

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

**Leitfaden zur Prüfung von
Instandsetzungs- und
Ertüchtigungsmaßnahmen
an Ingenieurbauwerken
(Abgrenzung Ersatzneubau)**

LPI-ING

Inhalt	Seite
0 Grundsätzliches	3
1 Grundüberlegungen.....	3
2 Art und Umfang einer Erhaltungskonzeption	4
3 Vereinfachte technische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Maßnahmenvarianten	7
4 Feststellung/Festlegung notwendiger erforderlicher Untersuchungen am Bauwerk .	9
5 Priorisierung der zeitlichen Abarbeitung der erforderlichen Untersuchungen in Abhängigkeit der weiteren Arbeitsschritte.....	11
6 Grundlagen und Analyse des Bauwerkes für die Nachrechnung.....	11
7 Nachrechnung.....	11
8 Bewertung der geplanten Maßnahmen im Ergebnis der Nachrechnung	12
9 Weitergehende Untersuchungen am Bauwerk	13
10 Abschließende Festlegung der Erhaltungsmaßnahme	13
11 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung.....	13
12 Maßnahmenplanung	13
 Literatur	 14
 Anlagen (Hinweis: Die Anlagen 2, 4, 5 sind nur in der digitalen Version gut lesbar.)	 15
Anlage 1 Ablaufdiagramm	15
Anlage 2 Vereinfachte technische und wirtschaftliche Bewertung Beispieltabelle.....	18
Anlage 3 Vereinfachte Baukostenabschätzung	20
Anlage 4 Untersuchungen an Baugrund und Bauwerken	21
Anlage 5 Untersuchungsmatrix - Beispiel.....	23
Anlage 6 Besondere Untersuchungen.....	24
Anlage 7 Ablauf der Nachrechnung.....	26

0 Grundsätzliches

Der Leitfaden soll, im Rahmen der Voruntersuchungen/Vorplanung, im konstruktiven Ingenieurbau den Planern der Straßenbauverwaltungen als Hilfsmittel bei der Entscheidung zwischen einer Instandsetzung/Ertüchtigung und einem Ersatzneubau dienen. Die Definition der Maßnahmenarten erfolgt in der RPE-ING Literatur [1].

In **Anlage 1** wird ein Ablaufschema dargestellt und in den folgenden Abschnitten beschrieben, das geeignet ist, die Umsetzbarkeit einer geplanten Erhaltungsmaßnahme schrittweise zu prüfen. Es ist zu beachten, dass hier nicht alle, bei einem konkreten Bauwerk zu beachtenden Randbedingungen dargestellt werden können. Daher sind die dargestellten Arbeitsschritte als sinnvolle Hinweise zu verstehen.

Der Leitfaden gilt grundsätzlich für alle Ingenieurbauwerke nach RI-EBW-Prüf [2] bzw. DIN 1076 [3].

1 Grundüberlegungen

Ausgehend von den aktuellen Gegebenheiten des Bauwerkes sind die Ziele der Erhaltungsmaßnahme, unter Berücksichtigung der weiteren Nutzung des Bauwerkes, zu definieren. Folgende Einflussfaktoren sind beispielhaft zu berücksichtigen:

- Bauwerkszustand,
- Restnutzungsdauer,
- Streckenbedeutung/ Netzentwicklung (DTV, DTV-SV, Großraum- und Schwerverkehr (GST), erforderliches Ziellastniveau, Geh- und Radwege),
- Entwicklung des Kreuzungspartners (Bahn, ÖPNV, Gewässer, andere Straßen),
- Verkehrssicherheit (z. B. Umsetzung aktuelle RPS, Straßen- und Wegebreiten),
- Denkmalschutz (des Bauwerkes und auch der Umgebung),
- Natur- und Artenschutz (z. B. Fledermäuse, Fische),
- Gewässerschutz,
- Hochwasserschutz (erforderlicher HQ_{100}).

Unter Berücksichtigung der definierten Ziele ist in einem ersten Schritt abzuwägen, unter welchen technischen Randbedingungen diese mit der geplanten Erhaltungsmaßnahme erreicht werden können.

Darüber hinaus sind in Bezug auf eine Umsetzbarkeit der geplanten Erhaltungsmaßnahme beispielhaft nachfolgende bauzeitliche Randbedingungen zu prüfen:

- Leitungsträger (erforderliche Verlegungen im Vorfeld, parallel und nach der Maßnahme),
- Umweltschutz (Einschränkung der Bauzeit durch zu schützende Tierarten Baumfällungen, Umsiedlung von Brutquartieren, Brut- und Laichzeiten),
- Verkehrsführung (Individualverkehr, Großraum- und Schwertransporte, Rettungsdienste, öffentliche Daseinsvorsorge, ÖPNV),
- Anlieger im Bereich des Bauwerkes (Zuwegung, Beleuchtung, erforderliche Umleitung, Versorgung mit Strom, Wasser, etc., Aussaat und Ernte bei Feldern).

Im Ergebnis vorgenannter Grundüberlegungen ist ein Konzept zur Umsetzung der geplanten Erhaltungsmaßnahme zu erstellen.

2 Art und Umfang einer Erhaltungskonzeption

Vor der finalen Entscheidung zur Umsetzung einer Erhaltungsmaßnahme ist eine Vielzahl konzeptioneller Überlegungen erforderlich.

Im Ergebnis dieser Überlegungen können sich für die Erhaltungsmaßnahme unterschiedliche Varianten ergeben, zwischen denen dann abschließend abzuwägen ist. Bei der Entscheidungsfindung handelt es sich zumeist um einen iterativen Prozess. Alle Überlegungen und deren Ergebnisse sind nachvollziehbar zu dokumentieren.

Konzeptionell sollten folgende Punkte dargelegt werden:

Übergeordnete strategische Planungen: Diese können erhebliche Auswirkungen auf Erhaltungsmaßnahmen haben, da z. B. die Restnutzungsdauer oder die Anforderungen an das Ingenieurbauwerk beeinflusst sein können, durch:

- Um- und Ausbau der vorhandenen Strecke einschließlich des Um- und Ausbaus des Ingenieurbauwerks,
- Neubau von Ausweichstrecken (z. B. Ortsumgehungen), die Auswirkungen auf die Anforderungen an das Bauwerk haben (z. B. geänderte Tragfähigkeitsanforderungen),
- Überlagerung durch eine Neubaustrecke (z. B. Bau einer Autobahn unter Nutzung der Streckenführung einer Bundesstraße),
- Notwendigkeit der Änderungen in der Streckenführung (z. B. Erhöhung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs) und damit die Notwendigkeit eines Ersatzneubaus an anderer Stelle,
- Wiederherstellung eines regelkonformen Zustandes der Straße (z. B. Ausbau auf regelkonforme Breite),
- Herstellung des erforderlichen Hochwasserschutzes (z. B. für HQ_{100}).

Zustandsbewertung: Vorhandene Mängel, Schäden und statische Randbedingungen können aus den vorhandenen Prüfberichten entnommen werden. Weitere Informationen zum Zustand sind im Rahmen der Grundlagenermittlung zu gewinnen. Die vorhandenen Mängel und Schäden sind hinsichtlich einer Erhaltungsmaßnahme zu kategorisieren, zum Beispiel als:

- zwingend zu beheben,
- optional zu beheben oder
- nicht weiter zu berücksichtigen.

Verkehrssicherheit: Die Verkehrssicherheit ist jederzeit zu gewährleisten. Wesentlicher Teil der Verkehrssicherheit sind die Regelungen für die passiven Schutzeinrichtungen (RPS [4]) und die Regelungen zur Absturzsicherung.

- Entspricht das Bauwerk den geltenden Regelungen für die Verkehrssicherheit, sind hierfür keine Maßnahmen im Rahmen der Erhaltung erforderlich.
- Entspricht das Bauwerk nicht den geltenden Regelungen für die Verkehrssicherheit,
- so sind grundsätzlich die geltenden Regelungen nach [4] im Rahmen der Erhaltungsmaßnahme umzusetzen,
- können die geltenden Regelungen im Zuge der Erhaltungsmaßnahme nicht umgesetzt werden, ist das „bestmögliche Schutzniveau“ nach RPS 2009 Abschnitt 3.1 (5) zu erreichen oder auf Gefahren hinzuweisen, siehe [4]. Die Vorgehensweise ist im Rahmen der Planung der Erhaltungsmaßnahme zu begründen.

Verkehrsbelastung: Die aktuelle und die voraussichtliche Verkehrsbelastung (z. B. DTV-SV) auf dem Bauwerk haben bedeutenden Einfluss hinsichtlich des erforderlichen Ziellastniveaus [5]. Die aktuelle Tragfähigkeitseinstufung ist auf Plausibilität zu prüfen. Dies kann zu folgenden Ergebnissen führen:

- Ist die Bauwerkseinstufung für die aktuelle und die voraussichtliche Verkehrsbelastung ausreichend, kann die Erhaltungsmaßnahme ohne besondere Berücksichtigung der vorhandenen Tragfähigkeit ausgeführt werden.
- Ist die Bauwerkseinstufung und die verbleibende Nutzungsdauer nur noch ausreichend für den aktuellen und voraussichtlichen Verkehr bis zur Erhaltungsmaßnahme, so ist ein Erhaltungskonzept für die notwendige Tragfähigkeitserhöhung (z. B. Teilerneuerung/ Verstärkung, Ersatzneubau) aufzustellen. Mit dem Erhaltungskonzept muss das für das Bauwerk geforderte Ziellastniveau erreicht werden.
- Ist die Bauwerkseinstufung hinsichtlich der aktuellen Verkehrsbelastung nicht ausreichend, besteht dringender Handlungsbedarf. Es sind umgehend Kompensationsmaßnahmen anzuordnen, welche die Sicherheit des Verkehrs gewährleisten.

Verkehrliche Bedeutung: Die Verkehrsbedeutung ist ein wesentlicher Einflussfaktor für:

- die Einrichtung von Umleitungen,
- veränderte Verkehrsführungen und
- den Zeitraum und Häufigkeit der Verkehrseinschränkungen.

Auswirkungen können sein:

- Für verkehrlich gering belastete Straßen mit guten Umleitungsmöglichkeiten können häufigere Sperrungen in Betracht gezogen werden.
- Für verkehrlich hoch belastete Straßen sollten die Verkehrseinschränkungen so gering wie möglich gehalten werden (Staugefahr, hohe Nutzerfolgekosten, hohe Gefährdung der Nutzer, z. B. durch Auffahrunfälle).

Ziel sollte es dabei sein, im Zuge notwendiger Verkehrseinschränkungen möglichst viele Maßnahmen parallel an Bauwerken durchzuführen, so dass in den Folgejahren Verkehrseinschränkungen vermieden werden können (z. B. Nutzung einer Fahrbahnerneuerung im Bereich der Autobahn zur Instandsetzung oder Ersatzneubau eines Ingenieurbauwerks).

Verkehrsführung während der Erhaltungsmaßnahme: Im Zeitraum der Durchführung der Erhaltungsmaßnahme sind weitere verkehrliche Belange zu berücksichtigen:

- Entwicklung und Bewertung von Varianten der bauzeitlichen Verkehrsführung inkl. Bereitstellung geeigneter, leistungsfähiger Umleitungsstrecken. Der gesetzte Rahmen ist abzustimmen. Ist zum Beispiel die Verkehrsführung in vollem Umfang aufrecht zu erhalten, so kann dies auch durch ein Behelfsbauwerk, die Neuerrichtung eines Bauwerkes in neuer Linienführung oder einer seitlichen Herstellung mit Verschiebung des Bauwerkes in die Endlage erreicht werden.
- Geeignete Umleitungsstrecken für Groß- und Schwertransporte sind für die Zeit der verkehrlichen Einschränkung zur Verfügung zu stellen. Dabei ist zu prüfen, inwieweit Ausbau, Umbau oder Verstärkungsmaßnahmen auf diesen Umleitungsstrecken vor deren Einrichtung notwendig sind. Gegebenenfalls ist vorher eine Zustandsfeststellung der Umleitungsstrecke sinnvoll, um Streitigkeiten bei nachträglich festgestellten Schäden zu vermeiden.
- Überprüfung der Auswirkungen der verkehrlichen Einschränkungen auf die Einsatzzeiten der Rettungsdienste sowie Gewährleistung des ÖPNV und der öffentlichen Daseinsvorsorge (z. B. Schülerverkehre, Müllabfuhr).

Art, Umfang und Zeiträume von Verkehrsführungen und Verkehrseinschränkungen sind bei den Arbeits- und Ablaufplanungen der Erhaltungsmaßnahme zu berücksichtigen.

Beteiligte: Die Interessen der Beteiligten können erhebliche Auswirkungen auf die Art der Erhaltungsmaßnahme haben. Beteiligte können sein:

- Kreuzungsbeteiligte, z. B.:
- Baulastträger des über- oder unterführten Weges,
- Unterhaltungspflichtige für Gewässer,
- Bahnen (z. B. DB Netz AG, Privatbahn) und
- Straßen- und U-Bahnen.
- Denkmalschutz: Die Betroffenheit des Bauwerks bezüglich des Denkmalschutzes ist zu prüfen. Stehen das Bauwerk oder Teile des Bauwerks unter Denkmalschutz, so ist dies zu beachten und die Denkmalschutzbehörde zu beteiligen. Es sind auch die umgebenden Bereiche zu berücksichtigen (z. B. Brücken in Parks, Flächendenkmale).
- Leitungsträger: Die Betroffenheit von Leitungsträgern hinsichtlich der Erhaltungsmaßnahme ist zu prüfen. Sind Leitungen Dritter von den Erhaltungsmaßnahmen betroffen (z. B. Schutzmaßnahmen, Verlegung vor, während oder nach der Baumaßnahme), so sind entsprechende Abstimmungen herbeizuführen.
- Umweltschutz: Die Belange des Umweltschutzes entsprechend den gesetzlichen Regelungen sind zu prüfen und zu berücksichtigen. Dabei ist auch zu beachten, dass eventuell notwendige Genehmigungsverfahren sehr langwierig sein können. Möglicherweise sind ohne Genehmigungsverfahren nur Erhaltungsmaßnahmen geringen Umfangs umsetzbar, wobei langfristige Strategien zu verfolgen sind, um rechtzeitig umfangreiche Maßnahmen durchführen zu können. Besondere Betroffenheiten liegen vor, wenn das Bauwerk in umweltschutztechnisch sensiblen Bereichen liegt, wie z. B.:
- Naturschutzgebiet,
- Natura 2000-Schutzgebiete (FFH-Richtlinie, Vogelschutzrichtlinie),
- Landschaftsschutzgebiet,
- Artenschutzgebiet.
- Auch eine nahe Wohnbebauung bzw. sensible Bebauungen (Kindertageseinrichtungen, Schulen, Krankenhäuser, Altenheime) können einen Einfluss auf die Einschränkung der Bauverfahren und der Bauzeiten haben, wie z. B.:
- Lärmschutz,
- Staubschutz,
- Erschütterungsschutz.

