



The slide features a dark grey header with the title 'Interview Canvas BASt – Intelligente Brücke' in white. Below the title is an orange bar with the date '07. Juli 2021' and the identifier 'Interviewpartner 9-11'. At the bottom, there are three logos: 'pwc' with a colorful square icon, 'IIM' with a blue circular icon, and 'iBMB MPA TU BRAUNSCHWEIG' in red and black text.

## Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

🔍 **Themenschwerpunkte:**

- Aktuelle Durchführung eines Monitorings
- Brückenarten und Einwirkungen
- Datenmanagement

❓ **Schlüsselfragen:**

- Wie erfolgt das Monitoring derzeit?
- Welche Brücken sollten zu Intelligenten Brücken werden und was sollte gemessen werden?
- Welche Randbedingungen sollten für das Datenmanagement berücksichtigt werden?

Interview Canvas BASt Juli 2021  
2



## Schwerpunkt 1

### Aktuelle Durchführung eines Monitorings

- aktuell sehr langer manueller und physischer Prozess
- Monitoring erfolgt durch externe Dienstleister
  - Ingenieurbüro führt eine Nachrechnung durch und stellt ein Konzept auf
  - Fachfirma installiert die Sensoren, erfasst die Daten und bereitet diese auf
  - Ingenieurbüro übernimmt die weitere Auswertung der Daten
  - Ingenieurbüro erstellt einen Bericht und übersendet die Messergebnisse an den Betreiber
- es gibt einen Warn- und Alarmplan (Ingenieurbüro ist in der Pflicht)
- Gesamtkonzept des Monitorings muss stimmig sein
  - Festlegung der Messwerte erfolgt individuell (Temperatur wird immer gemessen)
- Monitoring dient nur als Unterstützungshilfe und ist kein Ersatz für Brückenprüfungen
- Monitoring erfolgt in der Regel bis zum Ende der Lebensdauer der Brücke



## Schwerpunkt 2

### Brückenarten und Einwirkungen

- Fokus liegt auf ausgewählten und kritischen Brücken
  - Stahlbrücken, Brücken in Sonderbauweise, Brücken in exponierter Lage, Großbrücken, Brücken bei setzungsempfindlichen Böden, Brücken ab gewissen Schlankheiten
  - sowohl für Neubauten als auch für Bestandsbauwerke
- bei Bestandsbauwerken sollte nicht erst gemessen werden, wenn Schäden vorliegen, sondern schon wenn sich die Belastungssituation deutlich verändert
- Achslasten der Fahrzeuge sollten gemessen werden (nicht an jeder Brücke, aber so, dass Hochrechnungen auf die Strecke möglich sind)
- Ziel: Fokus sollte auf der Belastung und Frühwarnung liegen



## Schwerpunkt 3

### Datenmanagement

- Betreiber will eigentlich nur die aufbereiteten Daten haben
- Einbindung der Daten in SIB-Bauwerke wäre sinnvoll
- bei Überschreitung von Warn- oder Alarmwerten sollte eine Benachrichtigung der zuständigen Fachplaner und Bauwerksprüfer erfolgen, bevor Maßnahmen eingeleitet werden (Fehler müssen ausgeschlossen werden)
- Kommunikation sollte bevorzugt per E-Mail erfolgen (Benachrichtigung in einem Programm wird schnell übersehen)
- Idee: Bündelung aller Daten in einer Art Leitzentrale und Statusmeldung zu allen Bauwerken
- Eigentümer der Daten ist aktuell nicht eindeutig geklärt
- Fachplaner sollte Zugriff auf die Daten haben (Vertrauensbasis besteht)



## Erwartungen

*Bedarfe, Bedenken, Ziele*

### Erwartungen an eine Intelligente Brücke

- Erleichterung der Arbeit und einfacher Informationsabruf
- Unterstützung bei der Entscheidungsfindung

### Bedarfe / Ziele

- Wunsch nach einer Art Leitzentrale mit allen Statusmeldungen
- Benachrichtigung bei Überschreitung von Warn- oder Alarmwerten sollte „von unten nach oben“ erfolgen

### Anmerkungen

- die Intelligente Brücke darf keine robuste Bauweise ersetzen
- Monitoring dient nur als Unterstützungshilfe und ist kein Ersatz für Brückenprüfungen
- derzeit liegen nur wenig Kenntnisse über die Daten vor, da das Wissen eher bei den Fachplanern und Monitoringspezialisten liegt

## 12 Ergebnis-Canvas-Darstellung – Interviewpartner 12

# Interview Canvas BAST – Intelligente Brücke

23. Juli 2021 Interviewpartner 12



## Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

🔍 **Themenschwerpunkte:**

- Erfahrungen mit der „Intelligenten Brücke im Digitalen Testfeld Autobahn“
- Herausforderungen und Chancen bei der zukünftigen Implementierung

❓ **Schlüsselfragen:**

- Wie können die Erfahrungen des Pilotvorhabens für die zukünftige reguläre Implementierung der „Intelligenten Brücke“ genutzt werden?

