



Titel:

„Computerunterstützte Schadenserfassung an Betonbrücken zur Beurteilung des
Erhaltungszustandes - Spezifikation“

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Diplomingenieurs

an der Technischen-Universität Graz

Studienrichtung: Konstruktiver Ingenieurbau

vorgelegt von:

Mag. Robert RASSINGER

an der Fakultät für Bauingenieurwesen

Begutachter: Univ.-Prof. Dr. techn. Dipl.-Bauing. Ulrich Walder

Graz, 2012

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen inländischen oder ausländischen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der eingereichten elektronischen Version.

Datum: Unterschrift:

Kurzfassung

Überprüfungen von Brückenbauwerken sind für die jeweiligen Erhaltungspflichtigen unbedingt notwendig, da diese die Verantwortung in rechtlicher als auch in technischer Sicht tragen. Durch eine Überprüfung wird der jeweilige IST- Zustand der Brücke festgestellt und bewertet, wodurch Schäden frühzeitig erkannt und schwerwiegendere Folgen verhindert werden können.

Zur Überwachung und zum Zustandsmanagement von Brücken werden bereits einige Systeme am weltweiten Markt angeboten. Das Zustandsmanagement von Brückenbauwerken, aber auch die Beurteilung kann nur in ähnlicher Qualität wie die Brückenprüfung durchgeführt werden. Nur eine Verbesserung in der Qualität der Schadensaufnahme vor Ort kann die gesamte Qualität erhöhen. In der vorliegenden Arbeit wurde eine Basis (Spezifikation) für eine mögliche Software zur digitalen, graphischen Erfassung von Schäden an Brückenbauwerken unter Berücksichtigung der derzeit gültigen Richtlinien ausgearbeitet.

Durch den Einsatz von neuen Technologien, im Sinne einer computerunterstützten Brückenprüfung, können Brückenprüfer unterstützt und deren Qualität der abschließenden Berichte angehoben werden. Bei einer digitalen graphischen Erfassung von Brückenbauwerken sollen alle aufzunehmenden Schäden direkt vor Ort lagerichtig an einem Tablet PC in einem Modell der jeweiligen Brücke eingegeben werden.

Durch eine graphische Aufnahme werden nicht nur die einzelnen Schäden sondern auch deren Zusammenhang untereinander aufgenommen, was zu einer wesentlichen Erleichterung der Beurteilung des Bauwerkzustandes führt. Vor allem bei späteren Betrachtungen des Prüfberichts der Brücke hat ein graphisches Schadensbild eine höhere Aussagekraft als ein Bericht in Listenform. Bei anschließenden Begehungen könnten einzelne, auffallende Schäden sehr leicht gefunden und Veränderungen festgestellt sowie festgehalten werden.

Mithilfe der aufgenommenen Daten sollte am Ende die Basis für einen abschließenden Prüfbericht geschaffen sein. Eine statistische Auswertung und Archivierung oder Export der Daten in eine Datenbank wird die gesamte mögliche Software abrunden.

Abstract

Inspections of bridge structures are necessary in case are of utmost importance with respect towards responsibility required by law, as well as technical perspective. Through a review the actual condition of a bridge can be detected and hence adequately evaluated. A possible damage can be detected early and corrected even before serious consequences are able to follow.

There are several software programmes, who facilitate to organize the broad array of information about bridges, available in the global market. The organization can only be of similar quality, such as the recorded bridge information. Only improvement in the quality of the bridge information can increase the overall quality and create an even more accurate assessment.

In the present thesis, a specification for a possible software for digital and graphic recording of bridge information was drawn up.

The increasing demands on the bridge inspectors in the current times can be reduced by the use of new technologies such as a computer aided bridge inspection.

This tool should provide a graphic recording of all damages in the correct position on the respective bridge by enter this information on a Tablet PC in a model.

The advantage of a graphical recording is to not only record the individual damages, but also their relation with each other. The result should improve the assessment of building conditions.

Especially, a later view onto the graphical part of an audit report of the bridge is more meaningful than a report in list form.

The recorded data can be used at the end of the inspection to create the basis for a final audit report. Concluding a appropriate software should provide the possibility for statistical analysis and archiving or export the data into a database.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	8
1.1.	Allgemeines und Zielsetzung.....	8
1.2.	Brückenstatistik Österreich.....	12
1.3.	Verkehrsentwicklung.....	17
1.4.	Entwicklung in der Brückenerhaltung.....	18
2.	Brückenprüfung.....	19
2.1.	RVS und ihre Entwicklung bis heute.....	19
2.2.	Aktuelle Brückenprüfung nach RVS 13.03.11.....	20
2.2.1.	Laufende Überwachung.....	20
2.2.2.	Kontrollen.....	21
2.2.3.	Prüfungen.....	22
2.3.	Brückenprüfung international – bestehende computerunterstützte Systeme zur Brückenprüfung.....	25
2.3.1.	in Österreich.....	25
2.3.2.	in Deutschland.....	26
2.3.3.	in den USA.....	27
2.3.4.	In England.....	33
2.4.	Brückenprüfung nach RVS mit Software-Unterstützung.....	34
2.4.1.	„Office-Applikation“ - Vorarbeiten.....	36
2.4.2.	„Mobile Applikation“- Arbeiten vor Ort.....	39
2.4.3.	„Office-Applikation“- Nachbearbeitung im Büro.....	47
2.4.4.	Resümee der Brückenprüfsoftware.....	49
3.	Hardware.....	50
4.	Computerunterstützte Schadenserfassung an Brücken - Spezifikation.....	55
4.1.	Begriffserklärungen- Schadenskatalog.....	55
4.2.	Praxisbezogene Abkürzungen.....	60
4.3.	Allgemeine Bauwerksdaten.....	62
4.4.	Oberbau - Elemente des Querschnitts.....	64
4.4.1.	Plattenquerschnitt.....	64
4.4.2.	Plattenbalken.....	65

4.4.3.	Hohlkasten.....	67
4.4.4.	Trogquerschnitt.....	68
4.5.	Oberbau - Elemente des Grundrisses.....	69
4.6.	Oberbau - Geometrische Aufbereitung	72
4.6.1.	Eingabe des Grundrisselements.....	73
4.6.2.	Eingabe des Querschnittselements	75
4.6.3.	Sonderbauteil.....	76
4.6.4.	Abwicklungsflächen	77
4.6.5.	Aufbereitung der Grundrisselemente zur automatisierten Eingabe.....	77
•	Bogen	80
4.7.	Unterbau	88
4.7.1.	Widerlager	88
4.7.2.	Mittelunterstützungen	91
4.8.	Brückenausrüstung.....	94
4.8.1.	Brückenbelag.....	94
4.8.2.	Lager nach RVS 15.04.41	95
4.8.3.	Fahrbahnübergänge	105
4.8.4.	Schrammborde, Randbalken	109
4.8.5.	Sonstige Brückenausrüstung.....	110
4.9.	Schadensaufnahme nach RVS mit Softwareunterstützung	111
4.9.1.	Schadenskatalog	114
4.9.2.	Schäden nach Bauteilen gegliedert	115
4.10.	Fotodokumentation.....	118
4.11.	Prüfbericht und Ergebnisse	119
5.	Diskussion und Ausblick	126

1. Einleitung

1.1. *Allgemeines und Zielsetzung*

Der serbokroatische Nobelpreisträger für Literatur (1961) Ivo Andric stellte den Wert von Brücken für den Menschen wie folgt dar:

„Von allem, was der Mensch in seinem Lebenstrieb errichtet und erbaut, scheint meinen Augen nichts besser und wertvoller zu sein als die Brücken. Sie sind wichtiger als Häuser, heiliger, weil gemeinsamer, als Kirchen.

Allen gehörig und allen gleich nützlich, immer sinnvoll errichtet an dem Orte, an dem die meisten menschlichen Bedürfnisse sich kreuzen, sie sind ausdauernder als andere Gebäude und dienen keinem heimlichen oder bösen Zweck ... alle sind sie im Grunde eines und gleicherweise unserer Aufmerksamkeit wert, denn sie zeigen den Ort, wo der Mensch auf Hindernisse stieß und sich doch nicht aufhalten ließ, sondern sie überwand und überbrückte, wie er es eben vermochte, je nach seiner Auffassung, seinem Geschmack und den Verhältnissen, von denen er umgeben war“ (Andric I.,1971).

Den Vergleich von Brücken mit Kirchen wird für manche nur schwer nachvollziehbar sein, jedoch ist dieser nicht allzu weit hergeholt. So war der Brückenbau im alten Rom sehr hoch angesehen und zunächst nur dem obersten Priester, dem sogenannten „Pontifex“ (=Brückenbauer) vorbehalten (Mehlhorn G., 2010). Nach Anerkennung des katholischen Glaubens als Staatsreligion ging der Begriff auch auf den Papst über. Der „Pontifex Maximus“ stellte somit den „größten Brückenbauer“ dar, über dessen Brücke der Weg zwischen den Menschen und Gott verbunden werden sollte (Mehlhorn G., 2010). Auch das Pontifikat, das die Amtszeit eines Papstes beschreibt, entstand in diesem Zusammenhang.

Diese erwähnten Begriffe spiegeln den Wert und die Wichtigkeit einer Brücke wider.

In der heutigen Zeit werden Brücken von Autofahrern kaum wahrgenommen und bei Vorhandensein als selbstverständlich angesehen. Erst eine kurzfristige Unbenutzbarkeit einer Brücke führt dazu, dass man sich des enormen Vorteils wieder bewusst wird.

Einerseits stellen Brücken eine Verbindung zwischen Menschen dar, andererseits dienen sie zum Zweck des Transports von Handelsgütern (Mehlhorn G., 2010). In den Zeiten der beiden Weltkriege waren Brücken bevorzugte Ziele, um den Gegner in seinem Handlungsspielraum einzuengen und um sich einen eigenen Vorteil zu verschaffen. Dies war der Grund, weswegen es in der Nachkriegszeit zu einem vermehrten Wiederaufbau von Brücken kam (siehe Abbildung 5).

Aktuell stellt der Neubau einer Brücke eher die Ausnahme dar. Der größte Anteil an Baumaßnahmen dient dem Erhalt der Verlängerung der Lebenszeit. Dabei sollten die anfallenden Kosten so gering wie möglich sein.

Um sowohl das erhebliche Kostenpotential sowie das sicherheitstechnische Risiko, das durch Schäden an Brücken auftreten kann, kalkulierbar zu machen, ist eine regelmäßige Überprüfung des Bauwerks erforderlich. Dadurch können kleinere Schäden vorzeitig erkannt und ausgebessert werden, um folgende größere Instandsetzungsmaßnahmen abzufangen. Gleichzeitig kann dadurch die Verkehrssicherheit auf der Straße durch eine regelmäßige Brückenprüfung auf Beeinträchtigungen überprüft werden.

Die Grundlage für die Brückenprüfung auf Zuverlässigkeit (das sind Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit) stellt in Österreich derzeit die RVS 13.03.11 dar. Durch die regelmäßige Prüfung können nicht nur die zu erwartenden Instandhaltungskosten besser abgeschätzt werden, sondern man erfüllt damit auch die rechtlichen Auflagen der Betreiber (Erhaltungsverpflichtenden). Die Durchführung der Brückenprüfung stellt also eine Entlastung des Betreibers in zivil- als auch in strafrechtlicher Sicht dar (Liebl F., 2000).

Als Brücken und somit prüfpflichtig werden Bauwerke mit einer lichten Weite von über zwei Metern rechtwinkelig zwischen den Lagern angesehen (RVS 13.03.11).

In Gemeinden wird eine solche Brückenprüfung oft vernachlässigt (Liebl F., 2000).



Abbildung 1 Unfallträchtige Gemeindebrücke über einen Bachverlauf (Abb. aus Liebl F., 2000).

Wie von Liebl F. (2000) beschrieben, gibt es über viele vorhandene kleinere Brücken in den Gemeinden kaum Dokumentationen, obwohl eine Prüfung nach RVS für alle Brückentragwerke vorgesehen ist. In diesem Bereich besteht akuter Handlungsbedarf. Als wesentliche Erleichterung könnte eine mögliche Software, Gemeinden als Erhaltungspflichtige in der Bestandsaufnahme und in der Archivierung unterstützen und die Durchführung einer Prüfung nach RVS erleichtern. Nachdem keine hilfreiche Option im deutschsprachigen Raum gefunden werden konnte, stellt das Ziel dieser Arbeit die Ausarbeitung einer Spezifikation zur digitalen Brückenerfassung von Betonbrücken dar und sollte in Zukunft eine Basis für

Softwareentwickler sein. Im Wesentlichen geht es um die Aufnahme vor Ort, die an den aktuellen Stand der Technik angepasst wird und in Zukunft mit Computerunterstützung ablaufen soll. Eine Archivierung oder eine Einbettung in bestehende Systeme sollte möglich sein.

In der Praxis wird oft bemerkt, dass Veränderungen in der Arbeitsweise mit sehr viel Skepsis begegnet wird. Um solch einem Misstrauen von Anfang an vorzubeugen, sollte man bestehende Strukturen wie z.B. Abkürzungen, Definitionen etc. beibehalten. Eine flexible Gestaltung könnte bereits eingeschleifte Arbeitsmuster in die neue Arbeitsweise integrieren.

Bei größeren Brückenerhaltern wird ordnungsgemäß nach der RVS geprüft. Nach Rücksprache mit mehreren Brückenprüfern konnte keine einheitliche, aber eine ähnliche Arbeitsweise erkannt werden. Mehrheitlich wurde die Dokumentation einer Brücke bei einer Kontrolle oder einer Prüfung händisch auf Papier in Listenform durchgeführt. Ein anderer Brückenprüfer reduziert die Pläne auf die wesentlichen Abwicklungen und zeichnet die Mängel vor Ort in diese ein. Zusätzlich wurde eine ausführliche Fotodokumentation nach Beendigung der Prüfung mit der erhobenen Liste, weiteren Informationen und den Ergebnissen in einem abschließenden Befund zusammengefasst. Eher zur Ausnahme gehörten Prüfer, die Pläne der Mängel ausarbeiteten. Ein Plan, der den Zusammenhang verschiedener Mängel, wie z.B. die Lage der Risse zueinander, darstellt, kann eine entscheidende Grundlage für die Ursachenforschung sein. In Listenform ist ein Zusammenhang der verschiedenen Mängel nicht bzw. sehr schwer erkennbar. Ein angefügtes Schadensbild in Form eines Plans stellt eine erhebliche Qualitätsverbesserung des abschließenden Brückenprüfberichts dar. Ein möglicher Mehraufwand bei der Aufnahme und Einarbeitung in einen Plan könnte durch die Zeitersparnis einer neuen Software durch automatisiertes Erstellen eines Rissbildplans wettgemacht werden.