Erfahrungsgemäß ist es weder fachlich noch wirtschaftlich sinnvoll, sämtliche konzeptionelle Überlegungen schon zu Beginn einer Maßnahmenplanung in einem Gesamtpaket und damit allumfassend durchzuarbeiten. Vielmehr empfiehlt es sich, zunächst ein Planungskonzept mit den wesentlichen Entscheidungsindikatoren zu erarbeiten, um dann darauf aufbauend die weiteren Untersuchungen für eine fundierte Entscheidung tätigen zu können.

Das Planungskonzept sollte eine schrittweise Vorgehensweise vorsehen, an dessen Ende maximal zwei bis drei denkbare Maßnahmenvarianten im Detail miteinander verglichen werden. Gegebenenfalls kann sich im Laufe des Prozesses auch zeigen, dass es nur eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Variante gibt. Auch dann sollte überlegt werden, ob sich Umsetzungsrisiken durch weitere Untersuchungen minimieren lassen.

Beim Aufstellen einer Erhaltungskonzeption ist immer abzuwägen, ob der Wert der Information aus einer Untersuchung/ Planung/ Berechnung zu einem bestimmten Zeitpunkt den Umsetzungsrisiken gerecht wird. Beispielhaft sei hier die statische Nachrechnung gemäß [6] erwähnt. Sofern sich bei der Analyse der übergeordneten strategischen Ziele ein Ersatzneubau als unumgänglich

herausstellt, bedarf es der Nachrechnung in der Regel nur für die Aussage, ob das Bauwerk bis zum Ersatz in der aktuellen Form genutzt werden kann oder ob bis dahin Kompensations- sowie Ertüchtigungsmaßnahmen erforderlich werden. Ergibt sich aus anderen Gründen sowieso eine zeitnahe Umsetzung, hat die Information aus einer Nachrechnung lediglich untergeordneten Wert für den Entscheidungsprozess.

Eine Erhaltungskonzeption entspricht noch keinem Erhaltungsentwurf. Sie dient lediglich zur Gestaltung des erforderlichen Abwägungsprozesses, um dann später in eine gezielte Entwurfsplanung für die konkrete Maßnahme eintreten zu können. Selbstverständlich sollen die wesentlichen Ergebnisse der Erhaltungskonzeption im späteren Entwurf Berücksichtigung finden.

3 Vereinfachte technische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Maßnahmenvarianten

Nach der Definition der grundlegenden Ziele für die konkrete Maßnahme und dem Aufstellen eines Planungskonzeptes sollten, in Abhängigkeit vom Umfang der Erhaltungsmaßnahme, zunächst alle naheliegenden Varianten einer möglichen Umsetzung zum Erlangen der definierten Ziele mit ihren Eckwerten in Wort und Bild skizziert werden.

Beschreibung des Bestandes (Überbau/ Unterbau):

- Baujahr,
- Theoretische Restnutzungsdauer,
- Zustands- und Substanzkennzahl,
- Bauart,
- Tragfähigkeit und Traglastindex,
- Bauwerksfläche und Aufteilung der Fahrbahn,
- sonstige Besonderheiten.

Beschreibung der Maßnahmen (Variante 1 bis x):

- Art der Maßnahme,
- angestrebte Nutzungsdauer (Überbau/ Unterbau),
- angestrebter Zustand und Substanzkennzahl (Überbau/ Unterbau),
- angestrebte Tragfähigkeit,
- Bauwerksfläche und angestrebte Aufteilung der Fahrbahn,
- Nutzungsverbesserungen,
- Umsetzungsrisiken und Defizite,
- Abbruch und Baubehelfe.

Planunterlagen:

- Bauwerksübersichtsplan Bestand,
- Maßnahmenskizzen (Variante 1 bis x), z.B. Eintragungen in die Bestandszeichnungen.

Kostenrahmen:

- Restwert Bestand,
- Kostenrahmen der Maßnahmen (Variante 1 bis x),
- Zuordnung zum Bauwerk (KB, Var nach RI-WI-Brü [2]),
- Bau,

- Abbruch,
- Baubehelfe (BE, Gerüste etc.),
- Zuordnung zur Strecke,
- Kostenrahmen für Sonstiges.

Fachliches Votum bzgl. der definierten Ziele (Variante 1 bis x):

- z. B. sehr gut/gut/befriedigend/ausreichend/ungenügend.

Die Aufstellung sollte vorzugsweise in Tabellenform vorgenommen werden, Beispiele sind in **Anlage 2** dargestellt.

Anhand einer solchen möglichst einfach gehaltenen Aufstellung lassen sich bereits erste Varianten nachvollziehbar ausschließen. Bei anderen Varianten können gegebenenfalls Überlegungen zur Aufstellung weiterer Untervarianten sinnvoll sein.

In diesem Schritt des Entscheidungsprozesses kommt es zunächst nicht auf die Aussagegenauigkeit zum Zustand nach Vollzug der Maßnahme an, sondern vielmehr auf die Herausarbeitung der grundsätzlichen Entscheidungsindikatoren. Es ist daher durchaus legitim, zunächst mit groben Schätz- oder Erfahrungswerten zu arbeiten, insbesondere was den Kostenrahmen, die Umsetzungsrisiken und das fachliche Votum anbetrifft.

Zur Ermittlung des Kostenrahmens kann, sofern keine genaueren Werte vorhanden sind, in einer ersten Näherung (Bruttokosten inkl. Abbruch, Baustelleneinrichtung, Ausführungsplanung) von **Anlage 3** ausgegangen werden. Eigene Erfahrungswerte sind in der Regel den vorgenannten Werten vorzuziehen.

Liegt der Kostenrahmen für eine Instandsetzung oder Ertüchtigung über dem Kostenrahmen eines Ersatzneubaus, ist die Instandsetzung oder Ertüchtigung aus wirtschaftlichen Gründen grundsätzlich zu verwerfen, es sei denn, dass denkmalschutzrechtliche Aspekte zu berücksichtigen sind oder andere zwingende Gründe für ein derartiges Vorgehen sprechen.

Die Wirtschaftlichkeit einer Instandsetzung oder einer Ertüchtigung eines Bauwerkes ist grundsätzlich zu hinterfragen, wenn:

- dessen Restnutzungsdauer unter 30 % der theoretischen Nutzungsdauer oder
- der Kostenrahmen einer Instandsetzung oder Teilerneuerung ohne Verstärkung über 50 % des Kostenrahmens für einen Ersatzneubau des Bauwerks liegt.

Sofern darüber hinaus andere Ziele, z. B. Tragfähigkeitserhöhungen, Zustandsverbesserung (Verstärkung bzw. Teilerneuerung mit Verstärkung) nicht oder nur mit großen Risiken erreichbar sind, sollten derartige Maßnahmenvarianten frühzeitig verworfen werden.

Unter Berücksichtigung der technischen und finanziellen Aspekte ist eine erste Priorisierung der verschiedenen Varianten vorzunehmen. Varianten, die als nicht geeignet eingestuft werden, sollten ausgeschlossen werden. Die übrigen Varianten sind nach Erfordernis weiter zu verfeinern. Hierbei ist aufzulisten, welche Untersuchungen, Planungen und Berechnungen für den weiteren Entscheidungsprozess für die einzelne Variante möglich und notwendig erscheinen, welcher Kosten- und Zeitbedarf und welcher Mehrwert mit den Ergebnissen bei der Entscheidungsfindung erzielt werden kann. Die Auflistung kann analog der Variantenbeschreibung in tabellarischer Form erfolgen, siehe **Anlage 2**.

Sofern

- der Entscheidungsprozess sehr komplex,
- der mögliche Untersuchungsumfang sehr groß,
- der mögliche Untersuchungsumfang zeitlich/ finanziell umfangreich ist,

sind zusätzliche Meilensteine zu definieren, nach denen erneut eine vereinfachte technische und wirtschaftliche Bewertung der einzelnen Varianten vorzunehmen ist.

4 Feststellung/Festlegung notwendiger erforderlicher Untersuchungen am Bauwerk

Vor Beginn einer Erhaltungsplanung sind alle hierfür erforderlichen Erkenntnisse über das Bauwerk zusammenzutragen. Die sorgfältige, alle wichtigen Einzelheiten erfassende Bestandsaufnahme geht in der Regel über die Zielsetzung der Bauwerksprüfung hinaus. Die daraus resultierenden, zum Teil erheblichen finanziellen Aufwendungen sind in der Regel gering, im Gegensatz zu den Kosten, die aus einem technischen Vorschlag resultieren können, der einen Großteil der anstehenden Probleme vernachlässigt und die Ursachen von Mängeln/ Schäden nicht beseitigt.

Grundlage für eine Aufgabenstellung zur Untersuchung eines Bauwerkes sind die in der Bauwerksakte/ im Bauwerksbuch erfassten Daten. Dort sind in der Regel die Daten über die Errichtung des Bauwerkes, wie z. B. die Abmessungen, die Baustoffe, die Bauteile, die Bauverfahren, das Lastniveau sowie Pläne und Statiken etc., hinterlegt sowie ggf. auch Daten und Informationen aus vorangegangenen Erhaltungsmaßnahmen. Anhand der Ergebnisse der Bauwerksprüfungen (Haupt- und einfache Prüfung) lassen sich die Schäden und deren Veränderung an den Bauteilen verfolgen. Je nach verwendetem Baustoff und Bauverfahren sind typische Schadensbilder feststellbar, die für eine Erhaltungsmaßnahme genauer untersucht werden müssen. Die im Rahmen der Bauwerksprüfung aufgenommenen Schäden und Mängel sind in ihrer Beschreibung zumeist nicht ausreichend für eine umfassende Planung und zur Umsetzung einer Instandsetzungs-/ Ertüchtigungsmaßnahme.

Nach einer ersten Datenzusammenstellung und Analyse von Schadensgruppen ist eine Vorortbesichtigung des Bauwerks vorzunehmen. Grundlage zur Orientierung am Bauwerk ist der Bauwerksübersichtsplan. Im Zuge der Besichtigung sind die Umgebung und die das Bauwerk umfassenden Randbedingungen aufzunehmen und zu dokumentieren. Dabei müssen die zuvor gesammelten Erkenntnisse mit der Realität abglichen werden. Hierbei können für nachfolgende Untersuchungen am Bauwerk beispielhaft folgende Punkte wichtig sein:

- Verkehrsachsen auf und unter dem Bauwerk (Verkehrsbelegung, Sichtachsen, vorhandene Stellflächen für Fahrzeuge, Leiteinrichtungen, Ein- und Aufbauten, Lärmschutzwände und Lärmschutzwälle, Verkehrszeichenbrücken),
- Zugangsmöglichkeiten oben und unten zum Bauwerk (Überbau, Widerlager, Pfeiler), Prüfung ob Zugangstechnik, wie Leitern, Hubsteiger etc., benötigt wird,
- benachbarte Grundstücke (Zufahrten, Bewirtschaftung der Flächen),
- mögliche Verkehrsraumeinschränkungen für die Untersuchungen,
- Umleitungsmöglichkeiten für den Verkehr.

Die Feststellungen sind in Lageplänen zu notieren und gegebenenfalls Fotos zu erstellen.

Die in den Prüfberichten festgestellten und für die Instandsetzung/ Ertüchtigung relevanten Schäden sind mit dem Bauwerk abzugleichen und Veränderungen (z. B. Risse, Ausbrüche etc.) zu dokumentieren. Eine detaillierte Aufnahme des Schadensumfanges (z. B. Rissgröße, Anzahl, Orte) kann an dieser Stelle bereits sinnvoll sein, um die erforderlichen Mengen für eine Ausschreibung und die notwendigen Kostenschätzungen zu erhalten. Es wird empfohlen, sich bei der Mengenermittlung an die Maßeinheiten (lfd. m, m², m³) und bei der Unterteilung der Schadensgrößen (Risse von 0,2 mm bis 0,4 mm etc.) an den Leistungspositionen des STLK zu halten, um einen Mehraufwand zu vermeiden.

Die Untersuchungen an einem Bauwerk und dessen Bauteilen richten sich nach dessen Bauweise und den damit im Zusammenhang stehenden möglichen Schädigungen der Bausubstanz. In der **Anlage 4** „Untersuchungen an Baugrund und Bauwerken“ sind die einschlägigen Untersuchungen Kategorien zugeordnet. Die Kategorien wurden aus Bauteilen und Baustoffen wie folgt gebildet:

- Baugrund,
- Grundwasser,
- Stahl,
- Stahlbeton,
- Beton,
- Holz,
- Seile,
- Asphalt/ Abdichtung,
- Lager,
- FÜK,
- Aluminium,
- Schadstoffbelastung bei Abbruch,
- Mauerwerk/ Denkmalschutz,
- Natur-/ Umweltschutz.

In den Kategorien werden die einzelnen Untersuchungen aufgezählt. Die Aufzählung in den Kategorien ist nicht abschließend und kann ergänzt werden. Für die Untersuchungen werden in der nächsten Spalte die Gründe für die Untersuchung genannt und daran anschließend eine kurze Erläuterung zu der Untersuchung gegeben. Hier-auf folgt eine Aufzählung möglicher Ausführer, weitere Hinweise zur Untersuchung und Literaturangaben. Die Untersuchungen sind in DIN-Normen, Regelwerken und Fachliteratur beschrieben und geregelt. Die Untersuchungsleistungen bestehen meistens aus mehreren Teilleistungen. Die Untersuchungen können in die folgenden Grundleistungen unterteilt werden:

- Untersuchungen direkt am Bauwerk,
- Probenentnahme am Bauwerk,
- Untersuchung der Proben im Baustofflabor,
- Ingenieurmäßige Bewertung der Ergebnisse und
- Empfehlungen für die Schadensbeseitigung.

Die Auswahl an notwendigen Untersuchungen muss sich an den zuvor festgelegten Erhaltungskonzepten orientieren. Dafür kann es bei einer größeren Anzahl an Maßnahmenvarianten sinnvoll sein, eine Untersuchungsmatrix zu erstellen (siehe **Anlage 5**) und in einem Plan darzustellen. Hierbei können bereits die folgenden Prozessschritte (Untersuchungen für die Nachrechnung, Vorbereitung der Ausschreibung) mit eingebunden werden. So kann die zeitliche Abfolge der Untersuchungen übersichtlich festgelegt werden.

Die Anzahl an erforderlichen Proben für die Untersuchungen richtet sich nach der Größe des Bauwerkes/ Bauteils, den Herstellungsbesonderheiten und den wechselnden Baustoffen. Es kann bei größeren Bauwerken/ Bauteilen notwendig sein, mehr Proben zu nehmen, um die Verteilung der Materialeigenschaften über das Bauteil möglichst gut abbilden zu können. Es sind auch die statistischen Parameter für eine Beurteilung der Materialeigenschaft mit heranzuziehen. Bei starken Schwankungen der Kennwerte ist deren Ursache zu ergründen. Ursache ist hierfür meist der ungleiche Herstellungsprozess.

