**3.4 Mehraufwand Statische Überprüfung**

**1.405. 1+2 Brücken Lindenacker**

Die statische Überprüfung der Brücken Lindenacker erforderte einen unerwartet grossen Mehraufwand. Aufgrund des hohen statischen Ausnutzungsgrades wurde eine detaillierte Berechnung am 3D-Schalenmodell notwendig. Die gewählte Modellierung erlaubte für den elastischen Zustand eine präzise Berechnung der Traglastfaktoren, was wiederum eine realistische Einschätzung der vorhandenen Tragreserven für eine allfällig mögliche Kräfteumlagerung erlaubte. Desweitern konnte auf der Basis des gewählten Berechnungsmodells eine Vordimensionierung von notwendigen Verstärkungsmassnahmen mit verhältnismässig geringem Aufwand durchgeführt werden.

Das gewählte Vorgehen wurde aufgrund der Erkenntnisse, welche aus der konzeptionellen Analyse des Tragwerks resultierten, gewählt. Die Analyse zeigte, dass die Auflagerquerträger über den Stützen nicht wie üblich als Scheibenquerträger oder als Rahmenquerträger ausgebildet wurden. Aufgrund dessen und der vorhandenen indirekten Lagerung der Längsträger musste daher davon ausgegangen werden, dass im Bruchzustand die von den Längsstegen abgegebenen Querkräfte nahezu vollständig im unteren Bereich des Querträgers angreifen und dort durch eine Aufhängebewehrung übernommen werden müssen. Eine erste qualitative Überprüfung bzw. eine überschlägige Berechnung zeigte, dass eine dafür erforderliche Bügelbewehrung nur ungenügend vorhanden ist und sich eine Kräfteumlagerung in den Brückenquerschnitt eingestellt haben muss.

Um die Erfüllungsgrade im elastischen Zustand möglichst genau zu bestimmen, bzw. um allfällige Reserven für eine Kräfteumlagerung in den Brückenquerschnitt nachzuweisen, war es erforderlich, das Bauwerk am Computermodell möglichst genau zu modellieren. Um den Einfluss der Vorspannung auf die Querträger mit einer hohen Genauigkeit zu ermitteln, war es auch zweckmässig, die eingebauten Vorspannglieder in das Modell einzugeben. Mit der Berechnung am 3D-Schalenmodell konnte betreffend der Resultate eine hohe Genauigkeit erwartet werden.

Eine Alternative zum 3D-Schalenmodell wäre die Modellierung am Trägerrostmodell, was wir jedoch aufgrund der geometrischen Gegebenheiten als aufwendiger betrachteten. Auch kann am Trägerrostmodell die Mitwirkung der Fahrbahnplatte nur näherungsweise berücksichtigt werden.

Die Berechnungsresultate bestätigten die Erkenntnisse aus der Tragwerksanalyse und zeigten auch die Notwendigkeit der gewählten Modellierung. Die entsprechenden Nachweise konnten geführt werden und der kritische Bereich präzis ermittelt werden. Die Berechnungen zeigten leider auch, dass keine nennenswerten Reserven für eine Umlagerung im Brückenquerschnitt vorhanden sind.

Auf der Basis des 3D-Schalenmodells wurde daher für die Einwirkung Nutzlast eine Vordimensionierung für eine mögliche Verstärkung des Querträgers durchgeführt. Diese zusätzliche Leistung konnte dank der gewählten Modellierung mit verhältnismässig geringem kleinen Aufwand erbracht werden.

Da jedoch bereits unter ständigen Lasten am elastischen Modell keine genügende Tragsicherheit im Querträger nachgewiesen werden konnte, wird zudem empfohlen, zusätzlich zu der bereits durchgeführten Berechnung eine nichtlinear Berechnung anzuordnen und im Hinblick einer allfällig möglichen Reduktion des Lastbeiwerts, die effektiven Bauteilabmessungen vor Ort einzumessen. Diese Leistungen sind im vorliegenden Nachtrag nicht eingerechnet und müssen in einem weiteren Nachtrag nachgereicht werden. Mit einer nichtlinearen Berechnung können die Kräfteumlagerungen, welche sich bereits eingestellt haben und effektiv vorhandene Tragsicherheiten aufgezeigt werden.

**1.407.1+2 Brücken Oberburg**

Betreffend der Brücken Oberburg erfordern die Überprüfung der Erdbebenertüchtigungsmassnahmen einen Mehraufwand. Die Überprüfung der Erdbebenertüchtigungsmassnahmen musste für beide Brücken aufgrund unterschiedlicher Dimensionen an jeweils einem unabhängigen Berechnungsmodell durchgeführt werden. Aufgrund verschiedener Stützensteifigkeiten und Pfahlbettungen musste/muss im Interesse wirtschaftlicher Lösungsansätze bei 5 von 7 Stützen eine separate Dimensionierung der notwendigen Verstärkungsmassnahmen vorgenommen werden.