Alle geforderten Ergebnisse werden dann von den Erhaltungspflichtigen (z.B. den Ländern, ASFINAG - Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-

Aktiengesellschaft etc.) in drei Ebenen (Brückendaten, Tragwerksdaten, Bauwerksdaten) in die dafür vorgesehene Datenbank (BAUT – Baudatenbank Austria) eingegeben. Bei der BAUT handelt es sich um ein Programm zur Verwaltung der administrativen und bautechnischen Daten der Straßenbehörden (Bergmeister K., Wörner J.-D., Fingerloos F, 2008). Das zuständige Ministerium kann aufgrund der Dokumentationen von Brückenuntersuchungen ein Budget für die Zukunft vorsehen.

Selbst bei größeren Brückenerhaltern konnte eine Verbesserungsmöglichkeit in der digitalen Brückenerfassung erkannt werden. Zusätzlich stellt es sich als unerlässlich dar, die Ergebnisse aus der zu entwickelnden Software in die BAUT eingliedern zu können.

Die gesamte Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit dem Thema Betonbrücken. Ein Hauptaugenmerk wird dabei auf eine mögliche graphische Schadensaufnahme bei Brückenprüfungen gelegt.

1.2. Brückenstatistik Österreich

Im gesamten österreichischen Straßennetz gibt es ca. 107.100 km Straßen und 27.530 Brücken. Die meisten Brücken findet man in den Bereich der Landesstraßen L und der Gemeinden. Flächenmäßig ist jedoch der Anteil der Autobahnen und Schnellstraßen am höchsten.

Tabelle 1 Das österreichische Straßennetz (Eichinger-Vill, 2010)

Straßenzug:	Gesamtlänge[m]
Autobahnen A und Schnellstraßen S	ca. 2.100.000
Landesstraßen B	ca. 10.000.000
Landesstraßen L und Gemeindestraßen G	ca. 95.000.000
Summe:	ca. 107.100.000

Tabelle 2 Brückenbauwerke in Österreich (Eichinger-Vill, 2010)

Straßenzug:	Anzahl der Brücken [n]	Gesamtfläche[m ²]
Brücken A+S	4.379	ca. 5,3 Mio
Brücken B	ca. 7.150	ca. 2,4 Mio
Brücken L+G	ca. 16.000	ca.2,3 Mio
Summe:	ca. 27.530	ca. 10,0 Mio

Brückenbestand in Kärnten

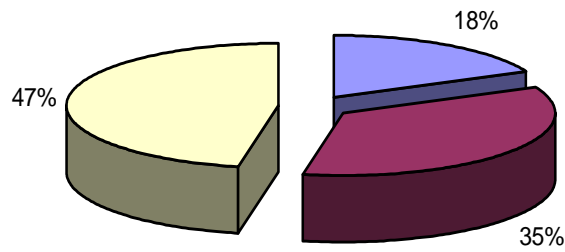
Ein Großteil der zu erhaltenden Brücken entfällt auf die einzelnen Länder, wobei hier stellvertretend von Kärnten ein Auszug aus der BAUT (Stand 2005) betreffend die Statistik der bestehenden Bauwerke angeführt ist.

Wie auch in den vorherigen Tabellen des österreichischen Straßennetzes sind die Brücken in die unterschiedlichen Straßenzüge gegliedert.

Tabelle 3 Brückenbauwerke des Landes Kärnten (Stand 2005)

Straßenzug	Anzahl der Brücken [n]	Gesamtfläche [m ²]	Gesamtlänge [m]
Brücken A (A2, A10, A11)	367	803.373	54.293
Brücken B	984	238.465	23.241
Brücken L	729	88.815	10.420
Summe	2.080	1.130.653	87.954

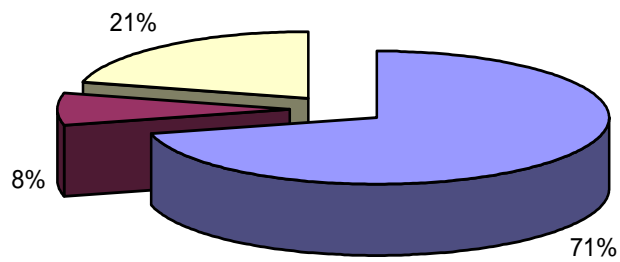
Anzahl der Brücken [%]



■ Autobahn (A2, A10, A11) ■ Landesstraßen L ■ Landesstraßen B

Abbildung 2 Anzahl der Brücken des Landes Kärnten nach Straßenzug in %

Fläche der Brücken [%]



■ Autobahn (A2, A10, A11) ■ Landesstraßen L ■ Landesstraßen B

Abbildung 3 Fläche der Brücken des Landes Kärnten nach Straßenzug in %

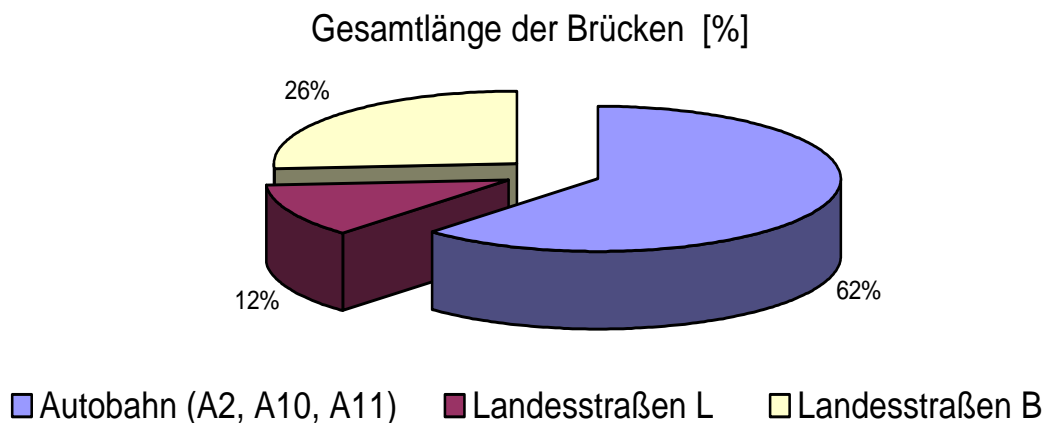


Abbildung 4 Gesamtlänge der Brücken des Landes Kärnten in %

Bei Betrachtung der Grafiken bezüglich des Bestands von Brückenbauwerken erkennt man, dass flächenmäßig die Autobahnen und Schnellstraßen den größten Anteil, nämlich 62%, ausmachen, während die restlichen 38% die Landesstraßen B und L umfassen, die der Erhaltung der Länder unterliegen. In den jeweiligen Kommunen ist häufig eine Vielzahl an Brücken mit kleineren Abmessungen vorhanden. Sonstige Brücken sind hier nicht berücksichtigt, wie z.B. solche, die im Eigentum der ÖBB (österreichische Bundesbahnen) stehen.

Brückenbestand gegliedert nach dem tragenden Material der Bausubstanz und der Altersstruktur

Die Entwicklung der Brücken kann einerseits anhand der Altersstruktur, andererseits mit dem jeweiligen tragenden Werkstoff mitverfolgt werden. Ende des zweiten Weltkrieges (1945) war eine Großzahl der Brückenbauwerke zerstört worden. Erst nach der Unabhängigkeit Österreichs mit der Unterzeichnung des Staatsvertrages am 15.05.1955, wurde der Wiederaufbau vorangetrieben. Eine weitere Entwicklung stellte die Wiederaufnahme des Autobahnbaus 1955 dar, der heute, nach der Brückenfläche gesehen, den größten Anteil der bestehenden Brücken einnimmt.

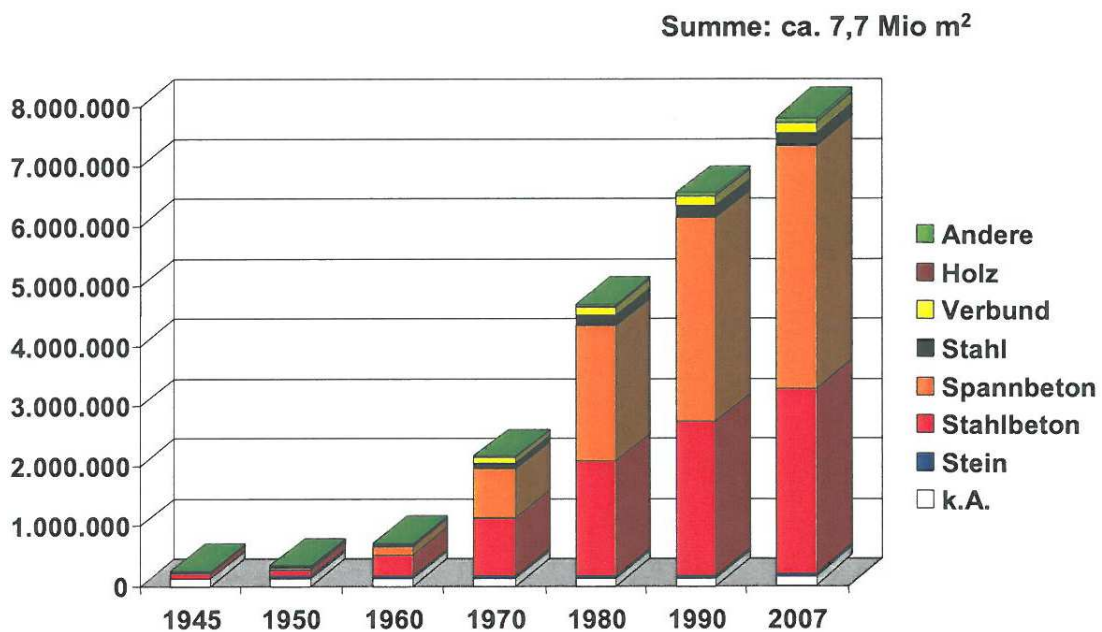


Abbildung 5 Brückenbestand in m² von Autobahnen, Schnellstraßen und Landesstraßen B– Entwicklung (aus Eichinger-Vill, 2010)

In Bezug auf den tragenden Werkstoff besteht der Großteil aller Brücken aus Spannbeton- und Stahlbeton. Alle anderen Werkstoffe und Bauweisen wie z.B. Holz, Verbund, Stahl und Stein nehmen in Bezug auf den gesamten Brückenbestand eher eine untergeordnete Rolle ein.

1.3. Verkehrsentwicklung

Neben dem steigenden PKW-Verkehr kommt es im Transitland Österreich auch zu einer fast jährlichen Zunahme des LKW-Verkehrs, wodurch die Dauerhaftigkeit der Brücken und des gesamten Straßenbestandes beeinflusst wird.

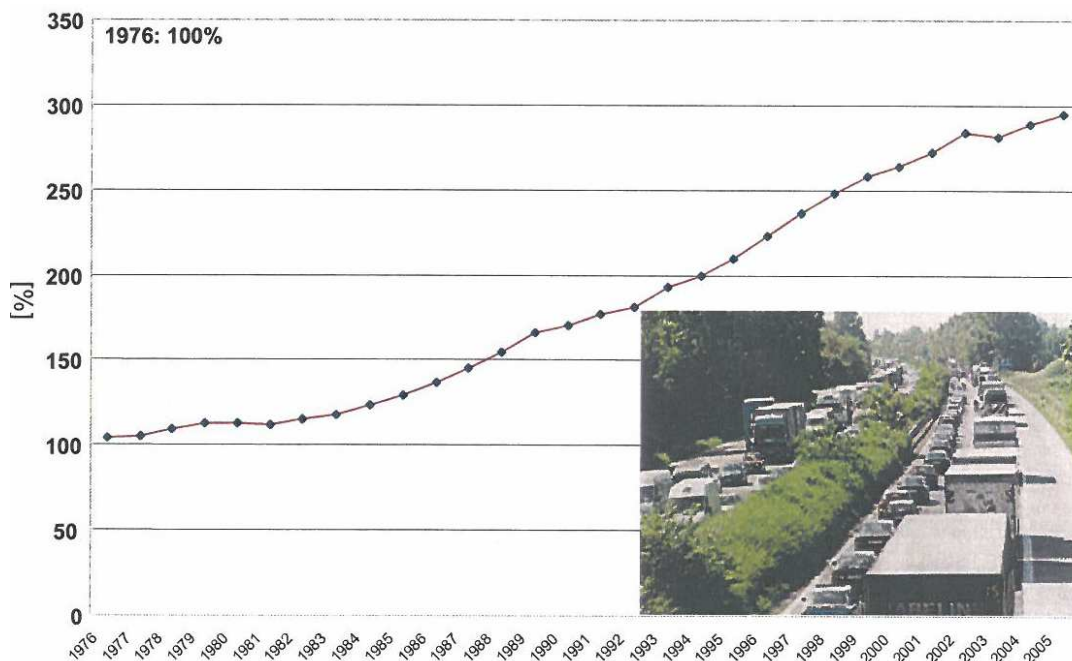


Abbildung 6 Zunahme des LKW-Verkehrs in % ausgehend vom Jahr 1976 (aus Eichinger-Vill, 2010)

Der LKW-Verkehr hat sich seit dem Jahr 1976 bis zum Jahr 2005 fast verdreifacht. Dieses erhöhte Verkehrsaufkommen ist ein ausschlaggebender Faktor bei der Zunahme von Schäden an Straßen und Brücken.

1.4. Entwicklung in der Brückenerhaltung

Die Brückenerhaltung ist nach Eichinger-Vill (2010) die „Gesamtheit aller Maßnahmen, die sicherstellen, dass die für das Funktionieren des öffentlichen Verkehrsnetzes erforderlichen Brückenbauwerke sich ständig in einem Zustand befinden, der die volle Ausnutzung der Verkehrswege gestattet.“

Durch die zuvor angeführten statistischen, technischen Grundlagen ist die steigende Herausforderung in der Brückenerhaltung erkennbar. Dies ist einerseits auf die Zunahme des Bauwerksbestandes zurückzuführen, andererseits auf die Zunahme des Schwerverkehrs und die steigende Umweltbelastung, welche einen hohen Einfluss auf die einzelnen Bauwerke hat. Eine verschlechterte Altersstruktur und ein beschränktes Budget kommen erschwerend für die Erhaltung hinzu. Um für den Brückenerhalter jedoch die Übersicht für zukünftige Budgetierungen und die Verkehrssicherheit zu behalten, ist eine gepflegte Datenbank unbedingt erforderlich. Eine solche Datenbank kann nur durch regelmäßige Überwachung und Prüfung auf dem neuesten Stand gehalten werden und stellt auch einen zunehmenden Aufwand dar (Eichinger-Vill, 2010). Ein Ziel der Software zur digitalen Erfassung stellt eine Vereinfachung dar, die diesem Mehraufwand erfolgreich entgegenwirken sollte.