5 Priorisierung der zeitlichen Abarbeitung der erforderlichen Untersuchungen in Abhängigkeit der weiteren Arbeitsschritte

Das bisher dargestellte mehrstufige Abstimmungsverfahren wird in einer zeitlichen Abfolge abgearbeitet. Daher ist es sinnvoll, auch die notwendigen Untersuchungen am Bauwerk in zeitlichen Stufen vorzunehmen.

In der Regel ist aus Kostengründen (An- und Abfahrt, erforderliche Verkehrsraumeinschränkungen, Zugangstechnik etc.) die Entnahme von Proben für alle erforderlichen Untersuchungen zusammenzufassen.

Die notwendigen Untersuchungen (siehe Abschnitt 4) sind mit zeitlichen Abhängigkeiten zu versehen. Die Untersuchungstiefe und deren Umfang steigen entsprechend der vertieften Analyse der gegenüber gestellten Verfahren.

6 Grundlagen und Analyse des Bauwerkes für die Nachrechnung

Der erforderliche Umfang der Nachrechnung des Bauwerks ist festzulegen. Diese ist in der Regel notwendig bei:

- allen Bauwerken mit Instandsetzungs- und Ertüchtigungskosten > 25% der fiktiven Ersatzneubaukosten,
- allen Brücken mit einer erwarteten Defizithäufung in der Tragfähigkeit. In der Regel ist dies gegeben bei Brücken mit folgenden Randbedingungen:
- Tragfähigkeit kleiner als Brückenklasse 60 für alle Einzelstützweiten,
- Brücken aller Bauarten mit einer Substanzkennzahl für den Überbau $\geq 3,0$ (nicht ausreichender Zustand),
- Spannbetonbrücken mit Brückenklasse 60 und Baujahr bis 1966 und maximale Einzelstützweite ≥ 20 m,
- Stahl-, Stahlverbundbrücken (außer WIB-Träger, Wellstahlrohre) mit Brückenklasse 60 und Baujahr bis 1978 und maximale Einzelstützweite ≥ 20 m.

Für Bauwerke mit begrenzter Restnutzungsdauer ist in jedem Einzelfall zu entscheiden, ob eine Nachrechnung erforderlich ist.

Im Rahmen einer Nachrechnung gemäß [6] ist der aktuelle Bauwerkszustand zu berücksichtigen. Hierzu sind die Ergebnisse der letzten Hauptprüfung, die in der Regel nicht länger als drei Jahre zurückliegen sollte, oder eine aktueller Zustandsbericht zu Grunde zu legen.

Baustoffliche Untersuchungen sind nur erforderlich, wenn keine eindeutige Zuordnung der verwendeten Materialien anhand der geprüften Bestandsunterlagen möglich ist, keine aussagekräftigen Unterlagen vorliegen oder genauere Berechnungsverfahren angewendet werden sollen. Darüber hinaus können weiterführende Untersuchungen zur Verfeinerung des Berechnungsmodells sinnvoll sein.

Die Festlegung, welche Untersuchungen am Bauwerk vor einer Nachrechnung erforderlich/sinnvoll sind, ist in jedem Einzelfall zu prüfen und zu entscheiden. Der Umfang der Feststellungen am Bauwerk ist in jedem Fall von der Tiefe der Nachrechnung abhängig.

In **Anlage 6** werden Hinweise zu erforderlichen Untersuchungen gegeben.

7 Nachrechnung

Die Nachrechnung von Ingenieurbauwerken erfolgt in der Regel auf der Grundlage der Nachrechnungsrichtlinie [6]. Bezüglich der Notwendigkeit einer Nachrechnung wird auf Abschnitt 6 verwiesen.

Das bei der Nachrechnung angenommene Ziellastniveau ist so zu wählen, dass die zu erwartenden Verkehre für die Zeit der Restnutzungsdauer des Bauwerks sicher aufgenommen werden können.

Bauzeitliche Verkehre sind gesondert zu untersuchen, z. B. 4+0 - Verkehrsführung.

Zur Festlegung des Umfangs einer Nachrechnung im Zuge einer Instandsetzung oder Ertüchtigung kann von nachfolgenden Grundsätzen ausgegangen werden:

- **Überbau von Brücken**
Sofern eine Ertüchtigung erfolgt, ist grundsätzlich eine Untersuchung der Tragfähigkeit des Überbaus in Bezug auf das erforderliche Ziellastniveau erforderlich. Bei kleinen untergeordneten Bauwerken kann gegebenenfalls auf eine explizite Nachrechnung verzichtet werden. Dabei sind auch die Lasten zu berücksichtigen, die aus der Erneuerung der passiven Schutz-einrichtungen folgen.
- **Unterbauten/ Gründungen**
In der Nachrechnung sind die Unterbauten mit zu betrachten, insbesondere sofern sich auf Grund des neuen Ziellastniveaus deutliche Lasterhöhungen ergeben oder wenn sich Anhaltspunkte aus Schadensbildern zeigen. Sollte ein Lageraustausch erforderlich werden, so ist die Lastweiterleitung in die Unterbauten sicherzustellen.
- **Liegen für die Nachrechnung keine ausreichend gesicherten Angaben (z. B. Maße und Material- sowie Bodenkennwerte) vor, so kann die Einschätzung der Standsicherheit der Unterbauten auch verbal erfolgen, soweit diese nicht in erheblichem Maß von der Instandsetzung oder Ertüchtigung betroffen sind.**

Die Nachrechnung ist in folgenden Schritten durchzuführen (siehe auch **Anlage 7**):

- Zusammenfassung der zu berücksichtigenden statischen Parameter (z. B. für Fahrzeugrückhaltesysteme, Fahrbahnbreiten),
- Durchführung der Nachrechnung unter Berücksichtigung des vorhandenen Bauwerkszustandes und ggf. unter Berücksichtigung der Erhaltungsziele,
- Prüfung, ob mit dem vorhandenen Tragwerk das erforderliche Ziellastniveau erreicht wird,
- Wenn das Ziellastniveau nicht erreicht wird, ist eine Abschätzung notwendig, ob aktuell für den örtlich vorhandenen Verkehr ein Tragfähigkeitsdefizit besteht und eine Nachrechnung für das Bestandsbauwerk unter Berücksichtigung des aktuellen Verkehrs (Verkehrszählung) erforderlich ist,
- Festlegung zum weiteren Vorgehen unter Berücksichtigung der Nachrechnungsrichtlinie [6].

8 Bewertung der geplanten Maßnahmen im Ergebnis der Nachrechnung

Im Ergebnis der Nachrechnung ist zu bewerten, ob die vorhandene Tragfähigkeit für das erforderliche Ziellastniveau ausreichend ist. Ist dies ohne Verstärkungsmaßnahmen für die geplante Restnutzungsdauer des Bauwerks gegeben, so kann im Allgemeinen davon ausgegangen werden, dass aus Sicht der Tragfähigkeit eine Instandsetzung oder eine Teilerneuerung ohne Verstärkung sinnvoll ist.

Ist die Tragfähigkeit für das erforderliche Ziellastniveau nicht gegeben, so ist durch die Straßebauverwaltung auf der Grundlage der festgestellten und bewerteten Defizite zu entscheiden, ob eine Machbarkeitsstudie zur Verstärkung oder Teilerneuerung mit Verstärkung veranlasst werden soll.

Sind Maßnahmen der Verstärkung oder der Teilerneuerung mit Verstärkung erforderlich und werden diese als sinnvoll angesehen, sind im Rahmen einer Machbarkeitsstudie Art und Umfang dieser näher zu bestimmen. Hierbei ist insbesondere die geplante Restnutzungsdauer zu berücksichtigen.

Im Ergebnis der Machbarkeitsstudie ist festzulegen, ob eine Instandsetzung oder Ertüchtigung weiterverfolgt werden soll.

9 Weitergehende Untersuchungen am Bauwerk

An dieser Stelle müssen weitergehende Untersuchungen, die noch nicht in den vorherigen Abschnitten Anwendung fanden, durchgeführt werden. Dazu gehören umfassende Baustoffuntersuchungen bezogen auf den Zustand der Bausubstanz, der Baustoffqualität und Güte des Bauwerks, um Aufschluss über erforderliche Erhaltungskonzepte und -varianten für die einzelnen Baustoffe des Bauwerks zu erhalten. Weiterhin ist es erforderlich, eine Ursachenforschung (OSA [7]) bezüglich der vorgefundenen und nicht eindeutig bestimmbar Schädigungen durchzuführen, um diese später zu beheben.

Die Gesamtheit der Untersuchungsergebnisse ist Grundlage der weiteren Entscheidungsfindung.

10 Abschließende Festlegung der Erhaltungsmaßnahme

In Auswertung aller durchgeführten Untersuchungen und sonstigen Betrachtungen ist in Abhängigkeit vom festgestellten Bauwerkszustand festzulegen, ob und in welchem Umfang eine Instandsetzung oder eine Ertüchtigung erfolgen soll. Diese Betrachtungen sind auf die zu erwartende Restnutzungsdauer zu beziehen.

11 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Bei haushaltswirksamen Erhaltungsmaßnahmen mit einem Auftragsvolumen von über 3,0 Mio. Euro oder bei Erhaltungsmaßnahmen, deren Auftragsvolumen 50% der Baukosten des reinen Bauwerks zum heutigen Preisstand übersteigt, ist eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nach RI-WI-BRÜ [2] durchzuführen.

Die Baukosten des reinen Bauwerks zum heutigen Preisstand können in erster Näherung, sofern keine genaueren Schätz- oder Erfahrungswerte vorliegen, gemäß **Anlage 3** bestimmt werden.

Eine analoge Anwendung der Rechenalgorithmen der RI-WI-BRÜ [2] sowie der Matrix zur Beurteilung der nicht monetären Aspekte wird auch außerhalb des Geltungsbereiches der Vorschrift empfohlen. Zumindest sollte eine vereinfachte technische und wirtschaftliche Bewertung aller final bearbeiteten Varianten, wie in Abschnitt 3 dargestellt, erfolgen.

12 Maßnahmenplanung

Im Ergebnis des zuvor dargestellten Abwägungsprozesses, insbesondere unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, ist die im konkreten Fall anzuwendende Maßnahme festzulegen und im Weiteren planerisch und baulich umzusetzen.

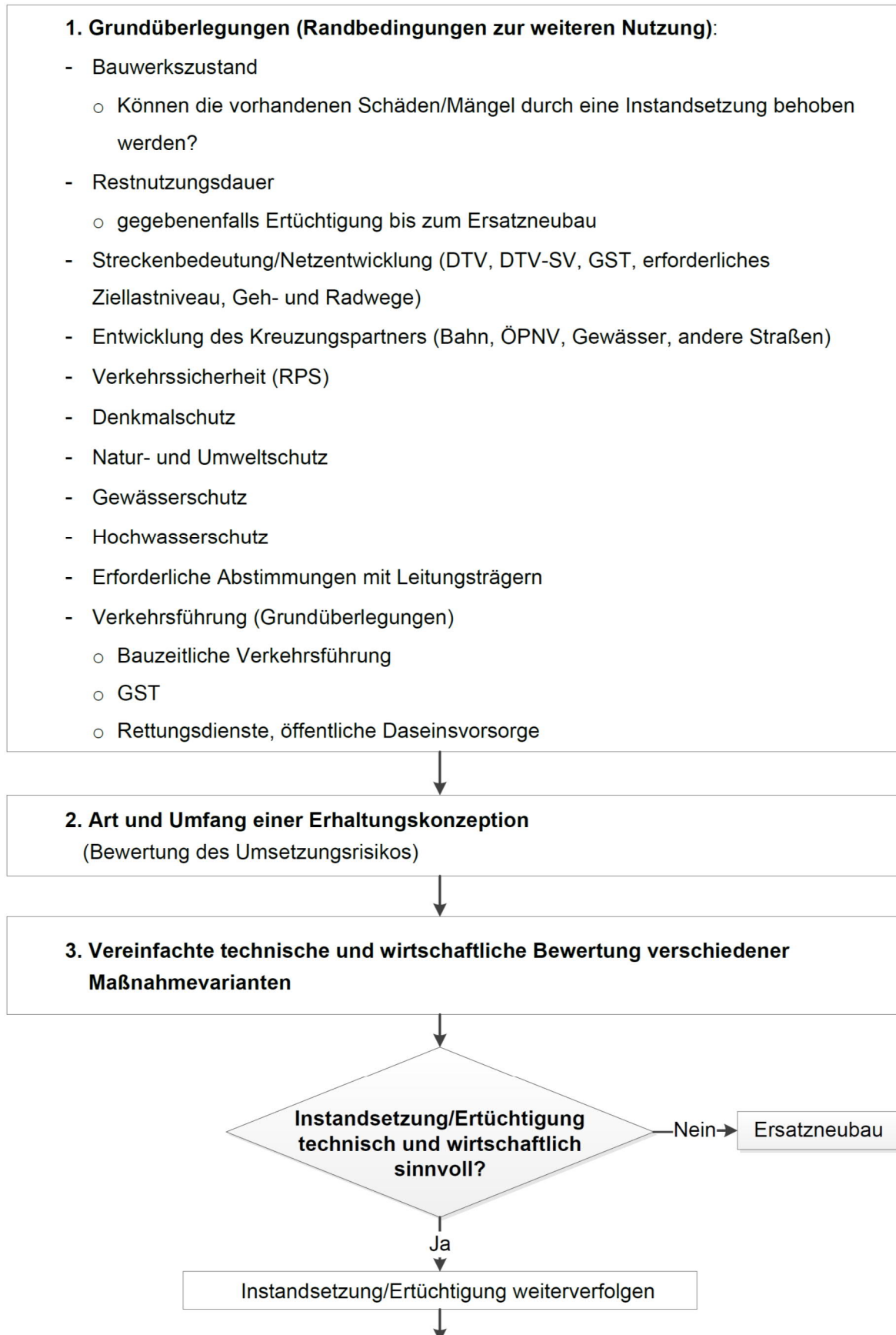
Der Abwägungsprozess ist zu dokumentieren. Alle Untersuchungsergebnisse sind in Form eines Literatur