Die beiden Brücken Oberburg haben eine unterschiedliche Anzahl an Brückenfeldern bzw. deutlich unterschiedliche Längen. Die insgesamt 7 Stützen sind unterschiedlich fundiert. bzw. horizontal gebettet und die Stützen weisen ungleiche Höhen auf. Eine der Stützen wurde flach und sechs auf Pfählen fundiert, wobei die horizontale Bettung der Pfähle aufgrund eines Gefälles in den Erdschichten fünfmal anders ist. Die erwähnten Ungleichheiten haben/hatten zur Folge, dass unter der Einwirkung Erdbeben bei jeder Stütze unterschiedliche Schnittkräfte erzeugt werden.

Die geschilderten Gegebenheiten benötigten/benötigen bei beiden Brücken einerseits bei der Modellierung der Berechnungsmodelle aber auch wie oben erwähnt bei der Dimensionierung der notwendigen Verstärkungsmassnahmen, einen grösseren Stundenaufwand wie ursprünglich vorgesehen.

Desweitern ergaben die notwendigen zusätzlichen Berechnungen gemäss Checkliste “statische Überprüfung“ eine zusätzlichen Stundenaufwand

**1.662 ÜEF AS Sissach**

Beim statischen System der ÜEF AS Sissach handelt es sich um ein Sprengwerk. Die Berechnungen konnten an einem vereinfachten Modell durchgeführt werden. Trotz einer effizienten Bearbeitung wurde das Stundenbudget überschritten. Aus unserer Sicht war die statische Überprüfung der Brücke mit weniger Stundenaufwand nicht seriös machbar. Dies, da ein Sprengwerk aus mehreren Elementen (Stützen, Streben, Riegel, Träger) besteht, welche statisch überprüft werden mussten.

**3.4 Überprüfungsbericht**

Die Zustandsbeurteilung erfolgte im EK auf den Grundlagen von älteren Inspektionsresultaten aus dem Jahre 2008, welche im Rahmen des betrieblichen Unterhalts durchgeführt wurden. Resultate aus Materialprüfungen oder Messungen wurden in die Betrachtung nicht miteinbezogen, da keine aktuellen vorhanden waren. Mit den angeordneten Materialprüfungen und Hauptinspektionen im Jahre 2012/2013 wurden vorhandene Informationslücken weitestgehend geschlossen.

Im Sinne der Übersichtlichkeit und im Interesse der Erkennung der Zusammenhänge ist/war es für die Ausarbeitung der MK’s Brücken zwingend erforderlich, die Beobachtungen aus der Hauptinspektion und die Resultate der materialtechnologischen Untersuchungen pro Bauteil gegenüberzustellen bzw. zu beurteilen. Dies erforderte auch die Erstellung von separaten Überprüfungsberichten für alle Brücken. Vorgesehen war jedoch „nur“ eine Überarbeitung des Überprüfungsberichts EK.

Nebst dem Mehraufwand für die Erstellung der Überprüfungsberichte nahm zudem die Analyse der Berichte Hauptinspektion und Materialprüfungen viel Zeit in Anspruch.

Das gewählte Vorgehen ermöglichte auf der Grundlage der vorhandenen Unterlagen eine verlässliche Zustandsbeurteilung und garantiert die Nachvollziehbarkeit der Beurteilungen der Bauwerksteile. Auch war/ist für die Entscheidungsfindung bezüglich allfällig notwendiger Massnahmen, sowie zur Bestimmung des Massnahmenumfangs, das gewählte strukturierte Vorgehen hilfreich.

Für die Erstellung der Überprüfungsberichte war jeweils die Erbringung folgender Leistungen erforderlich.

* Aufführen der vorhandenen bzw. bekannten Grundlagen, Baugrundwerte und Materialien
* Aufzeigen des gewählten bzw. ausgeführten Überprüfungskonzepts
* Beurteilung der vorhandenen Grundlagen auf ihre Vollständigkeit
* Aufzeigen der Bedürfnisse für zusätzliche Abklärungen inkl. Begründung
* Beschrieb Kurzprofil Objekte mit Baugeschichte (konnte zu einem grossen Teil vom UB EK übernommen werden)
* Analyse der Berichte HI und MTU inkl. Zustandsbeschreibung in Form einer Tabelle mit Bauteilgliederung
* Zustandsbeurteilung
* Normkonformitätsprüfung (Entwässerung, Quergefälle. Fahrzeugrückhaltesystem, Lichtraumprofil), wurde EK nicht durchgeführt

**3.7 (Ergänzung zu 3.7)**

Nicht enthalten sind Aufwendungen im Zusammenhang mit:

Umfangreiche Abklärungen bezüglich SDA8 Belag auf Brücken

Ersatz Deckbelag bei den Brücken 1.407.1+2 und 1.421.1+2

Ersatzmassnahmen FBÜ-Konstruktionen aus Stahl

Ersatz von Brückenlagern

Umfangreiche Abklärungen betreffend benötigter Gerüste und Schutzdächer