2. Brückenprüfung

Unter Bauwerksprüfung werden die Feststellung und die Bewertung eines Ist-Zustandes einer Konstruktion verstanden (RVS 13.03.11). Dadurch sollen Mängel und Schäden frühzeitig erkannt werden, um ein Versagen ohne Vorankündigung ausschließen zu können (Mehlhorn, 2010). Schäden sind ungewollte Veränderungen am Bauwerk, durch die eine Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit resultiert. Diese Schäden können sich auch auf die Tragfähigkeit auswirken. Ein Mangel ist nach RVS 13.03.11 „die negative Abweichung zwischen einem angestrebten Wert und dem erreichten Wert.“ Ein Mangel kann sich aus einem oder mehreren Schäden ergeben und ist nach Verkehrssicherheit und Zuverlässigkeit zu bewerten. Je nach dessen Auswirkungen wird eine Maßnahmenumsetzung vorgesehen, wobei die RVS 13.03.11 folgende Umsetzungen unterscheidet.

Sofortmaßnahme:	unverzüglich
Kurzfristige Maßnahme:	möglichst innerhalb von drei Jahren
Mittelfristige Maßnahme:	möglichst innerhalb von sechs Jahren
Längerfristige Maßnahme:	möglichst innerhalb von zehn Jahren

2.1. RVS und ihre Entwicklung bis heute

Ursprünglich wurden nach dem Zweiten Weltkrieg Bauwerksprüfungen nur nach Bedarf durchgeführt. Erst nach dem Einsturz der Reichsbrücke in Wien am 1. August 1976 wurden regelmäßige Prüfungen vorgesehen (Neuburg, 2010).

Für aktuelle Brückenprüfungen gilt noch immer die RVS – 13.03.11 (ehemals 13.71) aus dem Jahre 1995 (Neuburg, 2010).

2.2. Aktuelle Brückenprüfung nach RVS 13.03.11

Der Anwendungsbereich liegt bei Brücken im Zuge von Straßen und Wegen, die eine senkrechte lichte Weite von über 2 Metern überspannen.

Die RVS dient zur bautechnischen Überwachung von Kunstbauten im Hinblick auf Zuverlässigkeit (Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit) und Verkehrssicherheit.

Untersuchungen an den Bauwerken werden in **laufende Überwachungen, Kontrollen** und **Prüfungen** gegliedert, wobei alle in unterschiedlichen regelmäßigen Abständen durchzuführen sind.

Eine **Sonderprüfung** durch einen externen Ziviltechniker ist anzuordnen, wenn Schäden im Zuge einer Prüfung nicht ausreichend ermittelt werden und deren Einfluss auf die Zuverlässigkeit nicht abgeschätzt werden kann.

2.2.1. Laufende Überwachung

Eine laufende Überwachung von Brücken des Streckenfahrdienstes durch Befahrungen muss mindestens alle 4 Monate erfolgen. Hierbei wird auf sichtbare Mängel und Veränderungen von der Verkehrsebene aus am äußeren Erscheinungsbild auf sichtbare Mängel und Veränderungen des Bauwerkes geachtet. Solche sichtbaren Schäden könnten z.B. außergewöhnliche Veränderungen am Bauwerk, extreme Durchbiegungen, auffallend starke Risse, großflächige Wasseraustritte, herunterhängende Teile oder Schäden an der Fahrbahndecke, einschließlich der Randbalken, sein. Weiters sollten Schäden an der Brückenausrüstung (siehe Kapitel Begriffserklärung) - Übergangskonstruktion, Geländern, Leitschienen, Lärmschutzeinrichtungen, Schnee- und Spritzschutzeinrichtungen aufgenommen werden. Schäden, die durch Unfälle hervorgerufen wurden, müssen ebenso aufgenommen werden. Rutschungen an Böschungen, aber auch Schäden an Verkehrszeichen und Hinweisschildern sowie Schäden an

Entwässerungseinrichtungen können durch die laufende Überwachung frühzeitig erkannt werden.

Eine schriftliche Aufzeichnung der laufenden Überwachung ist nicht notwendig, jedoch sind eventuelle Mängel schriftlich dem Erhaltungsverpflichteten zu melden.

Ist die Verkehrssicherheit beeinträchtigt, so sind die nötigen Veranlassungen sofort zu treffen - Maßnahmenumsetzung (RVS 13.03.11).

2.2.2. Kontrollen

Kontrollen erfordern sachkundiges Personal des Bauwerkserhalters oder externe Konsulenten, welche den Erhaltungszustand feststellen, festhalten und bewerten. Der Zeitabstand solcher Kontrollen darf höchstens 2 Jahre betragen. Ein kürzeres Intervall kann nach außergewöhnlichen Ereignissen wie z.B. Sturm, Hochwasser, Erdbeben oder schweren Unfällen mit Brandeinwirkung (Neuburg, 2010) bzw. je nach Zustand des Objektes erforderlich sein. Hierzu ist auf eine eventuelle, besondere Anweisung vom Prüfer im Befund der letzten Brückenprüfung oder auf eine mögliche Anweisung vom Prüfer der zuletzt durchgeführten Bauwerkskontrolle zu achten.

Zur Kontrolle werden keine speziellen Geräte wie etwa ein Brückeninspektionsgerät oder Gerüste benötigt, jedoch ist auf eine Zugänglichkeit von Lagern und Hohlkästen zu achten.

Kontrolliert werden der Unterbau und der Überbau sowie die Brückenausrüstung.

Im Bereich des Unterbaues wird auf Anlandungen, lagemäßige Veränderungen der Pfeiler, Widerlager und Flügel, Veränderungen in der Flusssohle, aber auch Abplatzungen, Rostfahnen, Feuchtstellen, Aussinterungen, Abwitterungen und Risse im Bereich der Auflagerbänke und Pfeiler geachtet (alle Begriffe sind im Kapitel Begriffserklärung genauer beschrieben).

Der Überbau wird aufgrund von Abplatzungen, Rostfahnen, Feuchtstellen, Aussinterungen, Abwitterungen, Rissen und freiliegender Bewehrung beurteilt. Den Auflagerbereichen sollte hierbei große Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Die Ausrüstung stellt eine Begutachtung der Lager, Fahrbahndecken, Abdichtung und Entwässerung, Randbalken und Absturzsicherungen dar.

In Bezug auf den Befund sind neue Mängel und gegebenenfalls sofort erforderliche Maßnahmen festzuhalten.

Solch ein Befund ist dann mit dem vorherigen zu vergleichen und die Benutzbarkeit im bisherigen Umfang zu bewerten.

Können Mängel nicht bewertet werden, so ist eine weitere Prüfung wie folgt anzuordnen.

2.2.3. Prüfungen

Auch hier wird sachkundiges Personal zum Erheben, Dokumentieren und Bewerten benötigt, welches sowohl eine einschlägige Erfahrung bei Brückenprüfungen als auch eine einschlägige Praxis im Brückenbau aufweisen soll. Für die Beurteilung von Lagern ist bei Problemlagern eine zertifizierte Fachkraft erforderlich (ÖNORM B 4022). Solche Prüfungen sind in der Regel alle 6 Jahre durchzuführen. Bei Brücken ohne bewegliche Teile kann dieses Intervall, sofern die Kontrollen positiv ausfallen, bis auf 10 Jahre ausgedehnt werden. Seile und andere besondere Bauteile sind mit ihren Verankerungen in zeitlichen Abständen von maximal drei Jahren zu prüfen.

Zu den Vorbereitungsarbeiten am Objekt durch den Bauwerkserhalter gehören das Reinigen von Bauteilen (Lagerbänke, Randleisten – siehe Kapitel Begriffserklärung), das Öffnen aller Einstiege und für eine ausreichende Beleuchtung zu sorgen (Neuburg, 2010), das Vorbereiten der Planunterlagen sowie das Durchführen einer Verhaimungsmessung (siehe Kapitel Begriffserklärung).

Durch Brückeninspektionsgeräte ist sicherzustellen, dass alle Teile der Brücke zugänglich sind. Sollte sich durch Wartungsarbeiten eine Zugangsmöglichkeit zu sonst schwer oder gar nicht erreichbaren Stellen ergeben, so ist diese für eine Brückenprüfung zu nutzen.

Zu untersuchen sind Unterbau, Überbau und Brückenausrüstung.

Neben den oben erwähnten prüfungsrelevanten Punkten werden bei der Prüfung im Bereich des Überbaues alle schädlich erscheinenden Risse dokumentiert und es muss überprüft werden, ob dadurch eine Korrosionsgefahr für die darunter liegende Bewehrung besteht. Fehlstellen, wie etwa Hohlräume und Abplatzungen, sind abzuklopfen.

Weiters ist die Bewehrung auf Anzeichen von Korrosion zu überprüfen, wobei besonders auf frei liegende Bewehrung zu achten ist.

Die Betondruckfestigkeit ist grundsätzlich mittels eines Schmidt'schen Schlaghammers zu überprüfen. Dabei handelt es sich um eine zerstörungsfreie Prüfung, bei der über einen Bolzen immer die gleiche Testenergie auf ein Betonteil aufgebracht wird und über die kinetische Rückprallenergie auf die Betonfestigkeit geschlossen werden kann (Wöhnl U., 2009). In Bereichen einer fortschreitenden Karbonatisierung (siehe Kapitel Begriffserklärung) soll auf diese zerstörungsfreie Prüfung der Betondruckfestigkeit verzichtet werden, da dadurch lokal an der Oberfläche eine erhöhte Betondruckfestigkeit gemessen wird, die aber keine Rückschlüsse auf das gesamte Tragsystem schließen lässt.

In Bezug auf die Ausrüstung sind die Lager, wie oben erwähnt, auf Veränderungen zu überprüfen. Rollenlager oder Kipplager sind mittels einer Lichtspaltprüfung zu begutachten.

Weiters zu beurteilen sind: Abdichtung und Entwässerung, Randbalken, Fahrbahndecken und Gehwegbeläge.

In einem Befund werden die Funktionsfähigkeit und die Belastbarkeit des Objektes beurteilt, der Zeitpunkt für die nächste Überprüfung fixiert sowie

notwendige Maßnahmen zur Erhaltung festgehalten. Sollten Unstimmigkeiten über die Schwere eines Schadens oder eine unterschiedliche Interpretation der Schäden vorliegen, so ist eine weitere Sonderprüfung anzuordnen, die von einem Ziviltechniker durchzuführen ist.

2.3. Brückenprüfung international – bestehende computerunterstützte Systeme zur Brückenprüfung

2.3.1. in Österreich

- “Digitales Feldbuch“

Ausgehend vom Entwickler der BAUT – „Petschacher Consulting“ wurde die Software „Digitales Feldbuch“ entwickelt. Das „Digitale Feldbuch“ ermöglicht eine Aufnahme von Schadstellen vor Ort mit einem Tablet PC und einen Export in die Datenbank BAUT. Durch ein zusätzliches GPS-Gerät können GPS Daten einer Schadstelle aufgenommen werden. Auch Fotos können über eine zusätzliche Kamera gemacht und im Anschluss beigefügt werden. Nach Eingabe und fertiger Verknüpfung der Fotos und bei Bedarf der GPS Daten wird automatisch ein Bericht in Listenform erstellt (Petschacher Consulting, 2004).

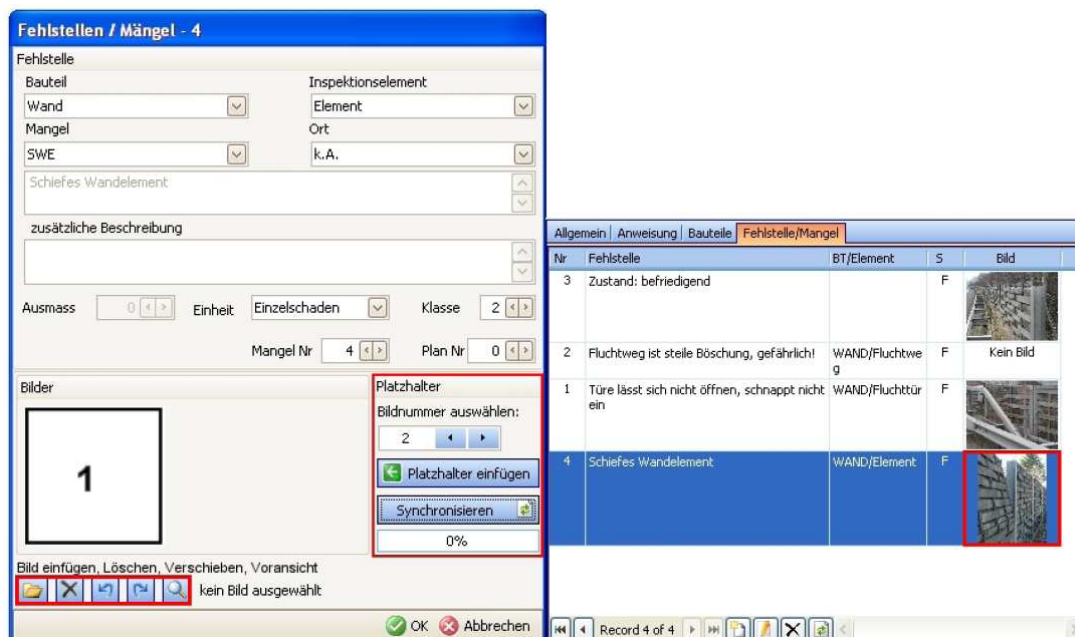


Abbildung 7 Screenshot- Oberfläche Fehlstellenaufnahme (links) und Fehlstellen in Listenform (rechts) (Abb. aus Petschacher Consulting, 2004).

2.3.2. in Deutschland

- “SIB-Bauwerke“

In Deutschland gibt es eine Software namens SIB Bauwerke (Straßeninformationsbank), die vom Ingenieurbüro WPM im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) erstellt wurde (Abram M., 2003). Auf Bundesebene ist diese Software verbindlich vorgeschrieben. Beschreibungen zufolge sollte die Software Bauwerksbücher ablösen. Bilder, Pläne und Statiken sowie Einbauprotokolle werden damit archiviert (Abram M., 2003).

SIB-BAUWERKE Schadensbewertung

Bauwerksnummer **6609580** 1 Interne Bwnr. **471**

[1] Brücke · [2] Schutzeinrichtungen · Absturzsicherung · Geländer · Geländer mit Seil · Holmgeländer mit einer oder mehreren Knieleisten · Pfosten · Verankerung · [3] Beton · Gefüge · [4] schadhaft · [5] eine Stelle · [1 2] S=0, V=0, D=1 · Bild: BW 471-GELÄNDERPFOSTEN UNTERSTÖPFUNG AM ENDPFOSTEN SCHADHAFT.JPG · EP

Der Mangel/Schaden hat keinen Einfluß auf die Dauerhaftigkeit des Bauteils/Bauwerkes.