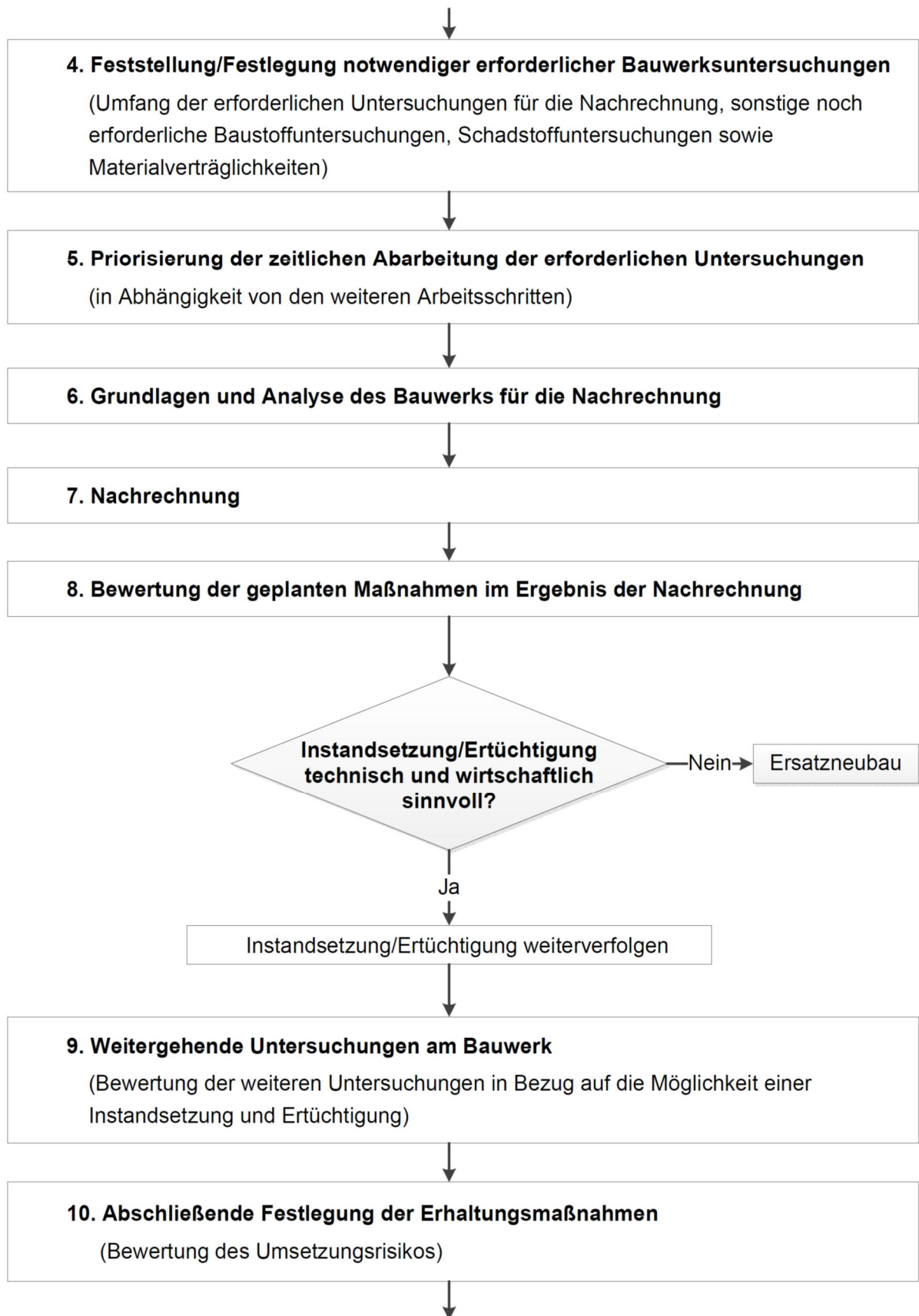
Literatur

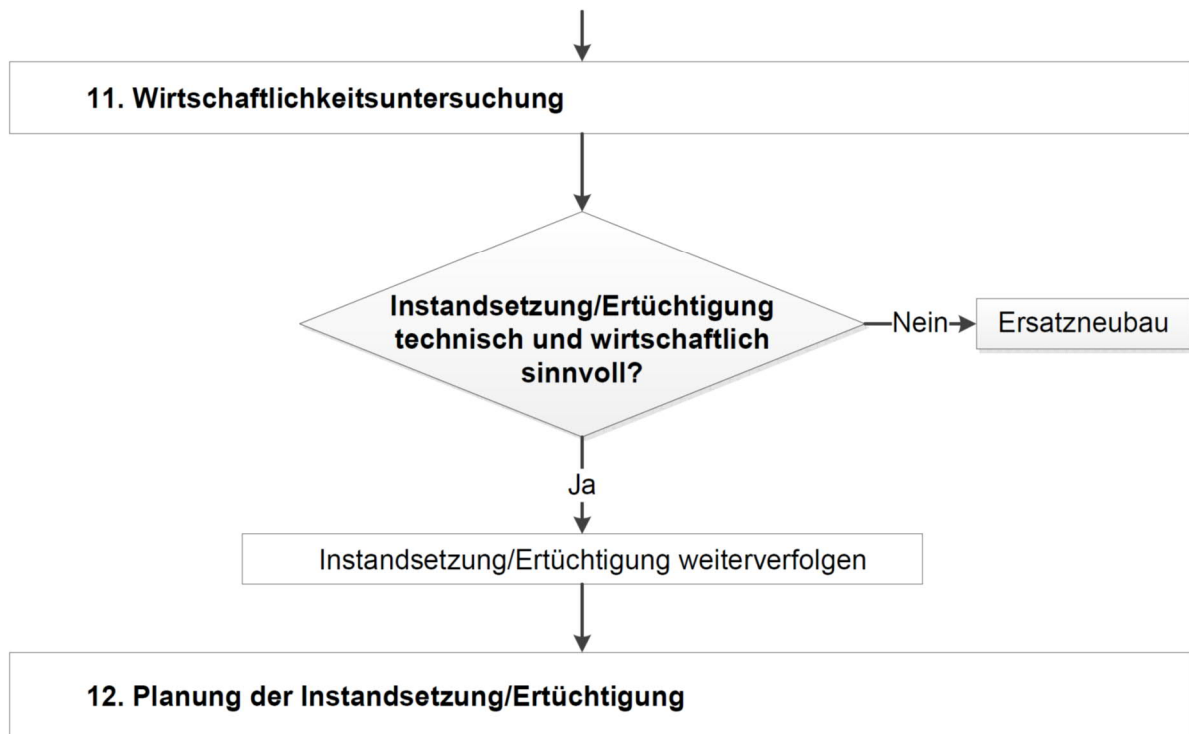
- [1] Richtlinie für die strategische Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Ingenieurbauwerken (RPE ING); 2019
- [2] Richtlinie zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzungs-/ Erneuerungsmaßnahmen bei Straßenbrücken (RI-WI-BRÜ)
- [3] DIN 1076 - Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen; Überwachung und Prüfung
- [4] Einsatzempfehlungen für Fahrzeugrückhaltesystemen; BAST (Homepage)
- [5] Einführung des Traglastindex; Übergabe der Daten an die Bundesanstalt für Straßenwesen (ARS 09/2020)
- [6] Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), 05/2011, 1. Ergänzung, Ausgabe: 04/2015
- [7] Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse (OSA)
- [8] König, W., et. al.: Verfahrensbeschreibung zur Prognose des Erhaltungsbedarfs von Ingenieurbauwerken, Entwicklungsstufe 1 Straßenbrücken und Stützwände; Arbeitsstand 08/2017, Landesamt für Bau und Verkehr, Erfurt, unveröffentlicht

Anlagen (Hinweis: Die Anlagen 2, 4, 5 sind nur in der digitalen Version gut lesbar.)

Anlage 1 Ablaufdiagramm







Anlage 2 Vereinfachte technische und wirtschaftliche Bewertung Beispieltabelle

Beispiel 1 – Plattenbalkenbrücke

Variante	Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 4	
Name	Nichtstun	Instandsetzung	Verstärkung	Teilerneuerung (ohne Verstärkung)	Teilerneuerung (mit Verstärkung)	Ersatzneubau	
Definition gemäß RPE-ING		Instandsetzung (Wiederherstellung des planmäßigen Zustandes ohne Erhöhung des Gebrauchswertes)	Verstärkung (Tragfähigkeitsverbesserung über die Ursprungstragfähigkeit)	Teilerneuerung (einzelner oder mehrerer Bauteilgruppen mit Erhöhung des Gebrauchswertes)	Teilerneuerung mit Verstärkung (wie Variante 3.1 + Erhöhung der Tragfähigkeit)	Ersetzen des vorhandenen Bauwerks durch ein neues Bauwerk (ohne kapazitive Erweiterung)	
Kurzziel	OR	IS	V	ToV	TmV	EN	
Bezugsjahr (Jahr der Umsetzung)	2020	2020	2020	2020	2020	2020	
Kurzbeschreibung	Bauwerk wird nicht verändert	Instandsetzung von Rissen an Oberbau und Unterbau	Verstärkung Oberbau mit CFK-Lamellen und Instandsetzung von Rissen an Oberbau und Unterbau	Instandsetzung Risse Oberbau und Unterbau; Neuaufbau Oberbau ab Tragplatte	Instandsetzung Risse Unterbau; Anpassung Weib; Erneuerung Oberbau	Ersatz des kompletten Bauwerks	
Kurzbeschreibung Skizzen		Skizze	ggf. Verweis auf Anlage oder Link		Skizze	Skizze	
Skizze 1 (z.B. Draufsicht)	Skizze	Skizze			Skizze	Skizze	
Skizze ... (z.B. Längs-, Querschnitt)	Skizze	Skizze			Skizze	Skizze	
Überbau a posteriori	Baujahr a posteriori theor. Nutzungsdauer Restnutzungsdauer Anteil verbleibende Dauer Bewertung Jahr Ablauf Restnutzungsdauer	1964 70 14 20% 5 2034	1964 70 14 20% 5 2034	1964 70 14 20% 5 2034	1964 70 14 100% 1 2090	2020 70 70 100% 1 2090	
Unterbau a posteriori	Baujahr a posteriori theor. Nutzungsdauer Restnutzungsdauer Anteil verbleibende Dauer Bewertung Jahr Ablauf Restnutzungsdauer	1964 110 54 49% 4 2074	1964 110 54 49% 4 2074	1964 110 54 49% 4 2074	1964 110 54 49% 4 2074	2020 110 110 100% 1 2130	
Bauwerkszustand	Zustand a priori Prognose Zustand a posteriori Bewertung Substanz a priori Prognose Substanz a posteriori Bewertung	3,8 3,8 4 3,4 3,0 5	3,8 3,4 5 3,4 2,6 4	3,8 3,6 5 3,4 2,6 3	3,8 2,6 3 3,4 1,4 1	3,8 1,4 1 3,4 1,4 1	
Nutzungsvermögen	Ziellastniveau Tragfähigkeit a posteriori Traglastindex Bewertung Kurzbeurteilung Fahrbahnbreite a priori Fahrbahnbreite a posteriori Bewertung Kurzbeurteilung sonstige Nutzungsverbesserungen Bewertung Gesamtbewertung Nutzung	BK 60/30 BK 30/30 III 5 nicht ausreichend 5,50 m 5,50 m 5 ungenügend keine 5 5	BK 60/30 BK 30/30 III 5 nicht ausreichend 5,50 m 5,50 m 5 ungenügend keine 5 4	BK 60/30 BK 60/30 I 2 optimal; wenn nachweisbar für Unterbau 5,50 m 5,50 m 5 ungenügend keine 5 3	BK 60/30 BK 30/30 III 5 nicht ausreichend 5,50 m 6,00 m 4 nicht ausreichend Sicherheit/FRS 3 2	BK 60/30 LMM I 1 optimal; Aufgrund Neubau gesichert 5,50 m 6,50 m 1 normgerecht Gesamt normgerecht 1 2 1	
Risiko	Risiken in der Umsetzung Bewertung Kurzbeurteilung	gering 1 einfache IS-Planung	eher gering 2 vereinzelt Unsicherheiten	sehr hoch 5 viele Unsicherheiten	mittel 3 Unsicherheiten Unterbau	gering 1 einfache EN-Planung	
Sonstiges	techn. Aufwand Baubehelfe Bewertung Kurzbeurteilung techn. Aufwand Abbruch Bewertung Kurzbeurteilung	gering 1 gering 1	eher gering 2 gering 1	mittel 3 gering 1	hoch 4 hoch 4	hoch 4 mittel 3	
Fläche	Bauwerksfläche a priori Bauwerksfläche a posteriori	500 m² 500 m²	500 m² 500 m²	500 m² 500 m²	500 m² 550 m²	500 m² 700 m²	
Restwert	Restwert Bestand Überbau (A:60%) Restwert Bestand Unterbau (A:40%) theor. Verlust Bestandswert Bewertung	165.775 € 271.267 € 0 € 1	165.775 € 271.267 € 0 € 1	165.775 € 271.267 € 0 € 1	165.775 € 271.267 € 165.775 € 4	165.775 € 271.267 € 437.042 € 5	
Kosten Bauwerk	Kostenrahmen Überbau Kostenrahmen Unterbau Kostenrahmen Abbruch Kostenrahmen Baubehelfe Kostenrahmen Sonstiges Kostenrahmen gesamt BW Anteil Variante Erneuerung BW Bewertung BW Kurzbeurteilung		138.146 € 8% 1	414.437 € 23% 2	552.582 € 30% 3	897.362 € 49% 4	1.828.358 € 100% 5
Kosten Gesamt	Kostenrahmen Strecke Kostenrahmen gesamt Platzierung	0 € 138.146 € 1	0 € 414.437 € 2	20.000 € 572.582 € 3	100.000 € 997.362 € 4	150.000 € 1.978.358 € 5	
Volumen	Gesamtbewertung Kurzbeurteilung Weiterverfolgen Anmerkungen	5 kurz- bis mittelfristige Sperrung/Ablastung BW erforderlich nein	4 Unterschreitung Restnutzungsdauer und keine Gebrauchswertenerhöhung nein	3 Unterschreitung Restnutzungsdauer; jedoch signifikante Gebrauchswertenerhöhung gegeben ja	4 geringe Gebrauchswertenerhöhung und sehr hohe Risiken nein	2 normgerechter Ersatzneubau des Überbaus mit Restrisiken bei Unterbauten; Kosten jedoch ca. 50% EN ja	1 normgerechter Ersatzneubau; Kosten hoch, jedoch im Verhältnis zu Variante 3.2 noch vertretbar ja
			detailliertere Varianteuntersuchung und Betrachtung nach RI-WI-BRU empfehlenswert		detailliertere Varianteuntersuchung und Betrachtung nach RI-WI-BRU empfehlenswert		

LPI-ING - Leitfaden zur Prüfung von Instandsetzungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen an Ingenieurbauwerken