Interview Canvas BAST Juli 2021  
2



## Schwerpunkt 1

### Erfahrungen mit der „Intelligenten Brücke im Digitalen Testfeld Autobahn“

- unterschiedliche Messsysteme der Projektbeteiligten:
  - Ingenieurbüro Prof. Dr. U. Freundt: Messsysteme an der Brücke, am Lager und am Fahrbahnübergang sowie ein kamerabasiertes Messsystem → kabelgebundene Sensoren
  - Maurer Engineering: integriertes Messsystem am Lager und am Fahrbahnübergang → kabelgebundene Sensoren
  - Institut für Telematik der Universität zu Lübeck: drahtloses Sensornetz an der Brücke mit Erfassung von Temperaturen, Rissveränderungen und Bewegungen → drahtlose Sensoren
- Sensoren laufen zuverlässig und (seit knapp 5 Jahren) quasi ohne Probleme
- Messsysteme haben eigene Verarbeitungseinheiten und speisen die aufbereiteten Daten in eine gemeinsame NAS
- Problem: Zeitsynchronisation der Messsysteme (Lösung: alle Systeme greifen auf einen Zentralrechner zu)
- aufbereitete Daten werden automatisiert in eine Web-Publikation hochgeladen
- Rohdaten werden auf Festplatten gespeichert und regelmäßig getauscht (drahtlose Übermittlung war nicht möglich)
- Abgleich mit objektbezogenem Lastmodell erfolgt einmal wöchentlich



## Schwerpunkt 2

### Herausforderungen und Chancen bei der zukünftigen Implementierung

- Betreiber will einen Nutzen aus der Überwachung ziehen
  - bei Neubauten ergeben sich lange Zeit keine Vorteile aus der Implementierung, aber die Datenerfassung ist trotzdem wichtig und muss durchgeführt werden
- Planer muss die Anforderungen an das Datenmanagement klar formulieren
  - Planer muss alle Prozesse im Vorfeld genau durchdenken und die Vorstellungen an Dienstleister (z. B. IT-Spezialisten) kommunizieren können
- zur Anpassung des Modells sind regelmäßige Kalibrierfahrten erforderlich, z. B. alle 10 Jahre
  - eine exakte Übereinstimmung mit dem Modell ist trotzdem nicht zu erwarten (aber gute Annäherung)
- Messgrößen sind seit Jahren gleich, aber die Verknüpfung der Messwerte bietet großes Potenzial
  - Einzelwerte allein bringen keine neuen Erkenntnisse
- Feuchtemonitoring bietet großes Potenzial und sollte bei der Überwachung zukünftig berücksichtigt werden
  - es können Schäden entdeckt werden, die sonst erst nach vielen Jahren sichtbar werden





## Erwartungen

*Bedarfe, Bedenken, Ziele*

### Erwartungen an eine Intelligente Brücke

- Intelligente Brücken sind immer Neubauten, bei denen auch Null-Messungen durchgeführt werden (sonst handelt es sich um Monitoring)
- bei Intelligenten Brücken können Tragverhaltensänderungen durch die Verknüpfung von Messdaten festgestellt werden, nur die Überwachung einzelner Messwerte hingegen ist Monitoring

### Bedarfe / Ziele

- Einführung eines Sicherheitsbeiwerts, über den eine Aussage zur aktuellen Nutzung gemacht werden kann (Vergleich mit Null-Messungen, um einen Vergleich zum Planungs- oder Neubauzustand zu haben)

### Anmerkungen

- Datenhoheit liegt bei der BAST (Auftragsforschung)
- Ausrüstung aller Neubauten zu Intelligenten Brücken ist nicht sinnvoll
  - Kategorisierung erforderlich, sodass nur jeweils einige Bauwerke gleichen Bauwerkstyps ausgestattet werden



### 13 Cluster Interviewergebnisse