GELÄNDER	S	V	D
	Stand- sicherheit	Verkehrs- sicherheit	Dauer- haftigkeit
Fußplattenunterstøpfung (Pfosten) mangelhaft	0	0	0
Handlauf aus Holz des Holmgeländers stark gerissen	1	1	1
Geländer fehlen, Schutzplanken vorhanden v > 50 km/h, kein planmäßiger Fußgängerverkehr	2	2	2
Geländer oder Geländersegmente fehlen außerhalb OD, kleine Bauwerke, kein planmäßiger Fußgängerverkehr (temporärer Warnhinweis vorhanden)	3	3	3
Geländer oder Geländersegmente fehlen in OD, planmäßiger Fußgängerverkehr	4	4	4
Seil im Handlauf fehlt, Bauwerkslänge < 20 m	0	0	0
Seil im Handlauf fehlt, Bauwerkslänge >= 20 m, Schutzplanke vorhanden	0	0	0
Seil im Handlauf fehlt, Bauwerkslänge >= 20 m, Schutzplanke nicht vorhanden	0	0	0
von den Vorschriften abweichende Geländerhöhen (Abweichung <= 5 cm)	0	0	0
von den Vorschriften abweichende Geländerhöhen (Abweichung 5 - 10 cm)	0	0	0
von den Vorschriften abweichende Geländerhöhen (Abweichung > 10 cm)	0	0	0
von den Vorschriften abweichende zu große Füllstababstände	0	0	0

Speichern
Zurück
Bei Einfacher Prüfung zu kontrollieren
JA

Abbildung 8 Beispiel einer Schadensbeurteilung in SIB-Bauwerke (Abb. aus Abraham, 2006)

Wie in der Abbildung 8 ersichtlich, sind sämtliche Schäden in einem Schadenskatalog integriert. Jedem dieser Schäden wurde eine Beurteilung der Auswirkungen auf die Standsicherheit, Verkehrssicherheit und

Dauerhaftigkeit beigefügt. Aus diesem ausführlichen Katalog kann der jeweilige Schaden ausgewählt werden. Über die Bewertung der einzelnen Schäden errechnet die Software eine Gesamtbewertung des Brückentragwerks.

2.3.3. *in den USA*

- **“Scanprint” von Advitam**

Diese Software ist in drei Teile gegliedert. Sie besteht aus dem System für den Brückenerhalter- „Scanprint Management“, das zur Organisation der gesamten Brückendatenbank im Büro dient. Der zweite Teil „Scanprint Inspection“ unterstützt die Brückenprüfinspektoren bei der Schadensaufnahme vor Ort. Dabei wird er von einer Schadensdatenbank mit mehr als 200 verschiedenen Schadensfällen unterstützt, die einfach auswählbar sind. Die Aufnahme vor Ort wird mit einem Tablet PC durchgeführt. Der dritte und letzte Teil der Software „ScanPrint Analysis“ bietet mehrere verschiedene Möglichkeiten zur Schadensanalyse.

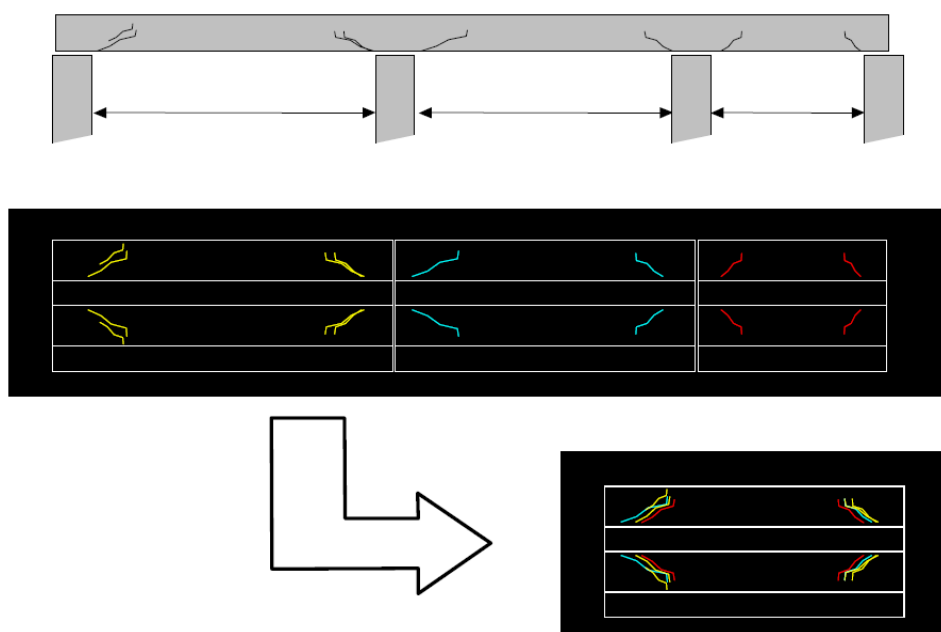


Abbildung 9 Schadensanalyse mit ScanPrint (aus Stubler J., Le Bis E., Le Diouron T., 2001)

In Abbildung 9 wird ein Beispiel der Software ScanPrint gezeigt, die eine Möglichkeit eines qualitativen Vergleichs des Rissbildes ermöglicht. Dabei werden die unterschiedlichen Stützweiten mit ähnlicher Funktionsweise über eine Bezugslänge skaliert und in einer Grafik übereinander, in unterschiedlichen Farben dargestellt (Advitam, 2010). Dadurch wird ersichtlich, dass es sich mit großer Wahrscheinlichkeit, um die gleiche Ursache der Risse in den einzelnen Feldern handelt.

Weiters können über Klassifizierungen von Schäden Prioritäten bei den Sanierungsmaßnahmen gesetzt werden.

In der Programmbeschreibung wird von einer 80%-igen Arbeitersparnis berichtet. Mit der Software können alle verschiedensten Varianten an Brückentypen in 3D Modellen abgedeckt werden (Advitam, 2010).

Auch die Freiheit des Datenexports ist durchführbar (Advitam, 2010).

Über die Bedienung konnten keine Informationen gefunden werden. Durch die Implementierung von AutoCad in dieses Programm, wie es in der folgenden Grafik des Screenshots ersichtlich ist, kann angenommen werden, dass zumindest bei der erstmaligen Ausarbeitung der Brücke dieses erwähnte CAD-Programm beherrscht werden muss.



Abbildung 10 Screenshot der Software „ScanPrint Management“ (aus Le Diouron T., 2005)

- **Bridge View von Cartegraph**

Die Software „Bridge View“ stellt eine Unterstützung für die Instandhaltung und das Management von Brücken dar, wobei Brückendaten und Informationen zu Brücken verwaltet werden können. Die Lage des Bauwerks und die Historie sind so immer abrufbar (Cartegraph, 2011).

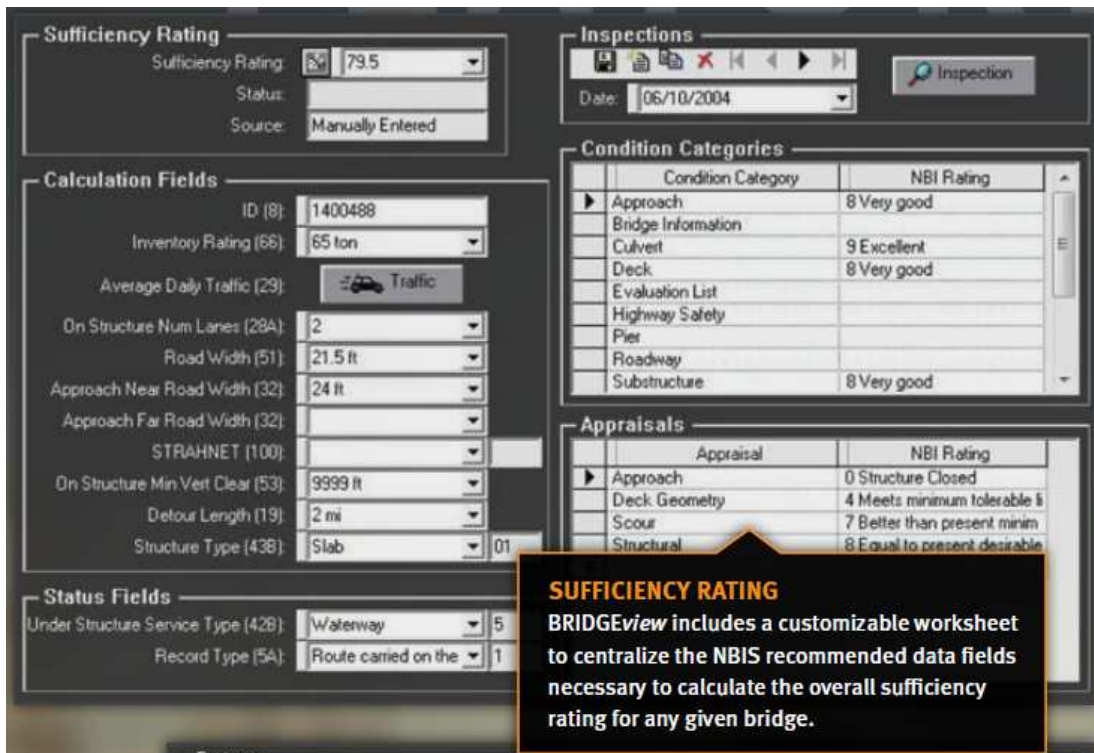


Abbildung 11 Screenshot der Software "BridgeView" (Abb. aus Cartegraph, 2011)

In obiger Abbildung ist eine Maske der Software „Bridge View“ ersichtlich, in der die Eingaben zum Archivieren der Daten gemacht werden können. Im rechten unteren Fenster werden Bauteile nach NBIS (National Bridge Inspection Standards) bewertet und ergeben in Summe eine Gesamtbewertung für ein Bauwerk (Cartegraph, 2011).

- **Bridgelnspect von Inspect t ech**

Die Software „Bridgelnspect“ besteht aus den zwei unterschiedlichen Teilen „Bridgelnspect Collector“ und „Bridgelnspect Manager“.

Die Software-Lösung „Bridgelnspect Collector“ deckt dabei den Bereich zur Aufnahme vor Ort ab und kommt auf Tablet PCs und Laptops zur Anwendung. Digitale Bilder lassen sich einfügen und handschriftliche Skizzen und Berechnungen können über einen tragbaren Scanner geringen Gewichts in das System vor Ort eingegliedert werden. Alte Prüfberichte können eingescannt und archiviert werden, wodurch immer alle Unterlagen vor Ort dabei sind (Inspect t ech, 2004).

ELEMENT		Total Quantity	State 1	State 2	State 3	State 4	State 5
012	Concrete Deck (Bare) (EA)	1	1				
	<p>There are several hairline to 1/16" wide transverse cracks throughout the length of the deck. Several of these cracks continue into the curbs, sidewalks and parapets. Several 1/16" diagonal cracks are present at the southeast and</p>						
062	Reinforced Concrete Sidewalk (LF)	1055	1015	40			
	<p>The sidewalks have transverse hairline cracks that are a continuation of the cracks in the deck. There are hairline map cracks in the north sidewalk at the west abutment. The sidewalks have been repaired at the southwest and northwest</p>						
170	Exterior Steel Open Girder, Unpainted (LF)	886	846	40			
	<p>There is pitting rust along the bottom flanges. The condition is typical in all spans and more noticeable at the abutments.</p>						
171	Interior Steel Open Girder, Unpainted (LF)	2215	2205	10			
	<p>See Element 170.</p>						

Abbildung 12 Screenshot der Demo "Bridgelnspect Collector" (Abb. aus inspect t ech, 2006)

In der in Abbildung 12 gezeigten Oberfläche findet die Aufnahme der Schäden vor Ort statt. Dabei werden vor Beginn die Elemente definiert, die im grauen Teil mit einer Elementnummer ersichtlich sind. Direkt unter der

Bezeichnung des Elements können in einem weißen Textfeld Informationen eingegeben werden. Die Gesamtmenge des Elements wird im ersten Feld neben der Elementbezeichnung angegeben. Alle weiteren Felder dienen der Beschreibung des Zustandes. Dabei werden Kürzel aus einem definierten Katalog eingefügt und stellen so die Schäden an einem Element dar.

Die Software „BridgeInspect Manager“ bietet die statistische Aufbereitung und Archivierung der zuvor aufgenommenen Daten an.

• PONTIS von Aashto

Die Software liegt bereits in mehreren Versionen auf und dient dem Archivieren und der Organisation im Büro, sowie zur Analyse und Inspektion vor Ort. (Aashto, 2011). Aashto (American Association of State Highway Transportation Officials), der Hersteller von Pontis, ist eine Organisation, die im Zusammenhang mit der amerikanischen Regierung steht.

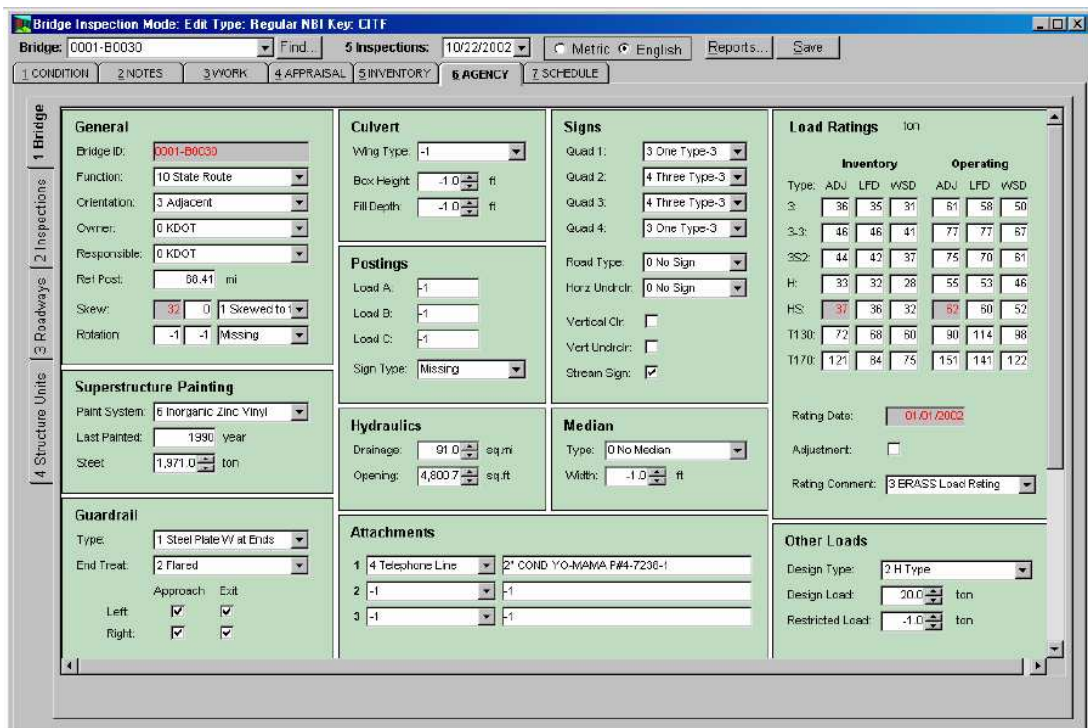


Abbildung 13 Oberfläche von Pontis im Überprüfungs-Modus (Abb. aus Robert W. E., Marshall A. R., Shepard R. W., Aldayuz J., 2002)

In oben gezeigter Maske von Pontis ist die Aufnahme der Schäden durchzuführen. Dafür sind Kürzel in vordefinierten Feldern einzugeben.