Beispiel 2 - denkmalgeschützte Bogenbrücke

Variante	Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 4
Name	Nichtstun	Instandsetzung	Teilerneuerung Überbau	Teilerneuerung Überbau	Teilerneuerung Überbau	Ersatzneubau
Definition gemäß RPE-ING		Instandsetzung (Wiederherstellung des planmäßigen Zustandes ohne Erhöhung des Gebrauchswertes)	Teilerneuerung (einzelner oder mehrerer Bauteilgruppen mit Erhöhung des Gebrauchswertes)	Teilerneuerung mit Verstärkung (wie Variante 2 + Erhöhung der Tragfähigkeit)	Teilerneuerung mit Verstärkung (wie Variante 2 + Erhöhung der Tragfähigkeit)	Ersetzen des vorhandenen Bauwerks durch ein neues Bauwerk (ohne kapazitive Erweiterung)
Kürzel	OR	IS	TEoV	TEmV Var1	TEmV Var2	EN
Bezugsjahr (Jahr der Umsetzung)	2020	2020	2020	2020	2020	2020
Kurzbeschreibung	Bauwerk wird nicht verändert	Instandsetzung zur Substanzerhaltung	Rückbau der Fahrbahn bis zum Bogen und Instandsetzung der Bogen	Stahlbetonplatte als lastverteilende Platte	Stahlbetonplatte als lastverteilende Platte und Mikroplatte zur Lastabtragung	Ersatz des kompletten Bauwerks
Skizze 1 (z.B. Draufsicht)	Skizze	Skizze	ggf. Verweis auf Anlage oder Link			Skizze
Skizze ... (z.B. Längs-, Querschnitt)	Skizze	Skizze				Skizze
Baujahr a posteriori	1900	1900	1900	1900	1900	2020
theor. Nutzungsdauer	130	130	130	130	130	70
Restnutzungsdauer	10	10	10	10	10	70
Anteil verbleibende Dauer	8%	8%	8%	8%	8%	100%
Bewertung		5	5	5	5	1
Jahr Ablauf Restnutzungsdauer	2030	2030	2030	2030	2030	2090
Baujahr a posteriori	1900	1900	1900	1900	1900	2020
theor. Nutzungsdauer	130	130	130	130	130	110
Restnutzungsdauer	10	10	10	10	10	110
Anteil verbleibende Dauer	8%	8%	8%	8%	8%	100%
Bewertung		5	5	5	5	1
Jahr Ablauf Restnutzungsdauer	2030	2030	2030	2030	2030	2130
Zustand a priori	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Prognose Zustand a posteriori	3,4	3,4	2,8	1,9	1,9	1,4
Bewertung		4	3	1	1	1
Substanz a priori	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Prognose Substanz a posteriori	3,2	3,2	2,6	1,7	1,7	1,2
Bewertung		4	3	1	1	1
Ziellastniveau	BK 60/30	BK 60/30	BK 60/30	BK 60/30	BK 60/30	BK 60/30
Tragfähigkeit a posteriori	BK 30/30	BK 30/30	BK 30/30	BK 60/30	LMM	LMM
Traglastindex	III	III	III	I	I	I
Bewertung		5	5	2	1	1
Kurzbegründung		nicht ausreichend	nicht ausreichend	optimal; wenn nachweisbar für Unterbau	optimal; wenn nachweisbar für Unterbau	optimal; Aufgrund Neubau gesichert
Fahrbahnbreite a priori	5,50 m	5,50 m	5,50 m	5,50 m	5,50 m	5,50 m
Fahrbahnbreite a posteriori	5,50 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	6,50 m	6,50 m
Bewertung		4	3	1	1	1
Kurzbegründung		ungenügend	nicht ausreichend	normgerecht	normgerecht	normgerecht
sonstige Nutzungsverbesserungen		keine	Sicherheit/FRS	Überbau normgerecht	Überbau normgerecht	Gesamt normgerecht
Bewertung		4	3	2	2	1
Gesamtbewertung Nutzung		4	3	2	2	1
Risiken in der Umsetzung		gering	sehr hoch	hoch	hoch	gering
Bewertung		1	5	3	3	1
Kurzbegründung		einfache IS-Planung	viele Unsicherheiten	Unsicherheiten Unterbau	Unsicherheiten Unterbau	einfache EN-Planung
techn. Aufwand Baubehelfe		gering	mittel	hoch	hoch	hoch
Bewertung		1	2	3	3	3
techn. Aufwand Abbruch		gering	hoch	sehr hoch	sehr hoch	hoch
Bewertung		1	3	4	4	3
Aufwand Umleitungs-führung		gering	mittel	hoch	hoch	hoch
Bewertung		1	2	3	3	3
Denkmalschutz		erfüllt Auflagen	erfüllt Auflagen	erfüllt teilweise Auflagen	erfüllt teilweise Auflagen	erfüllt nicht Auflagen
Bewertung		1	1	2	2	5
Bauwerksfläche a priori	630 m²	630 m²	630 m²	630 m²	630 m²	630 m²
Bauwerksfläche a posteriori	630 m²	630 m²	670 m²	710 m²	710 m²	760 m²
Restwert Bestand Überbau (A:50%)	64.413 €	64.413 €	64.413 €	64.413 €	64.413 €	64.413 €
Restwert Bestand Unterbau (A:50%)	64.413 €	64.413 €	64.413 €	64.413 €	64.413 €	64.413 €
theor. Verlust Bestandwert		0 €	0 €	64.413 €	64.413 €	128.826 €
Bewertung		1	1	3	3	5
Kostenrahmen Überbau						
Kostenrahmen Unterbau						
Kostenrahmen Abbruch						
Kostenrahmen Baubehelfe						
Kostenrahmen Sonstiges						
Kostenrahmen gesamt BW		420.000 €	750.000 €	1.100.000 €	1.500.000 €	1.700.000 €
Anteil Variante Erneuerung BW		25%	44%	65%	88%	100%
Bewertung BW		1	2	3	4	
Kurzbegründung		= 25 % EN	< 50 % EN	> 50 % EN	> 75 % EN	
Kostenrahmen Strecke		0 €	20.000 €	100.000 €	100.000 €	200.000 €
Kostenrahmen gesamt		420.000 €	770.000 €	1.200.000 €	1.600.000 €	1.900.000 €
Platzierung		1	2	3	4	5
Gesamtbewertung		5	4	3	2	5
Kurzbegründung	kurz- bis mittelfristige Sperrung/Ablastung BW erforderlich	mittelfristige Sperrung/Ablastung BW erforderlich	nur geringe Gebrauchswert-erhöhung; aber keine Tragfähigkeitserhöhung und sehr hohe Risiken	kostengünstigste Variante mit Erhöhung Tragfähigkeit und Erfüllung der Auflagen	wie Variante 3.1 nur mit noch höherer Tragfähigkeit, jedoch auch höhere Kosten	Erfüllt nicht die Auflagen des Denkmalschutzes
Weiterverfolgen	nein	nein	nein	ja	ja	nein
Anmerkungen				detailliertere Variantenuntersuchung und Betrachtung nach RI-WI-BRU empfehlenswert		

Anlage 3 Vereinfachte Baukostenabschätzung

Zur Ermittlung des Kostenrahmens kann, sofern keine genaueren Werte vorhanden sind, in einer ersten Näherung (Bruttokosten inkl. Abbruch, BE, Ausführungsplanung) auf Tabelle A 1 (gemäß [8]) zurückgegriffen werden.

Tabelle A 1

Maßnahmenart	Bruttokosten $K_{B,qm,Var}$ pro Quadratmeter Bauwerksfläche der Variante in €/m ²
Ersatzneubau	ca. $7.800 * A_{BW,EN}^{-0,167}$
Ertüchtigung	ca. $3.100 * A_{BW,OR}^{-0,167}$ bis $4.500 * A_{BW,OR}^{-0,167}$
Instandsetzung	ca. $780 * A_{BW,OR}^{-0,167}$ bis $1600 * A_{BW,OR}^{-0,167}$

Beschreibung der Formelzeichen:

- Bauwerksfläche Ersatzneubau $A_{BW,EN}$ in m²,
- Bauwerksfläche originäres Bauwerk $A_{BW,OR}$ in m²,
- Bruttokosten $K_{B,qm,Var}$ in €/m²,
- Kostenrahmen $K_{B,Var} \approx K_{B,qm,Var} * A_{BW,Var} * 10^{-6}$ in Mio. €,
- Variablen siehe RI-WI-BRÜ, Tabelle 3 [2].

Sofern für eine Erneuerung noch keine genaueren Angaben vorliegen, kann zunächst ersatzweise von folgenden Annahmen für die Bauwerksfläche des Ersatzneubaus $A_{BW,EN} \approx 1,1 * A_{BW,OR}$ (siehe RI-WI-BRÜ [2]) ausgegangen werden.

Die Baukosten des reinen Bauwerks zum heutigen Preisstand können in erster Näherung und sofern keine genaueren Schätz- oder Erfahrungswertevorliegen über:

$$K_{B,OR} \approx 7.800 * A_{BW,OR}^{-0,167} * A_{BW,OR} * 10^{-6} \text{ in Mio. €}$$

bestimmt werden.

LPI-ING - Leitfaden zur Prüfung von Instandsetzungs- und Erüchtigungsmaßnahmen an Ingenieurbauwerken