Zu folgenden bestehenden Softwareprodukten zur Brückenprüfung in den USA, konnte außer deren Existenz keine weitere Information gefunden werden.

- **BRIDGIT**
- **IBIIS von Trilon**
- **Inspection On Hand (IOH) von Trilon**

2.3.4. *In England*

- **BMX - Bridge Management eXpert**

Neben der Inspektion vor Ort können über Tablet PCs alle Brücken mit deren Informationen verwaltet werden. Weiters ermöglicht diese Software die Verwaltung von Fotoalben und weiteren Dokumenten. Ein ergänzendes Tool lässt Bilder bearbeiten und in den Prüfbericht einarbeiten. Per Mausklick lassen sich Diagramme und Grafiken der jeweiligen Brücke erstellen (Infrastructure Asset Management Ltd, 2009).

Über eine genaue Aufnahme von Schäden konnten keine Informationen gefunden werden.

(Infrastructure Asset Management Ltd, 2009).

2.4. Brückenprüfung nach RVS mit Software-Unterstützung

Die Spezifikation der Brückenprüfsoftware behandelt ausschließlich Betonbrücken. Bei Betrachtung der Statistik aus Abbildung 5 kann erkannt werden, dass damit flächenmäßig über ca. 85% aller bestehenden Brücken computerunterstützt überprüft werden können.

Im Hinblick auf die Verwendung des Systems soll die Software in zwei unterschiedliche Systeme eingeteilt werden. Diese würden aus der Office-Applikation (Arbeiten im Büro) und der Applikation für das mobile Gerät zur Aufnahme vor Ort bestehen. Die Arbeiten im Büro werden weiters in Vorarbeiten und in Nachbearbeitungen untergliedert. Statistische Abfragen sowie ein Export in andere Datenbanken könnten mit der Office-Applikation ermöglicht werden.

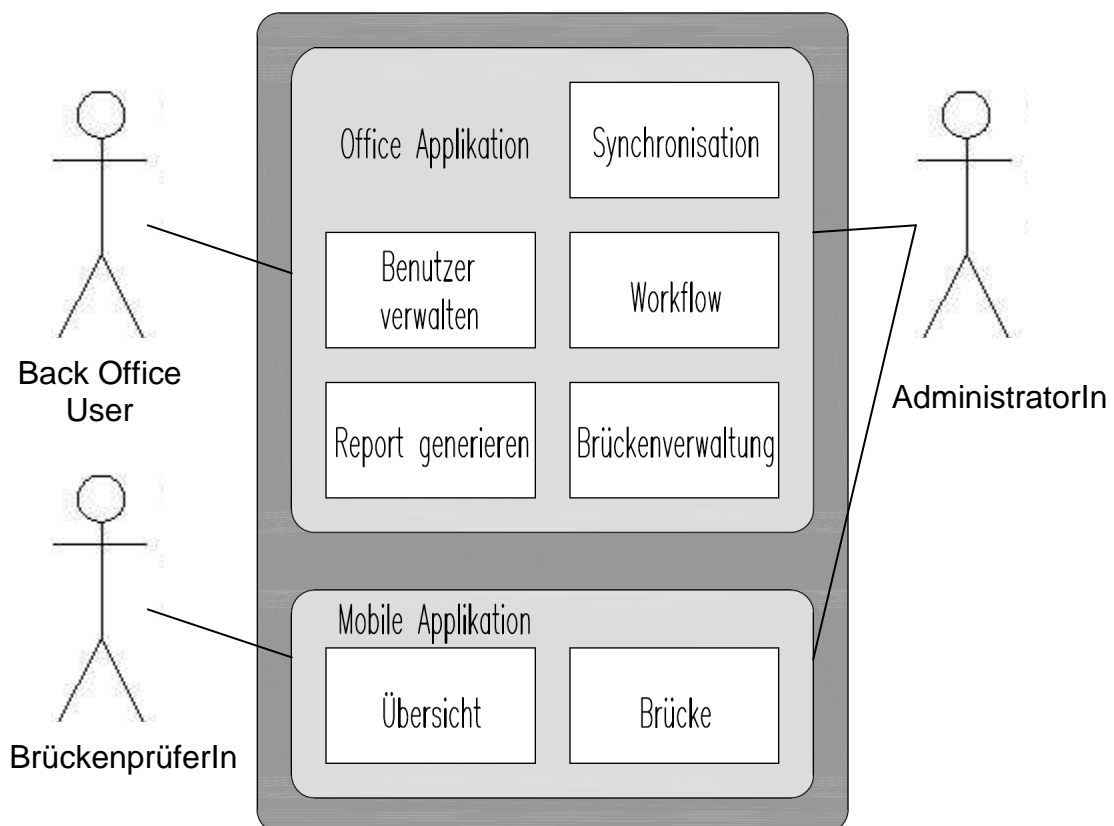


Abbildung 14 Übersichts-Use-Case-Diagramm des gesamten Softwaresystems

Die Struktur der Faktentabellen könnte nach dem folgenden Modell aufgebaut sein:

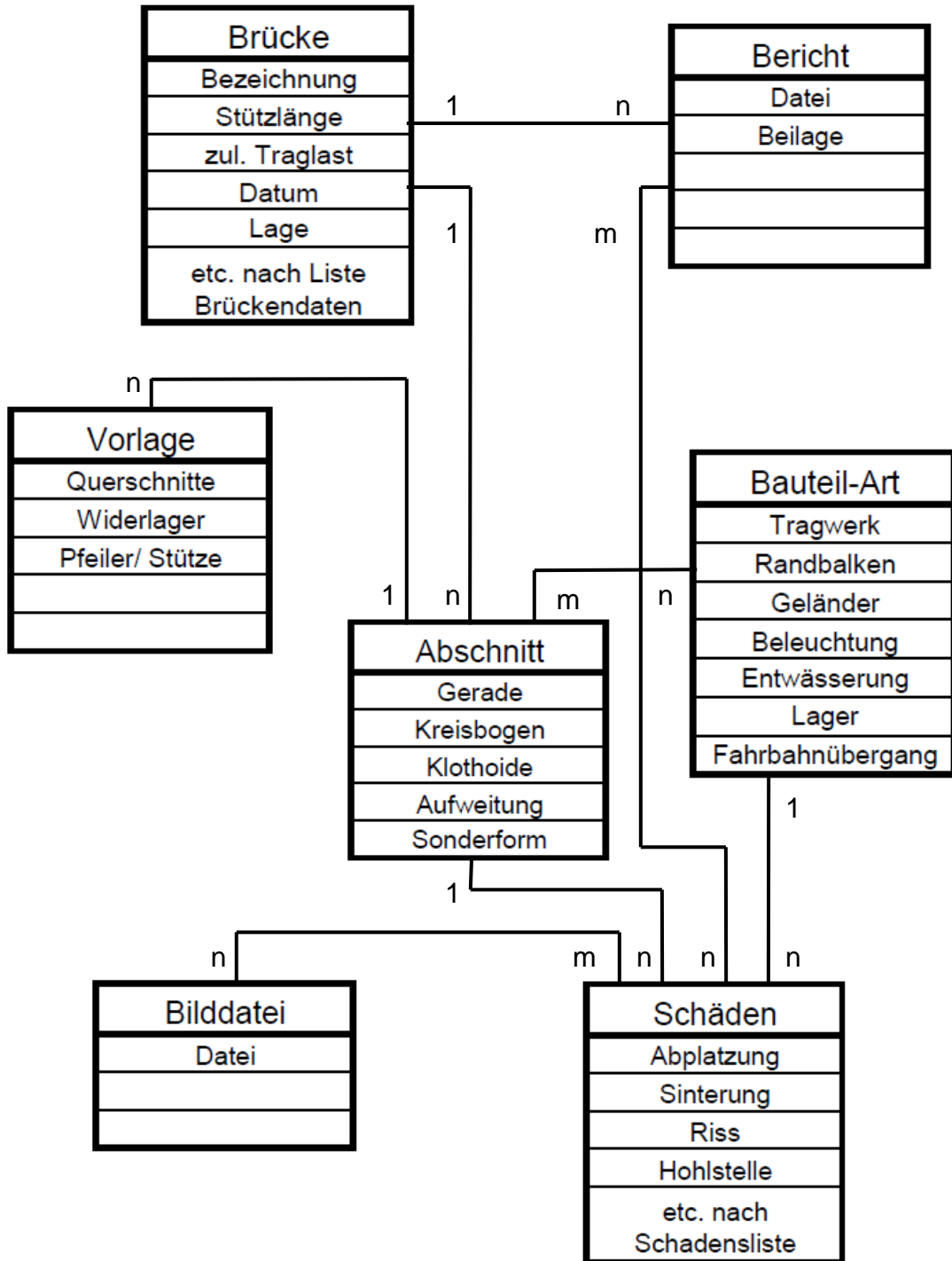


Abbildung 15 Modell der Datenbankstruktur

In Abbildung 15 ist ein Basis-Modell zur Datenhaltung aller Informationen von Brücken, die einer Prüfung unterzogen werden, ersichtlich. Jede Tabelle fasst Informationen zu einem Überbegriff zusammen. Die Abkürzungen der möglichen Grundformen (1:1, 1:n, n:m) von Beziehungen an den Verbindungslinien geben Aufschluss über den Zusammenhang der miteinander verbundenen Tabellen. Eine Beziehung 1:n, wie dies z.B. bei den Tabellenbezeichnungen - Brücke und Abschnitt ist, bedeutet, dass eine eindeutig definierte Brücke (1), n verschiedene Abschnitte in Form von Geraden, Kreisbögen, Klothoiden, Aufweitungen oder weiteren Sonderformen aufweisen kann. Zwischen Schäden und Bilddateien besteht eine n:m Verbindung. Das bedeutet, dass von einem definierten Schaden mehrere Bilder in der Datenbank bestehen können. Ebenso kann ein Bild, das mehrere Schäden beinhaltet in der Datenbank abgelegt und über Abfragen wieder gefunden werden.

In den folgenden Kapiteln 2.4.1 bis 2.4.3 wird die Umsetzung einer eigens entwickelten Software zur computerunterstützten Brückenprüfung beschrieben. Die Entwicklung der gezeigten „mobilen Applikation“ wurde mit Unterstützung von zwei Softwareentwicklern am iPad 2 durchgeführt.

Die in Kapitel 2.4 gezeigten Grafiken von Oberflächen einer Software wurden aus diesem Prototypen entnommen.

2.4.1. „Office-Applikation“ - Vorarbeiten

Bevor eine computerunterstützte Brückenprüfung vor Ort durchgeführt werden kann, sind Vorarbeiten über die Office Applikation im Büro erforderlich. Dabei wird von jedem zu untersuchenden Brückenbauwerk einmalig, über einfache Eingabeparameter, ein Modell des Brückenobjekts erstellt. Aus den jeweiligen Planunterlagen der zu prüfenden Brücke, in Form von digitalen Plänen oder Plänen in Papierform, werden die notwendigen Abmessungen herausgelesen und in vorgefertigte Schablonen (Templates) des Querschnitts eingetragen. Die exakte Aufbereitung der Querschnitts-

Schablonen ist im Kapitel 4.4 ersichtlich. Die Eingabe der Grundrissform und der Länge der Brücke erfolgt in Abschnitten (Feldern). In jeder Lagerachse wird das Ende eines Abschnitts definiert und ein neuer Abschnitt beginnt. Die Gliederung dieser Abschnitte beruht auf den angewendeten Ablauf von Brückenprüfungen, durch die klar erkennbaren Grenzen der Lagerachsen. Die bei der Eingabe zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen der Grundrissform und dessen Länge sind im Kapitel 4.5 aufbereitet. Die Brückenausrüstung wie z.B. die Brückenlager und die Fahrbahnübergänge werden aus einer eingerichteten Datenbank ausgewählt und dem aktuell zu erstellenden Brückenmodell lagemäßig zugeordnet. Diese Datenbank beinhaltet die gängigsten Typen und Prüfoptionen der Brückenlager und Fahrbahnübergängen.

Pfeiler werden analog wie Brückenquerschnitte über vorgefertigte Schablonen eingegeben. Gängige Widerlager können im Büro aus unterschiedlichen Schablonen ausgewählt und dem Modell des Brückenobjektes mit den entsprechenden Abmessungen hinzugefügt oder später vor Ort über die mobile Applikation frei definiert eingegeben werden.

Die Eingabe des Modells, wie sie gerade beschrieben wurde, ist für jede Brücke nur einmal durchzuführen. Bestehende Modelle werden bei einer bevorstehenden Brückenprüfung vom Server auf den verwendeten Tablet PC geladen.

Die Office-Applikation dient nicht ausschließlich zur Eingabe von Modellen wie oben beschrieben, sondern kann auch zur Unterstützung und Verwaltung der Brückendaten herangezogen werden. Über eine Historie der angelegten Brücken ist jeder Stand digitalisiert, übersichtlich geordnet, und schnell abrufbar. Dadurch erhält der Back-Office-User eine Übersicht über die ausstehenden Tätigkeiten. Ist eine Brücke in absehbarer Zeit zu prüfen, übergibt der Back-Office-User den Auftrag ein Bauwerk zu prüfen an den jeweiligen zuständigen BrückenprüferIn, indem er ihm/ihr die Berechtigung zum Zugriff auf die Daten der jeweiligen Brücke zulässt. Dem

BrückenprüferIn wird somit die Synchronisation der zu untersuchenden Brücke mit seinem/ihrer mobilen Gerät ermöglicht.

2.4.2. „Mobile Applikation“- Arbeiten vor Ort

Den Kern der mobilen Applikation stellt die Schadenserfassung von Betonbauwerken vor Ort dar. Nach erfolgreicher Übertragung des Letztstandes der Brückenprüfung oder Kontrolle und dem Brückenmodell, der zu untersuchenden Brücke auf das mobile Gerät, kann die Prüfung vor Ort beginnen.

Bei der Begehung wird dieser Letztstand durchgegangen und alle Fehlstellen aktualisiert oder bei der ersten Begehung im leeren Modell neu aufgenommen. Der jeweilige Status einer ursprünglichen Prüfung bleibt aber erhalten und ist nicht veränderbar.

Die Reihenfolge der Begehung kann beliebig, je nach Prüfordnung der jeweiligen Institution gewählt werden. Als Hilfestellung werden vollständig aufgenommene Bereiche und Bauteile (z.B. Brückenlager) gekennzeichnet. So erhält der/die BrückenprüferIn immer eine Übersicht, welche Teile der Brücke noch zu prüfen sind bzw. welche bereits abgeschlossen sind.

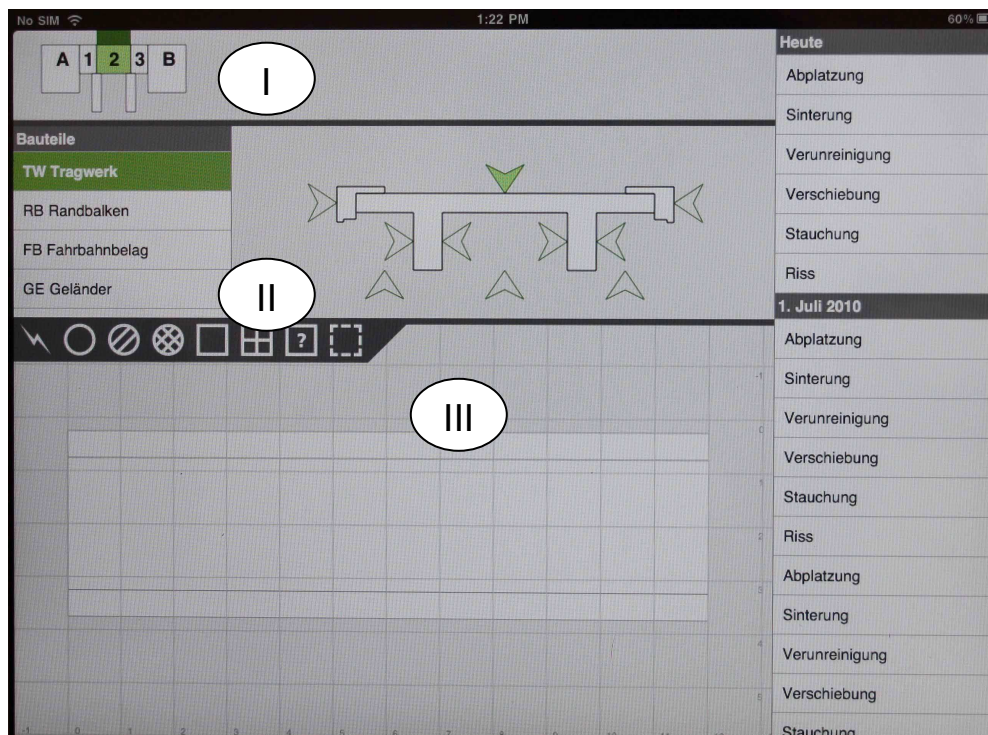


Abbildung 16 Übersicht des dreigeteilten Bildschirms der Schadensaufnahme

Das Display ist, wie in Abbildung 16 ersichtlich, während der Erfassung von Schäden in drei Bereiche unterteilt.

In Abbildung 17 wird der Bereich I des Displays genauer dargestellt, in dem eine qualitativ vereinfachte Seitenansicht der Brücke gezeigt wird. Je nach Bauwerk sind darin die entsprechenden Brückenfelder sichtbar. Neben den Feldern des Oberbaus (1-3) und der beiden Widerlager A und B werden auch vorhandene Pfeiler dargestellt.

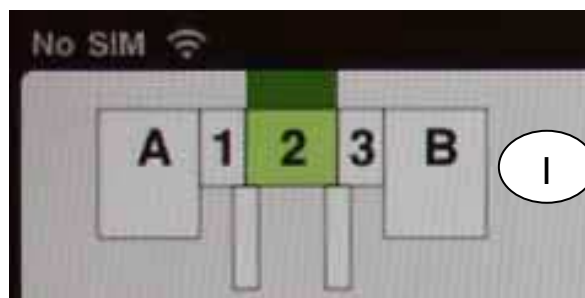


Abbildung 17 Bereich 1 - Die vereinfachte Ansicht einer Brücke (Teil eines Screenshots von Ponte-Verde 2011)

Jeder ersichtliche Bauteil der Brücke kann in diesem Fenster sehr einfach durch direktes Berühren (Touchscreen) ausgewählt werden. Der festgelegte Ausschnitt erscheint dann farblich hinterlegt. Im vorliegenden Beispiel in Abbildung 17 ist der Oberbau im Feld 2 ausgewählt und unterscheidet sich farblich von den anderen.

Zur besseren Orientierung vor Ort sind die Widerlager A und B nach der Kilometrierung der Straße von links nach rechts angeordnet. Das Widerlager B mit dem höheren Kilometermaß wird an der rechten Seite angeordnet.

Diese Unterscheidung muss bereits bei der Eingabe im Büro berücksichtigt werden.

In Abbildung 18 ist der Bereich II des Displays vergrößert dargestellt. Diese zeigt die zugehörige Querschnittsform, des in Bereich I ausgewählten Brückenbauteils. Bei einer Änderung der Auswahl in der Seitenansicht der Brücke aktualisiert sich die in Bereich II gezeigte Querschnittsform automatisch.

Das oben angeführte Beispiel zeigt einen vereinfacht dargestellten Plattenbalkenquerschnitt.

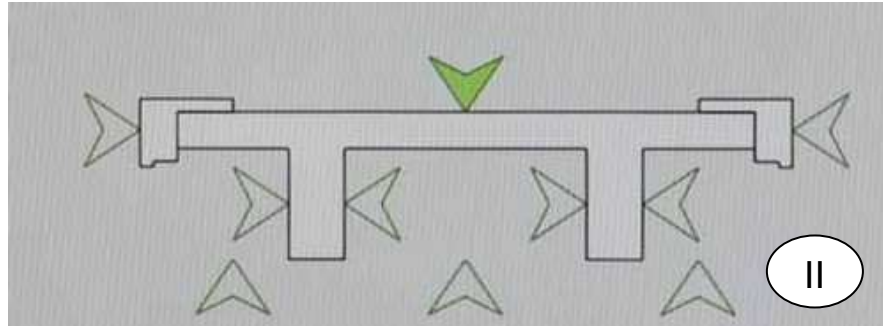


Abbildung 18 Bereich II - Darstellung eines vereinfachten Brückenquerschnitts (Ausschnitt des Screenshots von Ponte-Verde 2011)

Bei einer Auswahl des Unterbaues in Bereich I ist der Querschnitt von diesem, in Bereich II ersichtlich.

Zufolge der Auswahl eines Widerlagers, scheint je nach Ausführungsart eine Schablone in Form einer dreidimensionalen Übersichtsskizze (Abbildung 21) in Bereich II auf.

Auf jede Ansichtsfläche bzw. zu untersuchende Fläche der Grafik ist in Bereich II ein Pfeil gerichtet. Hier besteht die Möglichkeit, durch Anwählen (Touchscreen) eines Pfeiles die dazugehörige Ansichtsfläche zu markieren. Die jeweils angewählte Fläche über den farblich markierten Pfeil ist so immer erkennbar und wird in Bereich III automatisch angezeigt.

Abbildung 19 zeigt den Bereich III des Displays in dem die, in den beiden anderen Displayteilen definierte, abgewickelte Fläche angezeigt wird. Bei einer Änderung der Auswahl der Ansichtsfläche am Querschnitt (Bereich II des Displays), ändert sich die Abwicklungsfläche in Bereich III automatisch mit. Ebenso wird sich die abgewickelte Fläche sofort bei einer Veränderung des Feldes im Bereich I des Displays anpassen.

Zur Orientierung in der abgewickelten Fläche ist diese in Bereich III des Displays mit einem Raster hinterlegt, welcher sich nach dem jeweiligen

Zoomfaktor automatisch anpasst. Durch diesen Raster und der farblich hinterlegten Auswahl in Bereich I und II ist eine Orientierung möglich. Der zu überprüfende Bereich kann schnell gefunden und zur digitalen Schadenserfassung wie unten beschrieben herangezogen werden.

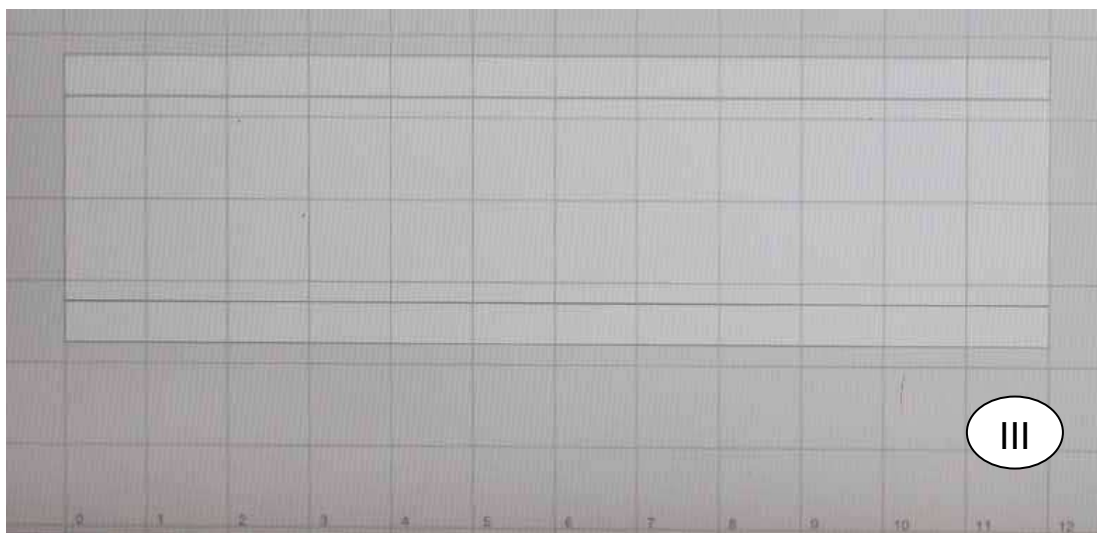


Abbildung 19 Bereich III - Umsetzung der Ansichtsfläche von oben zur Schadensaufnahme vor Ort (Ausschnitt Screenshot von Ponte Verde 2011)

Am allgemein dargestellten Beispiel ist in Abbildung 17 – „Feld zwei“ markiert. Im dazugehörigen Querschnitt in Abbildung 18 wurde über den Pfeil die „Ansicht von oben“ ausgewählt, die im Bereich III (Abbildung 19) gezeigt wird. In dieser Ansichtsfläche sind neben der Form und den dazugehörigen Abmessungen im Grundriss, die Randbalken über die gesamte Feldlänge ersichtlich. Über den Raster, der hier in Metern hinterlegt ist, kann eine Gesamtlänge von 12m des jeweiligen Feldes abgelesen werden. An dieser Fläche werden in weiterer Folge die Schäden lagerichtig eingetragen.

Die Aufnahme von Fehlstellen

Zur Aufnahme von Fehlstellen unterscheidet man zwei verschiedene Arten. Risse werden direkt am Display in der abgewickelten Fläche (Bereich III) über den Touchscreen in der jeweiligen Lage eingezeichnet. Dadurch erfasst man den Riss durch eine einzige Aktion qualitativ in seiner Lage, Neigung

und Länge. Die Rissweite muss zusätzlich in einem Fenster definiert und abschließend bestätigt werden.

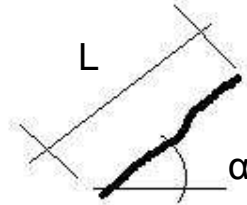


Abbildung 20 Parameter der Risseingabe

Ein späteres Abändern des Risses im Brückenmodell in seiner Lage und Neigung ist nicht möglich. Die Länge kann nach erneutem Anwählen des Risses verändert werden. Ist ein Fehler bei der Eingabe des Rissbildes passiert, muss dieser gelöscht und erneut eingegeben werden. So soll einem unbeabsichtigten Verschieben einer Fehlstelle vorgebeugt werden.

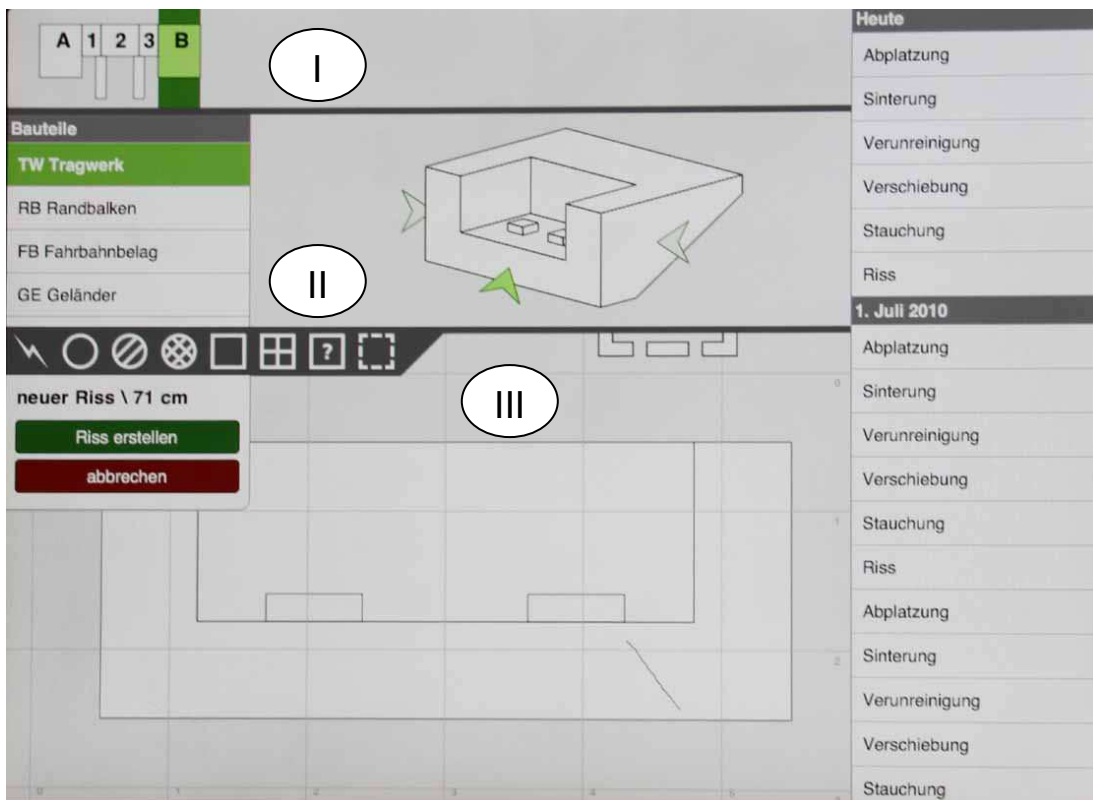


Abbildung 21 Umsetzung der Risseingabe am vereinfachten Widerlager (Screenshot von Ponte-Verde 2011)

In Abbildung 21 ist ein Beispiel der Risseingabe an der Widerlagermauer ersichtlich. Im obersten Bereich I erkennt man die aktuelle Auswahl, indem sich das Widerlager B farblich abhebt. Über die Bezeichnung B des Widerlagers kann als zusätzliche Information die Richtung der ansteigenden Kilometrierung festgestellt werden, die eine Basisinformation zur Orientierung darstellt. Im Bereich II ist die Widerlageransicht von vorne ausgewählt, in der ein Riss im untersten Abschnitt des Displays (Bereich III) dargestellt ist. Um sicherzugehen, dass nicht aus Versehen durch eine Berührung der abgewickelten Fläche ein Riss angelegt werden kann, ist die Eingabe in einem automatisch öffnenden Fenster mit „Riss erstellen“ zu bestätigen.