Anlage 4 Untersuchungen an Baugrund und Bauwerken

Untersuchungen an Baugrund und Bauwerken bei Neubau und Instandsetzung								
Kategorie	Nr.	Untersuchung	Grund der Untersuchung	Erforderliche zur Untersuchung	Aufführende	Hinweise	Literatur	
Baugrund	1	Drucksondierung / Rammsondierung	Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte und die Schichtfolge des Bodens	Beim Rammsondieren erfolgt das definierte Einrammen der Rammsonde mit definiertem Fallgewicht und definierte Fallhöhe. Die Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe (N10) wird dabei dokumentiert. Die Schlagzahl lässt einen Rückschluss auf die Lagerungsdichte des Bodens zu.	Baugrundgüterer/Sachverständiger für Geotechnik	Direkte und indirekte Sondierungen sollten kombiniert werden, d.h. zu einer Drucksondierung sollte eine Bohrbohrung hergestellt werden, um die Bodenschichten bzw. die Schichtfolge besser identifizieren zu können.	DN EN ISO 22476-2	
	2	Rammsondierung / Bohrung und bodenmechanische Laboruntersuchungen	Rammsondierungen sind direkte Aufschlüsse zur Erkundung der Bodenschichten und Schichtfolge.	Kernbohrungen mit einem Bohrdurchmesser zwischen 30 und 80 mm zur Entnahme des Bodens. Anschließend Bearbeitung der Schichtfolge und anhand von daraus gewonnenen Proben Ermittlung der Kennwerte	Baugrundgüterer/Sachverständiger für Geotechnik Bodenmechanischer Labor	Gewinnung Bodengruben zur Feststellung der Bodennat. (Feht., Sand., Ton., ...) und Bodenkenwerte (Ph., c, Gamma, ...)	DN EN ISO 22475-1 DN 4200	
	3	Dynamische Fallplatte	Verdichtungsprüfungen mit dem leichtem Fallgewichtsgesetz (dynamischer Plattendruckversuch) sind geeignet für grob- und gemischtschichtige Böden bis zu einer maximalen Korngröße von 63 mm.	Im Vergleich zu anderen Verdichtungskontrollen, wie z.B. beim statischen Plattendruckversuch nach DIN 18 134, lassen sich auch bei engen Platzverhältnissen auf der Baustelle, wie z.B. bei Bauwerkunterführungen oder in Leihungsgräben, die Messungen schnell und unkompliziert durchführen.	Baugrundgüterer/Sachverständiger für Geotechnik		DN 18 134	
	4	Kampfmitteluntersuchungen	Abfrage beim Kampfmittelhersteller über Erkenntnisse von Kampfmitteln im Bau-Bereich	Baugrund vor Baubeginn auf mögliche Kampfmittel prüfen lassen, vor allem bei vorgeschriebenem Kloben in der Tiefe. Die Kampfmitteluntersuchungen müssen die gesamte Fläche und bis unter die Tiefe der Bohrungen bzw. Aufschlüsse erfolgen.	Magnetische und elektromagnetische Verfahren (Magnetometer, Bauwerk, geometrisches Verfahren, induktives System, Tiefensondierung), erkernten Kampfmittel in der Bodenschicht.	Spezialfirma für Kampfmitteluntersuchung	Kampfmittel der Antenne und Infanterie werden im Regelfall bis 1,50 m unter GOK gefunden. Demgegenüber werden Bombenabwürfe in den meisten Fällen bis 8 m Tiefe, in besonderen Fällen jedoch auch bis 20 m unter GOK gefunden.	Markitz Kampfmittelfrei-Bauen, Stump Spezialtiefbau GmbH, Arbeitshilfe zur wirtschaftlichen Erkundung, Planung und Räumung von Kampfmittel auf Liegenschaften des Bundes (Oberflächen Kampfmittelräumung - AH KM); Arbeitshilfe zur Räumung von Kampfmittel (OFD) Hannover
	5	Schadstoffbelastung / Altlasten	Baugrund vor Baubeginn auf mögliche Schadstoffbelastungen (Treibmenschutt, Brandrückstände, Metallabfälle, organische Stoffe, Tausalzbelastung etc.) nach BBodSchG prüfen. Einordnung der Stoffe in Entsorgungsklassen mit Abfallschlüssel nach AVV.	Entnahme von Bodenproben. Diese werden durch chemische und physikalische Verfahren im Labor untersucht.	Baufachlabor	Der Baugrundgüterer sollte den Umfang der Probe und die erforderlichen Analysen festlegen, die Begabung überwachen und die Werte beurteilen.	BodenschutzG- Bundesbodenschutzgesetz; AVV - Abfallverzeichnisverordnung; LAGA - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall	
Grundwasser	6	Untersuchung der Grundwasserhöhen	Die Sicherungsverfahren einer Baugrube, die Herstellung von Tiefergründungen und die eventuelle erforderliche Wasserverhaltung sind von der Kenntnis über das Grundwasserverhalten im Baufeld abhängig.	Durch lokale Aufschlüsse, Schlitze im Boden oder durch Grundwasserstandsstellen kann der Grundwasserstand und dessen zeitliche Veränderung beobachtet und dokumentiert werden. Prüfung auf gesättigte Grundwasser (Kessler/Brunnen)	Baugrundgüterer, Hydrologen, Ingenieurbüro für Grundwasser	Die Grundwasserhöhe verändert sich im Laufe des Jahres. In der niederschlagsreichen Zeit kommt es zum Anstieg. Die Schwankung können über einen Meter betragen. Gesättigtes Grundwasser erlaubt keinen Verbau als Betriever Verbot. Problem mit leicht auspolierbaren Feinkorngehalten des Bodens.		
	7	Beton- und Stahlaggressivität	Anhand des Grundwassers wird die Korrosionsgefährdung durch metallischen Werkstoffen geprüft. Einwirkungen bei Röhrlösungen und Bauteilen in Böden und Gewässern können zu Mulfen- und Lochkorrosion von Stahl und Beton führen.	Entnahme einer Wasserprobe an lokalen Aufschlüssen, die im Labor auf metallische und anorg. Stoffe untersucht wird.	Baugrundgüterer, Baufachlabor	Zuschätzung der Aggressivität des Wassers zu den Expositionsklassen XA von Beton und Stahlaggressivität.		
	8	Schichtdickenmessung	Nach DIN EN ISO 12944 muss eine Sollschichtdicke und eine Beschichtung die Korrosionsschutz vorhanden sein. Entsprechend ist die Schichtdicke nach ZTV-Kor, neue Bauwerke nach ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3.	Die Trockenschichtdicke kann mit magnetischer/magnetischer Messgeräten ermittelt werden. RIR können zwischen ferromagnetischen und nichtferromagnetischen Untergründen unterschieden werden. Es ist die Rauheit der Oberfläche zu bestimmen, um die Verwitterung der Farbe festzustellen.	Bauwerkprüfer, Fachkraft für Korrosionsschutz siehe ZTV-ING Teil 4, Abs. 3 Anhang E 2.2		ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 Anhang E	
	9	Gitterschichtprüfung/Neuzugschichtprüfung	Prüfung des Verbundes bzw. der Haftung zwischen Stahl und Beschichtung	Zur Kontrolle des Haftverbundes bei neuen als auch bei älteren Bauwerken, kann mit dieser einfachen Methode eine eindeutige Aussage getroffen werden.	Bauwerkprüfer, Fachkraft für Korrosionsschutz siehe ZTV-ING Teil 4, Abs. 3 Anhang E 2.2		ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 Anhang E; DN EN ISO 1627-2	
	10	Durchführen einer Strahlprobe	Die Oberflächenbereinigung von Stahlbauteilen nach DIN EN ISO 12944-4 wird benötigt, um Stoffe zu entfernen, die sich negativ auf die Korrosionsschutzvermögen und die Haftung auswirken	Es wird an einer repräsentativen Stelle ein geeignetes Strahlverfahren ermittelt. Hierzu werden die verschiedenen Strahlverfahren (Sandstrahlen, Hochdruckdruck, Kupferstrahlen, ...) getestet. Entscheidend wird die behauptete Sauberkeit in Normtestgröße eingestuft (P SA 2 1/2 und SA 2 1/2).	Fachkraft für Korrosionsschutz	Auf bestimmte Farben können keinen neuen Beschichtungen aufgetragen werden.	ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3	
Stahl	11	Feststellung wie viel Stahlmörtel und welches Strahlverfahren geeignet ist, um die Beschichtung zu entfernen zu reinigen.			Fachkraft für Korrosionsschutz	An älteren Bauwerken können Beschichtungen mit Bleisulfid-Pigmenten, Alkydharz-Bleimenge nach Blatt B7 oder Teerpechanteilen vorhanden sein. Die Entzerrung des Stahlgrundes ist nach den dann enthaltenen Schadstoffmengen zu beurteilen.	ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3	
	12	Durchführung einer Beschichtungsprobe	Feststellung der Verträglichkeit von alten und neuen Beschichtungsstoffen.	Es wird an einer geeigneten Stelle der Untergrund vorbereitet und die neue Beschichtung aufgebracht.	Fachkraft für Korrosionsschutz		ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3	
	13	Bestimmung der chemischen Zusammensetzung (mit Stickstoff im Profilblech)	Bestimmung der Schwefelbarkeit von Stahl	Anhand einer entnommenen Probe werden Versuche durchgeführt wie Härteprüfung, Streckgrenze, Zugversuch, Zugfestigkeit, Kerbschlagversuch, Kerschlagversuch, Schweißgasversuch, Spektralanalyse sowie chemische Untersuchungen	Stahlinstitute mit Labor (z.B. GSI/LV und DVS)			
	14	Bestimmung der Duktilität des Stahls (Verformungen durch Zugprobe)	Bestimmung der Duktilität des Stahls (Verformungen durch Zugprobe)	Baumstammprobe: auf eine angeglichene Fläche der Probe wird ein verformbares Schmelz- oder Salzsäure getränktes Filter- oder Bromsilberpapier gepresst. Grad der Verformung zeigt den Schwefelgehalt an	Stahlinstitute mit Labor (z.B. GSI/LV und DVS)			
	15	Ermittlung Abrasionsrate/ Restwanddicke	Feststellung des Restschichtes des Bauteils um Rückschlüsse auf die Standsicherheit und Dauerhaftigkeit zu erhalten.	Ermittlung rechnerisch: mittlere Abrasionsrate = (Ausgangswanddicke - mittlere Restwanddicke) / Standzeit oder gemessen durch Messscheiber	Stahlinstitute mit Labor (z.B. GSI/LV und DVS), TÜV Rheinland, Bauwerkprüfer			
Stahlbeton	16	Dichtmessung von Hohlräumen	Prüfung, ob unzulässige Hohlräume noch dicht sind und welches Volumen diese haben.	Mit einer Pumpe wird aus dem Hohlraum ein Vakuum erzeugt. Die danach einströmende Luft lässt einen Rückschluss auf das Volumen zu. Wenn über eine festgelegte Zeit der Unterdruck aufrechterhalten wird, kann beurteilt werden, ob der Hohlraum ansonsten dicht ist.	Bauwerkprüfer, Ing.-büro für Stahlbau		DN 1880-7	
	17	Endoskopie von Hohlräumen	In unzugänglichen Hohlräumen kann mit einer Endoskopie die Schichtdicke, die Einlagerung von Wasser oder der Rostgrad des Stahls beurteilt werden.	Das Endoskop muss biegsam sein, aber die gegebene Form muss dann halten ohne dass es sich weiter durchbiegt oder zurückverformt.	Bauwerkprüfer, Ing.-büro für Stahlbau	Endoskope sollten eine Beleuchtung und eine Aufnahmefunktion haben. Dadurch können in dunklen Hohlräumen gute Aufnahmen gemacht und im Büro ausgewertet werden.		
	18	Schallemissionsanalyse	Die Schallemissionsprüfung ist ein zerstörungsfreies Prüfverfahren, welches Veränderungen wie plastische Verformungen oder Rissausbreitung sowie Spannungsrisskorrosion im Material anzeigt. Es ist eine Werkstoffprüfung, die besonders für Stahl geeignet ist.	Die Analyse gemessener Schallemissionen erlaubt Rückschlüsse auf die strukturelle Integrität des Wertes bzw. des Bauteils. Das Bauteil kann weiter genutzt werden. Es wird die Veränderung während der Nutzung erkennbar. Eine Auswertung der festgestellten Veränderung muss von einem Ingenieur erfolgen, der die statischen Zusammenhänge beurteilen kann.	Stahlinstitute mit Labor (z.B. GSI/LV und DVS), TÜV Rheinland	Die Schallemission ist die spontane Freisetzung von elastisch gespeicherter Energie in einem Festkörper in Form von akustischen Wellen. Bei der Rissbildung und -wachstum sowie bei Verformungsvorgängen in belasteten Materialien werden kurze Schallimpulse erzeugt. Weitere Ursachen für Schallemissionen können aber auch Reibgeräusche bei Kontakt zwischen Festkörpern sein.		
	19	Pigmentuntersuchung	Feststellung der Originalfarbe	Anhand einer Farbbegleiche wird Verfärbung/Originalfarbe festgestellt.	Korrosionsschutzinstitute mit Labor			
	20	Datieren Bewehrungsstahl	Feststellung vorhandener Bewehrung, wieviel und wo Bewehrung in Beton erhalten ist.	Mit einem Induktionsgerät (Ferroscan) wird eine großflächige Ultraschall-Echo-Messung durchgeführt	Betoninstitute, Ing.-büro für Stahlbau	Entwicklung der Betonabw. Russwsm., D. Institut für Stahlbetonbewehrung e.V., 2000		
Spannbeton	21	Endoskopie von Hohlräumen	Untersuchung von unzugänglichen Hohlräumen, wie Pfeilerhöhlen, Bereiche hinter Verankerungen, Abhängungen, Vertikale Schaltung, Betonagrahohlräume.	Lochbohrung durchführen, um mit dem Endoskop in den Hohlraum zu gelangen. Prüfung, ob Wasser in den Hohlräumen eindringt. Dadurch kann es zu Rissen oder Abplatzungen des Betons kommen.	Bauwerkprüfer, Ing.-büro für Stahlbau	Die Hohlräume sollten vorher z.B. mit Ultraschall-Verfahren genauer eingegrenzt werden, um z.B. Bewehrung, Spannstahl und Einbauelemente beim Anbohren nicht unnötig zu beschädigen.		
	22	Spannabbruchprüfung mit dem Remanenzmagnetismus-Verfahren	Risse und Brüche im Spannstahl feststellen. Spannstähle können durch äußere Einwirkungen (Tausätze) oder Herstellungsbedingte (Spannungsrisse/Korrosion) rissen.	Mit der Spannabbruchprüfung werden Brüche und Risse von Spannstählen innerhalb von Betonkonstruktionen sowohl im sofortigen Verbund (Fertigbau) als auch in verpressen Hohlräumen lokalisiert.	MPA		Betonkalendar 2007, Teil 1, Erhardt, Hans-Wolf et al., Echo-Verfahren in der zerstörungsfreien Zustandsuntersuchung von Betonbauten	
	23	Prüfung Verformung an den Koppelfugen	Koppelfugen sind ein besonders sensibler Teil der Koppelfuge. Die Dauerhaftigkeit der Koppelfugen ist gegenüber dem restlichen Spanngieß eingegrenzt.	In älteren Bauwerken wird die Bestandteile der Koppelfuge nicht genügend in der Bemessung und Konstruktion berücksichtigt.	MPA, Bauwerkprüfer	Handlungsanweisung zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit vorgegrünter Bewehrung von älteren Spannbetonbauteilen, BSI, 1998		
	24	Betondruckfestigkeit	Abbau: Die Betondruckfestigkeit unterliegt aus unterschiedlichen Gründen starken Schwankungen. Selbst an einem Bauwerk differiert die Betondruckfestigkeit. Die Betondruckfestigkeit wird für den statischen Nachweis des Bauteils benötigt. Neu bau: Falls Zweifel an der Herstellungsqualität neuer Bauteile bestehen, kann die Überprüfung der Betondruckfestigkeit notwendig sein.	Es sind Bohrkerne am Bauteil zu entnehmen. Im Betonlabor wird durch hydraulische Druckfestigkeit des Betons ermittelt. Durch die Verwendung des Schmidtchen Hammers (Prüfhammer) kann dann die gleichmäßige Verteilung über das Bauteil/Bauwerk geprüft werden.	Baufachlabor	Aus der Nachrechnungsrichtlinie: Durch Karbonatisierung/Verfestigung im oberflächennahen Bereich, dadurch kann man „junges“ Beton zur Bestimmung der Betondruckfestigkeit verwenden. Grundsatz: der Betondruckfestigkeit mit der „Alterung“ des Betons.	Unerwartung historischer Bauwerkswerte auf charakteristische Werte, Schell, Loch, M., Prüfingenieur 4.2009 Nachrechnungsrichtlinie DN 1048-8 DN EN 12504-1	
	25	Feststellung von Hohlräumen in Beton	Bei der Betonage können durch Planungs-/Herstellungsmängel nicht gewollte Hohlräume entstehen, die für die Dauerhaftigkeit des Bauwerkes und aus statischen Gründen nicht genehmigt sind.	Durch elektromagnetische Verfahren lassen sich Gefügestörungen und somit auch Hohlräume feststellen.	Baufachlabor			
Beton	26	Feststellung von Rissen und Rissabläuten	Risse sind im Beton unvermeidbar. Es wird durch Bewehrung Einfluss auf die Rissgröße genommen. Bei Rissproblemen ab 0,2 mm können Wasser und Tausalz in den Beton eindringen und die Bewehrung angreifen.	Bestandteil der Bauwerkprüfung	Bauwerkprüfer sachkundiger Baugenieuer	Das Risiko kann einen Hinweis auf die Schadensursache geben, wie AKR, zu wenig oder fehlende Bewehrung, Überlastung, etc...	ZTV-ING, Teil 3 Abs. 5	
	27	Ermittlung der Chloridbelastung	Ermittlung des Anteils an Chlorid im Beton (Freischmelze, Chloridfreisetzung, Chloridbestimmung im Beton (großen direkt die Bewehrung an))	Anhand von Bohrnennproben wird der Gesamtchloridgehalt unter Verwendung heißer Säpetersäure bestimmt.	Baufachlabor	Chloridgehalt an der Oberfläche schwankt zwischen Frühjahr und Herbst durch Auswaschungen von Chlorid. D.h. im Frühjahr höherer Gehalt an der Oberfläche. Die Messung sollte in verschiedenen Tiefenbereichen abgelesen werden (z.B. 0', 1', 1,5', ...)	DAStB-Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Bauteilen, DAStB Heft 401	
	28	Ermittlung der Karbonatisierung	Mit dem Schmelztest kann eine Karbonatisierung im Beton festgestellt werden. Die Karbonatisierung im Beton zerstört die Schutzschicht um den Bewehrungsstahl. Es kann zu Stahlkorrosion am Bewehrungsstahl kommen und dadurch zu einer Volumenzunahme der Bewehrung. In der Folge kommt es zu Betonplatzungen und damit einer weiteren Zerstörung der Bewehrung.	Es werden Proben durch Bohrkerne entnommen/Abzählen von repräsentativen Stellen am Bauwerk, so dass die Bewehrung freiliegt. Diese Stellen werden mit Phenolphthalein und Thymolphthalein besprüht. Bei Verfärbungen liegt eine Karbonatisierung vor (Der pH-Wert hat sich verändert). Im Labor sollte die genaue Veränderung festgestellt werden.	Bricklerprüfer; Baufachlabor	Durch Rost kommt es zu einer Volumenzunahme. Im Stahl führt zu 6-10mm Betonriss je nach Kompaktheit, UMN und Arm.	DAStB-Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Bauteilen	
	29	Oberflächenzugfestigkeit, Abreißfestigkeit, Haftzugfestigkeit	Vorbereitung für Oberflächenbeschichtungen				DN 1048-2 ZTV-ING DAStB Instandsetzungsrichtlinie Teil 3 Anhang C	
	30	Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) bei Beton	Nachweis von Gefügestörungen im Beton (Ermittlung der Betonqualität, Statische Nachprüfung, strahlentomische Risse und Ausblühungen im Beton. Im fortgeschrittenen Stadium Ausfällung des Betons (homogene Auswürfe, gelbige Austriebe).	Entnahme von Bohrkerne an repräsentativen Stellen. Prüfung der Proben entsprechend der Alkalikieselsäure-Richtlinie des DVS/DI.	Baufachlabor	In Abhängigkeit von vielen weiteren Randbedingungen kann eine AKR bereits nach wenigen Monaten oder aber erst nach vielen Jahren betriebschädlich wirken. In jedem Fall lässt sich aber eine einmal ablaufende AKR in Außenbauteilen nicht mehr stoppen.	DAStB-Richtlinie Alkali-Richtlinie, DN EN 12620	
Holz	31	Ultraschallmessung (Baumtomografie)	Feststellung der Holzart, Holzstruktur und Schäden im Holzbauteil (innere Schäden durch Risse, Holzeiterläufer, Hohlstellen, Fäule oder gar Fäule zu detektieren und vor allem die Ausmaß der Beschädigung festzustellen)	Zur Prüfung werden Bauteile mit elektromagnetischen Wellen aktiv bestrahlt, diese geben dann Aufschluss über das Innere des Holzbauteils.	Sachverständiger für Holzschutz/Holz		DN EN 350	
	32	Bolhwiderstandsmessung (nach RIM)	Ohne großen Aufwand lassen sich die Struktur des Holzes und Holzverbindungen, innere Defekte und Restspannschichten messen, um daraus die Resttragfähigkeit des Holzbauteils zu berechnen.	Es wird eine Bohrmittel mit gleichmäßigem Vorschub in das Holz getrieben. Dabei finden eine Messung der Abbiegung von der benötigten Energie und der Eindringtiefe in das Holz statt. Anhand der Daten lassen sich die gewinnbaren Kenngrößen ermitteln.	Bauwerkprüfer, Sachverständiger für Holzschutz/Holz	Fäule zerstört das Holz von innen nach außen. Fruchtkörper der Oberfläche weisen auf zerfallene Kerne hin. Starke Abnahme der Tragfähigkeit ist die Folge.	Die Bolhwiderstandsmessung, Teil 1 und 2, Zerstörungsmessung Untersuchung aller Holzkonstruktionen, Prof. Wolfgang Hehl, Hehl, Bauverlag, Nr. 4-S, 80-82 und Nr. 4-S, 88-90 (1998)	
	33	Feuchtigkeitsmessung	Die Holzfeuchte ist ein sehr wichtiger Gradmesser für die Festigkeit des Holzes gegenüber holzzerstörenden Pilzen und Insekten	Mit Hilfe eines Feuchtigkeitsmessgerätes wird der prozentuale Wert der Feuchtigkeits im Holz ermittelt. Bei Bauholz sollte dieser nicht über 20% liegen.	Bauwerkprüfer, Sachverständiger für Holzschutz/Holz	Entscheidend der Lage des Holzbauteils muss es in die Gefährdungskategorie eingestuft werden (z.B. durch planmäßige Begrünung, Spritzwassererleben, chem. Bestäubung).	DN 6800, Teil 2 und 3	