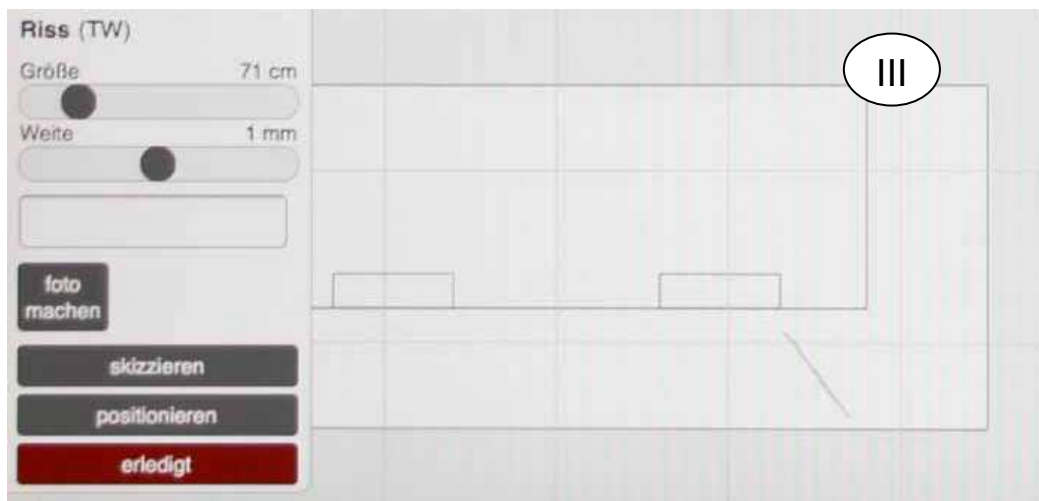


Abbildung 22 Eingabe der Rissdaten (Screenshot von Ponte-Verde 2011)

In der in Abbildung 22 gezeigten Umsetzung von Ponte Verde ist nach dem Bestätigen der Risseingabe die Eingabe von zusätzlichen Informationen wie z.B. Rissweite, Veränderung der bereits eingegebenen Länge, oder Zusatzinformation in Textform über den jeweiligen Riss erfolgt.

Zu jedem Schaden kann über „skizzieren“ eine Handskizze hinzugefügt werden.

Die zweite Art der Aufnahme von Fehlstellen (nach RVS – wie z.B. Feuchtstellen, Hohlstellen, Abplatzungen, etc.) zeigt Abbildung 23, die über

eine „Drag and Drop“-Funktion von sinngemäßen Symbolen (ein Vorschlag ist im Schadenskatalog in Tabelle 13 zusammengefasst), an der auftretenden Stelle im Modell durchgeführt wird.

Zusätzliche Informationen in Textform und, oder Abmessungen der z.B. Abplatzung können jedem Schaden hinzugefügt werden. Ein nachträgliches Korrigieren dieser Zusatzinformation ist jederzeit möglich.

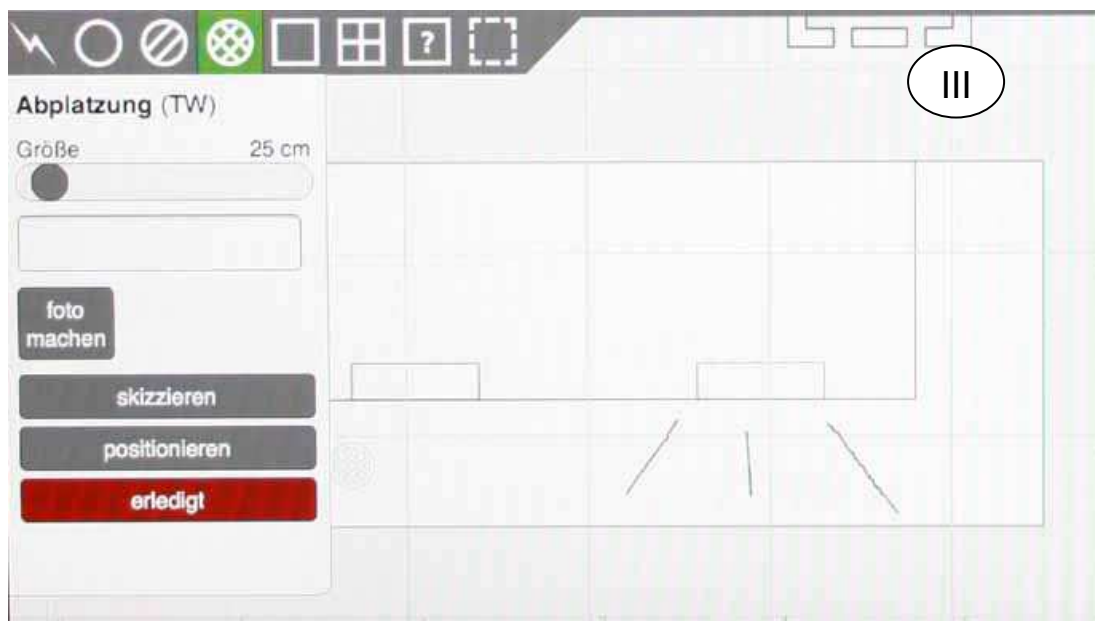


Abbildung 23 Umsetzung der Schadenseingabe durch "Drag and Drop" (Auszug eines Screenshots von Ponte-Verde)

In der in Abbildung 23 gezeigten Umsetzung sind über der Ansicht der abgewickelten Fläche verschiedene Symbole angeordnet. Jedes Symbol steht stellvertretend für eine Schadensart. Nach dem Ziehen und Loslassen („drag and drop“ – Funktion) des gewünschten Symbols, an der jeweiligen Stelle des Schadens, öffnet sich ein Fenster für zusätzliche Eingaben. Dabei können die Größe des Schadens und zusätzliche Textinformation dokumentiert werden.

Das Erstellen von Fotos

Fotos der Mängel werden mit der am Tablet PC eingebauten Kamera oder mit einer herkömmlichen Kamera gemacht. Eine wesentliche

Arbeitersparnis erfolgt durch die Benützung der internen Kamera, da keine zusätzliche Verlinkung der Fotos gemacht werden muss.

In der in Abbildung 23 ersichtlichen Umsetzung von Bereich III öffnet sich nach der Auswahl eines Schadens ein Fenster zur Eingabe von zusätzlicher Information, indem das Feld „Foto machen“ gezeigt wird. Nach dem Anwählen dieses Buttons und dem Erstellen eines Bildes wird dieses automatisch mit dem jeweiligen Schaden verknüpft.

Die Eingabe von frei definierten Flächen

Über eine zusätzliche Funktion werden angrenzende Flächen, die nicht mit dem Modell abgedeckt werden, individuell definiert am Tablet-Computer vor Ort eingegeben. An dieser erstellten Fläche ist in weiterer Folge eine Schadensaufnahme nach dem Schadenskatalog durchführbar.

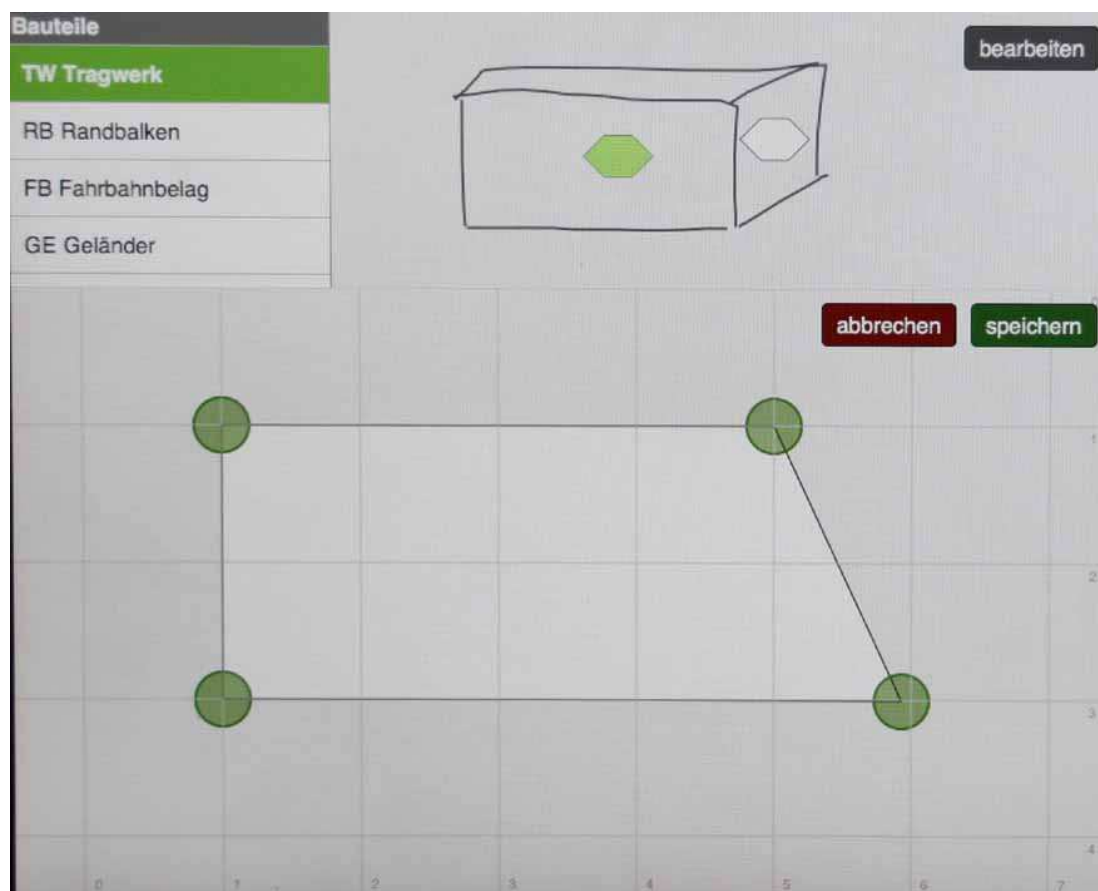


Abbildung 24 Umsetzung von Ponte-Verde zur Eingabe frei definierbarer Flächen (Screenshot von Ponte-Verde)

In Abbildung 24 erkennt man im oberen Bereich eine Handskizze, in der über hexagonale Symbole in diesem Fall zwei Flächen definiert wurden. Nach dem Anwählen eines dieser beiden Sechsecke, öffnet sich darunter die abgewinkelte Fläche als Viereck, bei dem jede Ecke mit einem grün hinterlegten Kreis dargestellt wird. Die Abmessungen können durch Verschieben der markierten Ecken unter Berücksichtigung des hinterlegten Rasters exakt verändert werden. Erst nach dem Speichern dieser Ansichtsfläche ist eine Schadensaufnahme möglich.

Die Schadensaufnahme der Brückenausrüstung

Nach der Auswahl des jeweiligen Typs der Brückenausrüstung (Fahrbahnübergang oder Brückenlager) aus der Datenbank in der Office Applikation, wird der Brückenprüfer in der mobilen Applikation durch die erforderlichen Prüfoptionen geführt.

Dabei erfolgt die Eingabe der Parameter über eine eigens vorgesehene Oberfläche, in der Typenblätter integriert sind.

So können auftretende Verformungen eingetragen und mit zulässigen Verformungen verglichen werden, so erfolgt sofort eine Beurteilung.

Durch diese Vorgangsweise erhält der Brückenprüfer die Sicherheit den entsprechenden Teil der Brückenausrüstung ordnungsgemäß geprüft zu haben.

2.4.3. „Office-Applikation“- Nachbearbeitung im Büro

Nach Beendigung der Prüfung oder der Kontrolle vor Ort werden die gesammelten Daten gespeichert. Bei einem mobilen Gerät mit 3G-Verbindung können die Daten über eine gesicherte Internetverbindung auf den Server übertragen werden. Alternativ können die Daten auch im Büro mit der Office-Applikation synchronisiert werden.

Im Büro gibt es die Möglichkeit der Nachbearbeitung, in der alle Bewertungen der einzelnen Bauteile und eingegebenen Schäden verändert werden können. Zusätzlich gemachte Fotos können ergänzt bzw. bereits hinzugefügte und nicht benötigte Fotos im Nachhinein gelöscht werden. Alle Daten die im Protokoll ausgegeben werden, können individuell angepasst werden. So kann über jedes einzelne Foto entschieden werden, ob es im Bericht ersichtlich sein soll oder nur mit allen anderen Informationen im Archiv abgelegt wird.

Zusätzliche Messprotokolle von Externen, wie z.B. die Verhaimungsmessung kann in der Office Applikation hinzugefügt werden. Wird die Lage der Messpunkte auf der Brücke vom Brückenprüfer selber bestimmt kann dies direkt vor Ort in der mobilen Applikation eingegeben werden.

Einen weiteren Kern der Software soll neben der digitalen Schadenserfassung die automatisierte graphische Schadensdokumentation (Rissbildplan) darstellen.