LPI-ING - Leitfaden zur Prüfung von Instandsetzungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen an Ingenieurbauwerken

Untersuchungen an Baugrund und Bauwerken bei Neubau und Instandsetzung								
Kategorie	Nr.	Untersuchung	Grund der Untersuchung	Erläuterungen zur Untersuchung	Aufführende	Hinweise	Literatur	
Selle	34	Visuelle Prüfung der äußeren Teile, elektromagnetische Prüfung auf Feststellen im Soll	Selle sind wichtige tragende Bauteile. Risse können visuell nur an der Oberfläche erkannt werden.	Die innere Struktur des Sellses ist meist nur mit Selbstprüfgeräten mit Kamera vor Ort prüfbar. Im Inneren der Selle können Fehlbauwerke mit der magnetischen Prüfung festgestellt werden. Eine Aufzeichnung der Prüfung ist sinnvoll, um die Ergebnisse später vergleichen zu können. Im Verankerungsbereich können Drahtbrüche durch Überschuldung erkannt werden.	spezialisierte Institute DMT GmbH Ulri Konstrukte, Rostbrölde	Risse / Brüche einzelner Lizen können bei der Sichtprüfung bei Blasen auf der Beschichtung oder ablesender Beschichtung festgestellt werden.	ZTV-ING Teil 4, Abs. 4; Berichte der BAG I Heft B 98	
	35	Visuelle Prüfung des Fahrtrahnbereiches auf Verformungen, Risse, Auslagerungen, Basenbildung, Fugenschwäche	Verminderung der Verleifssicherheit, Verminderung der Dauerhaftigkeit der tragenden Konstruktion unter der Bedingung	Schäden im Fahrtrahnbereich können unterschiedliche Ursachen haben. Deshalb muss die Ursache nachgegangen werden, um Folgeschäden zu vermeiden.	Bauwerksprüfer Profibor für Asphalt		ZTV-Asphalt, ZTV-ING Teil 7	
Lager	36	Prüfung auf Schäden und der Verformungsfähigkeit	Lager müssen sich innerhalb der vorgegebenen Toleranzen bewegen können. Ansonsten entstehen Zwingungen am Unter- und Oberbau. Die Lastaufnahme muss gewährleistet werden, sonst ist die Tragfähigkeit des Bauwerkes eingeschränkt.	Die eingeschränkte Verformungsfähigkeit führt zu Zwingungen an tragenden Bauteilen und damit zu negativen statischen Veränderungen.	Bauwerksprüfer, Fachstelle des Lagerherstellers	Feststellen von Verformungen- und Verschiebeparametern, Spaltmessung Grottlager, Restdicke der PFTE-Schicht.	ZTV-ING Teil 8, Abs. 3	
	37	Prüfung auf Schäden und der Verformungsfähigkeit	Prüfung auf Schäden und der Verformungsfähigkeit	Die mit einer abgedichteten FFK führen zum eindringen von Tauwässern und Wasser an tragende Bauteile, wodurch diese geschädigt werden.	Visuelle Prüfung der FFK auf Funktionsfähigkeit, Verschluss, Versprödung, Kontrolle der Abdichtungen auf Risse, Absenkungen etc. Bestandteil der Bauwerksprüfung.	Bauwerksprüfer, Fachstelle des FFK-herstellers	Bei mehrteiligen ÜGs mit Lagerböcken, Messung der Restdicke der PFTE-Schicht und Prüfung ob alle Lagerbocke noch vorhanden sind.	ZTV-ING Teil 8, Abs. 1 und 2
Aluminium	38	Überprüfung der Schweißnähte auf Verbund	Prüfung der im geprüften Werkplanung dargestellten Dicke, Länge und Anzahl von Schweißnähten. Prüfung der korrosionsfähigen Verbindung der Schweißnähte.	Meist ist eine schlechte Vorbereitung des Untergrundes verantwortlich, das Schweißnähte nicht dauerhaft kraftschlüssig sind. Anhand von Verformungen, Verschiebungen und Rissen kann die Kraftschlüssigkeit festgestellt werden. Prüfung möglichst immer beidseitig der Naht, Ev. mit Hilfe eines Endoskopes.	Bauwerksprüfer, Schweißingenieur	Durch mangelnde Qualitätskontrolle im Werk und bei der Abnahme werden Schäden an Schweißnähten erst spät festgestellt.	ZTV-ING Teil 9, Abs. 1	
	39	Prüfung auf Rissbildung	Eine hohe dynamische Belastung oder Versprödung im Bereich von Schweißnähten kann zu einer dauerhaften Schädigung führen. Rissbilder sind nur schwer erkennbar.	Visuelle Prüfung mit Vergrößerungsglas im Bereich hoher statischer Beanspruchung.	Bauwerksprüfer, Schweißingenieur	Überlastungen führen zu einer Mikrorissbildung. Der Bruch erfolgt dann meist schlagartig.	ZTV-ING Teil 9, Abs. 1	
	40	Prüfung auf Korrosion	Besonders im Einflussbereich von Taualzelen kann es zu einer massiven Korrosion kommen. Prüfen im Bereich der Verbundgarnitur (meist Stahl) wegen Korrosionsrisiko.	Prüfung der Schädigungstiefe und Ausbreitung.	Bauwerksprüfer, Schweißingenieur	Aluminiumkonstruktionen sind im Spritzwasserbereich unbedingt mit einem Anstrich zu versehen. Geländehöhe auf 1m Ggl. zu wenig, Erweiterung auf Spritzwasserbereich.	ZTV-ING Teil 9, Abs. 1	
Schadstoffbelastung bei Abruch	41	Kontaminationen Beton nach LAGA					RuVA-SB; TP Min-SB	
	42	Kontaminationen Beschichtung					DIN ISO 22026	
	43	Polyaromatische Kohlenwasserstoffe - PAK Beträge, PAK Beschichtungen	Verdacht auf Schadstoffbelastungen, z.B. PAK durch Geruch, Verfärbungen, Erfahrungen von Bauwerken aus ähnlicher Bauzeit.	Es sind Proben am Bauwerk zu entnehmen (mind. 2 je Bauteil). Anhand der Proben wird im Labor durch chemische Verfahren der mögliche Schadstoffgehalt ermittelt. Zuordnung der Merkmals- in Entzugsklassen nach Kreislaufwirtschaftsgesetz (im AVV bzw. nach LAGA, Festlegung welche Baustoffe sinnvoll genannt, welche wiederum erdet und welche entsorgt werden können/müssen. Übernahme der Erkenntnisse in die Ausarbeitung.	Baustofflabor Institut für Bauwerk	Eine Wiederverwertung ist der Entsorgung vorzuziehen. Die Schadstoffe sollen möglichst von nicht gefährlichen Stoffen getrennt werden, um die Abfallkosten gering zu halten. Abfallklasse 17 (3.01) gefährlich (PAK oberhalb Grenzwerte), 17.03 (2) nicht gefährlich (PAK unterhalb Grenzwerte). Leitfähigkeit baut sich mit der Zeit ab. Wenn der Platz vorhanden ist, sollte der Betonabruch für ein halbes Jahr zwischengelagert werden.	DIN ISO 18287	
	44	Leitfähigkeit Beton						DIN ISO 22026 oder DIN EN ISO 11885
	45	Asbest						
	46	Blei, Arsen etc.						
Mauerwerk / Denkmalschutz	47	Putz- und Mörteluntersuchungen	Ermittlung der Art und Zusammensetzung des Bindemittels, Feststellendes Ausbreitmasses von bauschädlichen Salzen mittels Photometrie, Bestimmung des Gehaltes an organischen Bestandteilen, Feststellung der Rechenfestigkeit	Probenentnahme am Putz (mind. 3 Stück). Proben geben Rückschlüsse auf Bindemittel, Zuschlag, Gelpgehalt und Volumenanteil, Karbonatisierung, Zustand in Mörteleigenschaften, bauschädliche Zuzugung, Vorschläge von Reinigungsmaßnahmen, um vorhandene Beschichtungen zu entfernen. Dokumentation der Proben in tabellarischer Form mit Zuordnung von Foto bei dermalgeschützten Bauten - Abstimmung mit dem Denkmalschutz.	Baustofflabor; Institut für Bauwerk		Handbuch Mörtel und Stützgerüststoffe in der Denkmalpflege; Köhler, D. Schubert, P. Ernst und Sohn, 1993 Sanierungsputzsysteme, WTA Merkblatt E2-9-04, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege, 2004	
	48	Naturstein	Ermittlung des natürlichen Vorkommens des Natursteins, um die ursprüngliche Gestaltung wieder herstellen zu können. Bestimmen der Rechenfestigkeit.	Naturstein: Probenentnahme möglichst im nicht sichtbaren Bereich, Welche Art von Naturstein und welche Farben wurden verwendet. Aus welcher Region und aus welcher Steinbruch wurde er gewonnen. Feststellung der Schädigungsgrade. Kunststein: Untersuchung Bindemittelmark und Zuschlagstoffe, Gesteinskörnung.	Baustofflabor, Geologie	Kerfbohrung (Nassbohrung) kann durch Ausprägung von verwitterten Fugenmörtel falsche Wandschichten liefern (z. B. im Wind + 0,5m WFG Stanzbohrung als Drahtschicht + 1,5m erbohrte Wanddicke).	Nachrechnungsschritte	
	49		Feststellung welches Reinigungsverfahren geeignet ist, um vorhandene Beschichtungen zu entfernen.	Untersuchung der Oberflächen bringt Erkenntnisse zur Substanz und den Erhaltungszustand	Stahltauchtafel, Baustofflabor			
	50		Festgestellte Schadensbilder: Durchfeuchtung, Ausblühungen, Risse im Mauerwerk untersuchen	Bestimmung der Rohdichte, Wasseraufnahme, Druckfestigkeit, Nachweis Hydrobohrung (für Anstrichprüfung), schädliche Salze (Sulfate, Nitrate, Chloride)	Baustofflabor, Baustofflabor	Rissbilder / Rissverläufe können Hinweise zur Ursache liefern (z. B. Setzung etc.).	Instandsetzung und Ertüchtigung von Mauerwerk, Teil 2; Herkömmliche Bestimmung der Materialwerte; Baupkt. T. Ernst und Sohn, Mauerwerk-Kalender 32, 2007, Seite 27-52	
	51	Ziegel-Mauerwerkuntersuchung	Untersuchung Ziegelbechafftheit und Form der Anordnung, Einordnung in bauteilbezogener Sicht.	Steinprobe, Steinproben (Vormauer- oder Klinkerqualität), Denkmalschutz hauptsächlich bei Instandsetzungen	Baustofflabor, Baustofflabor			
52		Ziegel-Mauerwerkfestigkeit	Probenentnahme von repräsentativen Mengen an Steinen und Mörtel. Im Labor Bestimmung der mittleren Steindruckfestigkeit und Druckfestigkeit des Mörtels. Differenzierung nach verschiedenen Steinarten, Lochblöcken, Steinabmessungen.	Baustofflabor, Baustofflabor				
Natur- / Umweltschutz	53	Baumwertgutachten	Bestehender Baumbestand muss wegen Baumaßnahme gefährdet werden. Um einen Ausgleich zu schaffen, wird der Wert des Baumes ermittelt	Zunächst Ermittlung der Zugehörigkeit des Baumes (Privat oder Behördlich) Rechtsnachweise Ermittlung nach Koch; Abwägen z.B., 1 Baum Ø 1m = z.B., 3 Bäume als Ausgleich pflanzen	Ing.-büro für Natur- und Umwelt		Methode Koch, FLI-Wertermittlungsschritte (2002); Wertermittlung von Gehäusen, Schulz H.-J., Argus- und Umweltrecht der DGAR, Heft 20/12	
	54	Fällgenehmigung für Bäume	Feststellung, ob ein Baum gefällt werden darf und in welchem Zeitraum eine Fällung möglich ist. Ggf. Abbildung von Ausnahmegenehmigungen für die Auslösung/Fällung von Bäumen.	Die Festlegung von Fällgenehmigungen haben einen großen Einfluss auf die mögliche Umsetzung der Baumaßnahme und dem Bauteilraum.	Antrag: Baubehörde Genehmigung: Untere Naturschutzbehörde			
	55	Artenschutzprüfung	Prüfen, ob Tiere z.B. Fledermäuse in den Bäumen im und am Bauwerk auf dem Baugrund leben	Anhand eines Leitfadens wird das Baugelände auf geschützte Lebewesen (Fauna und Flora) geprüft, um die biologische Vielfalt zu sichern	Ing.-büro für Natur- und Umwelt	BachV Fluss; Arten/ Leichzeit, Abfischen, Ottergang mit HQ	MAQ (Merkblatt Ökungsstellen), Fischotter	
	56	Wasserschutz	Prüfung, ob die Hochwasserfreiheit (HQ100 + Freibord) noch gegeben ist. Prüfung von Einleitgenehmigungen (z.B. Oberflächenwasser vom Bauwerk, Wasseremission, Qualität, Notwendigkeit RRB), Anforderungen an die Sauberkeit des Wassers (Abruch, Betongang, Anstriche)	Die Hochwasseremissionen können sich durch Veränderung der Alltagsmeteorie und durch Hochwasserereignisse ändern. Die aktuellen Daten sind von den Wasserbehörden abzufragen. Die Einleitung von Oberflächenwasser ist genehmigungspflichtig. Abwägungen zur Wasserentlastung sollten mit den Wasserbehörden frühzeitig geführt werden.	Baugenieur	In besonders schutzwürdigen Gebieten können höhere Schutzziele als HQ100 festgelegt sein.	DIN 19861-1	
	57	Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)	Die Pflicht zu einer Umweltverträglichkeitsprüfung ergibt sich aus den gesetzlichen Vorgaben. Z.B. ist die Umweltverträglichkeitsprüfung eine Voraussetzung für eine Planfeststellung. In einer Umweltverträglichkeitsprüfung werden die Folgen des baulichen Eingriffs für verschiedene Schutzgüter untersucht und bewertet.	Begutachtung zum Naturschutz, Lärmschutz, Umweltschutz. Welche Flora und Fauna ist vorhanden und wie kann diese geschützt oder ausgeglichen werden.	Entstellung: Ing.-büro für Natur- und Umweltschutz Prüfung: Natur- und Umweltschutzbehörde		UVPG	

Ausführliche Darstellung der Untersuchungen in der separaten Excel-Datei.

Anlage 5 Untersuchungsmatrix - Beispiel

Bundesstraße XX Bauwerk 1 (ASB-Nr.: XXXX 500)

Überw.:
Untersuchung:
Boden:

Stahlbau:
Stahlbau:
Sande und Kiese

Baujahr:
Lastneubau:

1952
BK 60

Lfd. Nr.	Art der Variante	Untersuchungsart	Art und Umfang der Beprobung und Untersuchung			Umfang der Probenentnahme			Zeitverlauf			Planungsabschnitt	Bemerkung
			Probenentnahme	Art	Ort	Anzahl (Mindestanzahl)	Durchmesser	Länge/Tiefe	Probenentnahme	Untersuchung	Planung		
1	1,2	Ermittlung der Betondruckfestigkeit, Bestimmung der Karbonatisierungstiefe	Bahnkernentnahme	Außenseite Flügelwand Nordost	200 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
2	1,2	Ermittlung der Betondruckfestigkeit, Bestimmung der Karbonatisierungstiefe	Bahnkernentnahme	Außenseite Flügelwand Südwest	150 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
3	1,2	Ermittlung der Betondruckfestigkeit, Bestimmung der Karbonatisierungstiefe	Bahnkernentnahme	Oberseite Überbaukragarm Südwest	150 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
4	1,2	Ermittlung der Betondruckfestigkeit, Bestimmung der Karbonatisierungstiefe	Bahnkernentnahme	Oberseite Überbaukragarm Südost	150 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
5	1,2	Ermittlung Haftzugfestigkeit an Konstruktionsbeton	Probekörper setzen und ziehen	Außenseite Flügelwand Nordost	0 - 20 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
6	1,2	Ermittlung Haftzugfestigkeit an Konstruktionsbeton	Probekörper setzen und ziehen	Außenseite Flügelwand Südwest	0 - 20 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
7	1,2	Ermittlung Haftzugfestigkeit an Konstruktionsbeton	Probekörper setzen und ziehen	Oberseite Überbaukragarm beidseitig	0 - 20 mm	6 Stück	6	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
8	1,2	Ermittlung Haftzugfestigkeit an Konstruktionsbeton	Probekörper setzen und ziehen	Außenseite Flügelsims	0 - 20 mm	4 Stück	4	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
9	1,2	Ermittlung Haftzugfestigkeit an Konstruktionsbeton	Probekörper setzen und ziehen	Außenseite Flügelsims	0 - 20 mm	4 Stück	4	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
10	1,2	Ermittlung der Belastung mit Sulfat bzw. Chlorid	Entnahme Bohrerhohler	Außenseite Flügelsims	0 - 20 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
11	1,2	Ermittlung der Belastung mit Sulfat bzw. Chlorid	Entnahme Bohrerhohler	Außenseite Flügelsims	0 - 20 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
12	1,2	Ermittlung der Belastung mit Sulfat bzw. Chlorid	Entnahme Bohrerhohler	Außenseite Flügelsims	0 - 20 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
13	1,2	Ermittlung der Belastung mit Sulfat bzw. Chlorid	Entnahme Bohrerhohler	Oberseite Überbaukragarm beidseitig	0 - 20 mm	4 Stück	4	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
14	1,2	Ermittlung der Belastung mit Sulfat bzw. Chlorid	Entnahme Bohrerhohler	Außenseite Flügelsims	0 - 20 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
15	1,2	Ermittlung der Belastung mit Sulfat bzw. Chlorid	Entnahme Bohrerhohler	Außenseite Flügelsims	0 - 20 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
16	1,2	Ermittlung der Belastung mit Sulfat bzw. Chlorid	Entnahme Bohrerhohler	Außenseite Flügelsims	0 - 20 mm	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	
17	1,2	Ermittlung der Belastung mit Sulfat bzw. Chlorid	Entnahme Bohrerhohler	Oberseite Überbaukragarm beidseitig	20-40 mm; 40-60mm	2. Quartal 2020	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Grundlagene mitlung	Untersuchung nur, wenn in vorhergehender Schicht festgestellt
18	1,2	Ermittlung der chemischen Zusammensetzung inkl. Stickstoff im Profil/Blech	Stahlträger	Überbau	80 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Nachrechnung	
19	1,2	Ermittlung der chemischen Zusammensetzung inkl. Stickstoff im Profil/Blech	Stahlträger	Überbau	80 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Nachrechnung	
20	1,2	Ermittlung der chemischen Zusammensetzung inkl. Stickstoff im Profil/Blech	Stahlträger	Überbau	80 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Nachrechnung	
21	1,2	Ermittlung Abrasionsrate/ Beschädigte	Messung Beschädigte	Stahlträger	30	30	30	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Nachrechnung	
22	1,2	Ermittlung Abrasionsrate/ Beschädigte	Messung Beschädigte	Stahlträger	30	30	30	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Nachrechnung	
23	1,2	Durchführung einer Strahlprobe	Anlegen Probeblechen	Stahlträger	2	2	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Nachrechnung	
24	1,2	Durchführung einer Beschichtungsprobe	Anlegen Probeblechen	Stahlträger	2	2	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Nachrechnung	
25	(1); 2; 3	Untersuchung auf leer- oder hochhaltige Bestandteile nach RWA-SIB 01	Baustoffentnahme	Fahrbahn mit Abdichtung auf Bauwerk	350 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
26	(1); 2; 3	Untersuchung auf leer- oder hochhaltige Bestandteile nach RWA-SIB 02	Baustoffentnahme	Fahrbahn vor und hinter dem Bauwerk	800 mm	4 Stück	4	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
27	1,2	Untersuchung zur Zuordnung	Baustoffentnahme	Widerlager	100 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
28	2; 3	Untersuchung zur Zuordnung	Baustoffentnahme	Überbau	100 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
29	2; 3	Untersuchung zur Zuordnung	Baustoffentnahme	Bankett je Widerlager	100 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
30	3	Untersuchung zur Zuordnung	Bodenprobe	Widerlagerhinterfüllung	100 mm	1 Stück	1	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
31	3	Untersuchung zur Zuordnung	Bodenprobe	Widerlagerhinterfüllung	100 mm	1 Stück	1	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
32	3	Untersuchung Boden und Wasser auf Betonaggressivität nach DIN 4030	Bodenprobe	Boden beim Widerlager und Pfeiler	1000 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
33	3	Untersuchung Boden und Wasser auf Stahlaggressivität nach DIN 50929	Bodenprobe	Boden beim Widerlager und Pfeiler	1000 mm	2 Stück	2	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
34	3	Chemische Analyse Boden nach Abt/AbtV bzw. DpGV zur Festlegung Doppelschichten	Bodenprobe	Boden beim Widerlager	1000 mm	1 Stück	1	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
35	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
36	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
37	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
38	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
39	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
40	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
41	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
42	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
43	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
44	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
45	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
46	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
47	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	
48	3	Bestimmung der Redoxpotenziale	Baugrundaufschluss	Widerlager und Pfeiler	15 m	3 Stück	3	2. Quartal 2020	3. Quartal 2020	4. Quartal 2020	1. Quartal 2021	Baustoffentwurf	

Variante 1 = Instandsetzung; Variante 2 = Ertüchtigung; Variante 3 = Ersatzneubau

Anlage 6 Besondere Untersuchungen

Überbau

Insbesondere bei Stahlkonstruktionen kann auf Grund des geringen Gesamteigengewichts der Einfluss des Fahrbahnaufbaus auf die Gesamteigenlast von nicht unerheblichem Einfluss sein. In diesen Fällen wird empfohlen, für eine spätere Nachrechnung den Fahrbahnaufbau detailliert zu ermitteln.

Betonkonstruktionen

Bei Betonkonstruktionen sind in der Regel deutlich größere aber vereinzelt auch kleinere Betondruckfestigkeiten vorhanden, als sie im Rahmen der Ausführungsplanung angesetzt wurden. Die höheren Werte können sowohl auf die Nacherhärtung des Betons als auch auf die in aller Regel vorhandene bessere Betonzusammensetzung zurückgeführt werden. Geringere Werte können aus Ausführungsfehlern, insbesondere mangelnde Verdichtung oder nicht ordnungsgemäße Nachbehandlung, sowie mangelhaften Kontrollen der Betoneigenschaften resultieren.

In Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Konstruktion ist es sinnvoll, die tatsächliche Betondeckung und die Karbonatisierungstiefe zu bestimmen.

Gleiches gilt für die Bestimmung der Empfindlichkeit des Betons in Bezug auf eine mögliche Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR).

Sofern Betonersatz erforderlich wird, ist die mögliche Asbestbelastung des Bestandbetons durch z. B. Abstandshalter oder Einbauteile zu untersuchen.

Spannbetonkonstruktionen

Um die Empfindlichkeit und die vorhandene Schädigung von Spannstählen gegenüber der Spannungsrissskorrosion abschätzen zu können, kann eine Untersuchung des Spannstahls in situ in Verbindung mit der Feststellung der mechanischen Eigenschaften im Zugversuch sinnvoll sein. Dabei ist zu beachten, dass der Schadensverlauf derzeit nicht bekannt ist und die Schädigung weiter zunehmen kann.

Bei Bauwerken mit Koppelfuge sind, in Abhängigkeit vom Bauwerksalter, genauere Untersuchungen der Koppelfuge erforderlich. Die Ergebnisse sollten bei der Nachrechnung berücksichtigt werden.

Stahlkonstruktionen

Die Instandsetzung und/oder Verstärkung von Stahlkonstruktionen setzt Kenntnisse über den verwendeten Stahl und seine Eigenschaften voraus. Grundsätzlich muss das Instandsetzungskonzept auf den Werkstoff und seine Besonderheiten abgestimmt werden.

Sofern eine schweißtechnische Verarbeitung vorgesehen ist, muss zuvor die Schweißeignung zwingend festgestellt werden. Dafür ist eine (Alt-)Stahluntersuchung notwendig. Sofern die Schweißeignung nicht oder nur bedingt gegeben ist, sind ggf. andere Verbindungsverfahren, wie z. B. Schrauben oder Nieten, zu berücksichtigen.

Für eine Beurteilung der Schweiß Eigenschaften ist unbedingt das Herstelljahr des Stahls zu berücksichtigen. Anhand der Entwicklung der Prozesse der Stahlherstellung können grundsätzlich Stähle mit Produktionsjahr bis ca. 1950 (unbeunruhigt vergossen) und nach 1950 (beruhigt vergossen) unterschieden werden.

Stähle mit Produktionsjahr bis ca. 1950

Ältere Stahlbauteile mit Produktionsjahr bis ca. 1950 sind meist durch ausgeprägte Seigerungszone als Folge einer Anreicherung oder Verarmung von spezifischen Begleit- und/oder Legierungselementen im Kern gegenüber den Randzonen gekennzeichnet. Durch Seigerungen ergeben sich unterschiedliche Werkstoffeigenschaften innerhalb eines Querschnitts bzw. innerhalb eines Bauteils. Darüber hinaus sind hohe Gehalte an Phosphor (Kaltbrüchigkeit), Schwefel (Heißrissigkeit), Stickstoff (Alterung des Stahls) und vielfach

Schlackeeinschlüsse (Rissgefahr) kennzeichnend für alte Stähle, die die Schweißbeignung des Stahls negativ beeinflussen können.

Im Rahmen einer (Alt-)Stahlprüfung können die Eigenschaften individuell festgestellt werden:

- chemische Zusammensetzung inkl. Stickstoffanteil im Rand- und Mittelbereich des Profils,
- Baumannabdruck (Erkennung von Bereichen mit hoher Schwefelkonzentration),
- Gefügeausbildung durch mikroskopische Untersuchung in Längs- und Querrichtung,
- mechanische Eigenschaften im Zugversuch,
- Beanspruchbarkeit in Dickenrichtung (Z-Güte),
- Kerbschlagarbeit bei Raumtemperatur (Zähigkeit).

Anhand der Ergebnisse können die Schweißbeignung des Stahls beurteilt und die zu verwendenden Schweißprozesse (Schweißverfahren, Schweißelektroden, Zusatzstoffe) bestimmt werden.

Stähle mit Produktionsjahr ab 1950

Für neuere Stähle ab Produktionsjahr 1950 sind zur Beurteilung der Stahlgüte die vorhandenen Materialzertifikate zu sichten. Sofern keine Dokumente vorliegen, sind Proben zu entnehmen und diese hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung, der Gefügeausbildung und der mechanischen Eigenschaften inkl. Z-Güte zu untersuchen. Anhand der Ergebnisse können die Schweißbeignung und ein darauf abgestimmtes Schweißkonzept beurteilt bzw. festgelegt werden.

Holzkonstruktionen

Das Material ist detailliert auf Fehlstellen, Pilz- und Insektenbefall zu untersuchen.

Baugrund

Wenn auffällige Setzungen im Rahmen von Bauwerksprüfungen oder Vermessungen am Bauwerk oder Auffälligkeiten an anderen Bauwerken mit vergleichbarem Baugrund festgestellt wurden, ist der Baugrund zu untersuchen und durch einen Baugrundsachverständigen beurteilen zu lassen.

Anlage 7 Ablauf der Nachrechnung