Den großen Vorteil stellt der Wegfall der Einarbeitung der handschriftlichen Skizzen in einen Plan der Schadensdokumentation. Auch die Suche im Archiv nach älteren Prüfberichten könnte über den digitalisierten Zustand des gesamten Brückenbestands wegfallen.

Eine Arbeitserleichterung ergibt sich bei Benutzung der integrierten Kamera durch den Wegfall der Zuordnung der Fotos zu dem jeweiligen Schaden.

Über die abrufbare Statistik der Daten erhält der Brückenprüfer eine zusätzliche Möglichkeit von einem untersuchten Bauwerk alle „Laufmeter Risse Gesamt“ oder z.B. „Quadratmeter Abplatzungen Gesamt“ anzeigen zu lassen. Diese Daten können dann die Basis für eine etwaige Ausschreibung einer Sanierung bilden und eine Massenermittlung ersetzen.

Auch der Export in eine Datenbank wie z.B. der bestehenden BAUT wird unkompliziert möglich sein. Das Ausdrucksprotokoll als Befund kann bei der Nachbearbeitung im Büro individuell angepasst und ergänzt werden.

Um vor möglichen Fehlern vorzubeugen, soll ein gewisser Workflow die Back-Office-Arbeit unterstützen.

2.4.4. Resümee der Brückenprüfsoftware

- Ziel wertvoll unterstützen, viel Information über ein Bauwerk zu erlangen
- Verkürzung der Nachbearbeitungszeit
- Leitfaden zur Brückenprüfung nach RVS
- Vereinheitlichung der Brückenprüfung nach RVS
- Planliche Darstellung der Mängel ohne zusätzlichen Aufwand, stellt eine qualitative Verbesserung dar
- Statistik der Schäden (Automatisierte Massenermittlung für eine etwaige Ausschreibung)
- Export in eine Datenbank (z.B. BAUT)
- Schadenshistorie bei einer Begehung immer dabei und abrufbar (vorhergehende Prüfungen Voraussetzung)
- durch intuitive Bedienung kaum Einarbeitungszeit
- Verwendung der neuesten Technologien
- Individualität beim Prüfen bleibt erhalten
- Unabhängig Flächen prüfen (Stützmauern) durch die freie Definition
- Geringerer Aufwand bei folgenden Prüfungen und Kontrollen

3. Hardware

Die rasante Entwicklung der Informations-Technologie-Branche erfordert entscheidende Überlegungen, um nicht auf ein auslaufendes System zu setzen. Deshalb sollte man vor Beginn eingrenzen, für welche Hardware man sich entscheidet und welches Betriebssystem damit unterstützt wird.

Unabhängig vom **Betriebssystem** wird eine Hardware gesucht, die die Benützung im Freien unter den äußeren **Umwelteinflüssen** gewährleistet. Brückenprüfungen werden in der Regel nicht im Winter durchgeführt. Ein leichter Regen jedoch darf die Brückenprüfung nicht beeinflussen. **Betriebstemperaturen** um die 0°C dürfen für die Hardware kein Problem darstellen.

Eine brauchbare **Displaygröße** ist unbedingt erforderlich. Durch die gewollte graphische Schadensaufnahme wurde ein Display ab einer Größe von 9“ als Kriterium gewählt. Eine Bedienung im direkten **Sonnenlicht** stellt eine weitere Voraussetzung dar.

Um den Prüfer aus Sicherheitsgründen das Verwenden beider Hände zu ermöglichen ist ein **Tragegurt**, der eventuell auch zum Schutz des Gerätes beitragen kann, erforderlich.

Die **Leistungsfähigkeit des Prozessors** muss ausreichend sein, um eine uneingeschränkte Bedienung sicherzustellen. Ebenso muss eine Schnittstelle den Austausch zwischen dem mobilen Gerät und einem PC oder Notebook im Büro ermöglichen.

Die **Akkuleistung** muss für einen ganzen Arbeitstag ausreichen. Ein Wechselakku oder ein Zusatzakku kann als Unterstützung dienen. Bei einem Ausfall der Stromzufuhr über den Akku dürfen die eingegebenen Daten nicht verloren gehen.

Im Zuge einer Brückenprüfung ist eine ausführliche Fotodokumentation durchzuführen, somit stellt die **integrierte Kamera** eine Voraussetzung für die Hardware dar.

Über eine **3G Verbindung** könnten die Daten ohne weitere Zeitverzögerung direkt vor Ort auf einen Server hochgeladen werden. Eine weitere Bearbeitung mit der Office-Applikation kann in diesem Fall im Büro sofort begonnen werden.

Durch die aktuelle Entwicklung der Tablet-Computer wurde eine Möglichkeit geschaffen, ohne zusätzliche Eingabegeräte eine einfache Bedienung zu ermöglichen. Dabei setzen sämtliche Anbieter auf intuitive Bedienung anhand eines Touchscreens und reduzieren dadurch komplizierte Menüführungen über kleine Tasten auf portablen Geräten.

Für den Einsatz bei einer Brückenprüfung wurde eine Liste verwendbarer Hardware hauptsächlich unter Berücksichtigung der Tablet-Computer zusammengestellt:

- Acturion – Durios DT390



Abbildung 25 Outdoor Tablet: Acturion –Durios DT390 (Abb. aus Acturion, 2011)

Wie aus dem Datenblatt des Tablet Durios DT390 von Acturion entnommen werden kann, verfügt dieser über einen Intel Atom Prozessor mit 1,6GHz und einen Arbeitsspeicher von 1-2GB. Die Displaygröße beträgt 8,9“ und entspricht also den vorher gesetzten Kriterien. Ein externer Akku ist ansteckbar und das Gerät ist wasser- und staub- sowie stoss- und sturzfest. Die Betriebstemperatur wird von 0°C– 40°C angegeben (Acturion, 2011). Die Richtlinie für die Kosten eines Geräts liegt bei ca. € 1.793,-- (Liese P, 2011). Die Firma Acturion bietet noch ein leistungsfähigeres Gerät, den DURIOS T10 Ultimate, an. Ende 2008 konnte dafür ein Preis von ca. € 4.225,-- erfasst werden (Acturion, 2008).

- Logic Instrument – TETRA iX104 C5



Abbildung 26 Outdoor Tablet: Logic Instrument - TETRA iX104 C5 (Abb. aus Logic Instrument Deutschland, 2011)

Von der Firma Logic Instrument gibt es zwei verschiedene Ausführungen. Da die leistungsschwächere Version ein sehr viel kleineres Display aufweist, wurde diese leistungsstärkere Hardware gewählt. Beim Prozessor handelt es sich um einen Intel Core i7 620UE. Der Arbeitsspeicher ist wählbar zwischen

2GB – 8GB (DD3). Das Display ist mit 10,4“ groß und im Sonnenlicht lesbar. Das Tablet ist im laufenden Betrieb nach Angaben des Herstellers in Wasser eintauchbar und überlebt 26 Stürze aus 1,22m Höhe freien Fall auf einen Betonboden. Die Einsatztemperatur wurde mit -20°C bis +60°C angegeben. Die Kosten für dieses Gerät wurden nicht angegeben (Logic Instrument, 2011).

- Apple – Ipad2



Abbildung 27 Tablet: Apple - Ipad2 (Abb. aus Apple Inc. 2011)

Stellvertretend für alle normalen (nicht speziellen Outdoor- Geräte) ist hier als Vorreiter das Ipad2 von Apple angeführt. Die Leistung und die Größe des Displays wären ausreichend. Zusätzlich wären eine Kamera und eine 3G Verbindung verwendbar. Die Betriebstemperatur wird vom Hersteller mit 0°C bis 35°C angegeben. Die Stoßfestigkeit sowie die Sichtbarkeit des Displays könnten jedoch ein Problem darstellen. Preislich ist das Ipad2 klar unter den Outdoor- Geräten angesiedelt.

Um dieses Gerät baustellentauglich zu machen, sind ein paar zusätzliche Tools notwendig. Einerseits werden ähnlich einem Feldbuchrahmen

Tragegurte diagonal an der Rückseite des Gerätes befestigt. Dadurch kann das Gerät sehr gut vor dem Körper platziert werden. Eine Bedienung bei einer möglichen Brückenprüfung ist dadurch sehr gut möglich. Durch einen solchen Tragegurt wären auch beide Hände frei und die Sicherheit beim Begehen von Leitern gewährleistet.

Zusätzlich zu den Tragegurten ist eine Art Schutzhülle vor Stößen anzubringen. Stöße können so abgefangen werden, um das Gerät nicht zu beschädigen.

Für den Einsatz im Sonnenlicht werden verschiedene mattierte Folien angeboten, die auch einen Schutz für das Display darstellen.

Die Akkulaufzeit kann bei diesem Gerät über einen externen Akku verlängert werden.

Die oben angeführten Produkte wurden frei nach Belieben gewählt. Es gibt noch eine Vielzahl von anderen Produkten:

- Ads tec – TT13
- Panasonic – CF-H2
- Twinhead - Durabook T7M
- Dell - Latitude XT2 XFR
- etc.

4. Computerunterstützte Schadenserfassung an Brücken - Spezifikation

4.1. Begriffserklärungen- Schadenskatalog

Begriffe

Abnutzung

„Zustandsveränderung des Bauwerks zufolge chemischer oder physikalischer Einwirkungen, beeinflusst durch sachgerechte Erhaltung“ (Eichinger-Vill, 2010).

Alterung

„Veränderung der physikalischen und chemischen Kennwerte eines Materials im Laufe seiner Lebensdauer“ (Eichinger-Vill, 2010).

Angriffe auf Stahlbeton aus physikalischer Art

„Wärme, Frost, Temperaturwechsel, Feuchte, Wasserdampf, Schlagregen, Kondenswasser, Wind, UV-Strahlung“ (Eichinger-Vill, 2010).

Angriffe auf Stahlbeton aus chemischer Art

„Säuren, Laugen, Salzlösungen, Lösemittel, Öle, Fette, Abgase,...“ (Eichinger-Vill, 2010).

Angriffe auf Stahlbeton aus biologischer Art

„Mikroorganismen, Alge, Pilze...“ (Eichinger-Vill E. M., 2010).

Dauerhaftigkeit

„Anforderung an das Bauwerk, um über den geplanten Nutzungszeitraum die Tragfähigkeit und die Gebrauchseigenschaften sicherzustellen“ (RVS 13.03.11).

Gebrauchstauglichkeit

„Eignung eines Bauwerks oder Bauteils für einen bestimmungsgemäßen Verwendungszweck, die auf...Gebrauchseigenschaften beruht und deren Bedeutung sich aus individuellen Bedürfnissen ableitet“ (RVS 13.03.11).

Tragfähigkeit

Beschreibt die theoretisch maximale Belastbarkeit eines Bauwerks oder Bauteils.

Verkehrssicherheit

Stellt eine Eigenschaft des Verkehrsbauwerks dar und beschreibt die Sicherheit für Verkehrsteilnehmer bei der Benutzung (RVS 13.03.11).

Zuverlässigkeit

Unter Zuverlässigkeit versteht man die Eigenschaft eines Bauwerks in Bezug auf Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit (RVS 13.03.11).

Oberbau/ Unterbau

Der Oberbau durch die Brückenlagerebene sichtbar vom Unterbau getrennt (Hegger J., 1997).

Unterbau

Darunter versteht man Bauteile wie Widerlager und Brückenpfeiler, die die Lastabtragung, ausgehend von der Brückenlagerebene bis zum Fundament, übernehmen (Hegger J., 1997).

Überbau

Darunter versteht man das Tragwerk einer Brücke (RVS 13.03.11).

Brückenausrüstung

Alle weiteren Bauteile, die nicht dem Über- und Unterbau zuzuordnen sind, werden als Brückenausrüstung bezeichnet. Dabei handelt es sich um Lager, Fahrbahnübergang, Abdichtung, Entwässerung, Randbalken und sonstige Ausrüstung.

Sonstige Ausrüstung

Als Unterbegriff der Brückenausrüstung versteht man „Geländer, Fahrzeugrückhaltesysteme, Lärmschutzeinrichtungen, Spritzschutz, Abwurfsicherungen, Beleuchtung, Leitungen, allgemeine Verkehrszeichen, objektbezogene Verkehrszeichen (z.B. Lichtraum, Gewichtsbeschränkung) usw.“ (RVS 13.03.11).

Passivierung

Unlegierte Stähle bilden unter gewissen Bedingungen, so auch im Porenwasser des Betons, eine dichte nichtmetallische Schutzschicht aus. Dieser Korrosionsschutz wird als Passivierung bezeichnet (Eichinger Vill E. M. 2010).

Chloridisierung

Aus Wasserstoffionen und Chloriden bildet sich Salzsäure, die eine Passivierung des Baustahls aufhebt. Die Voraussetzung bilden häufige Wechsel des Feuchtgehalts und Frost- sowie Tauwechsel.

Durch das Eintreten von Wasser in Betonporen und dem anschließenden Austrocknen bleiben Chloride (vorher im Wasser gelöst) als Rückstände im Beton zurück und bilden so die Basis für eine Chloridisierung. Durch die Porosität des Betons kann eine Chloridisierung begünstigt werden. Weitere Einflussfaktoren sind die Alkalität und Zementart sowie die Nachbehandlung und die Betondeckung (Eichinger Vill E. M. 2010).

Karbonatisierung

Das in der Atemluft vorkommende Kohlendioxid reagiert mit Porenwasser des Betons (Wasser und Kalziumhydroxid) zu Kalziumkarbonat und Wasser. Dadurch wird der pH-Wert gesenkt. Eine Karbonatisierung findet grundsätzlich an ungeschützten Betonbauwerken immer statt und schadet dem Beton selbst nicht. Es wird dadurch die Druckfestigkeit in den entsprechenden Bereichen an der Oberfläche erhöht, was Rückprallhammerprüfungen bedeutungslos macht. Der Fortschritt der Karbonatisierung (die Karbonatisierungsfront) ist sehr gut messbar. Mit fortschreitender Karbonatisierung erreicht diese den Baustahl und ist dann für eine Depassivierung des Baustahls verantwortlich. Es kommt zu einer Korrosion des Stahls.

Eine Karbonatisierung findet nur bei einer Luftfeuchtigkeit zwischen 30% und 70% statt. Unter 30% fehlt das Wasser zur Reaktion und über 70% ist keine CO₂-Diffusion mehr möglich (Eichinger Vill E. M. 2010).

Verhaimungsmessung

Stellt die Aufnahme eines Vermessers von Messpunkten in einem Raster an der Fahrbahnoberkante dar. Dadurch können Beurteilungen in Bezug auf Verformungen stattfinden.

Allgemeine Bauteilbezeichnungen- und Abstandsdefinitionen sind den folgenden beiden Abbildungen zu entnehmen.

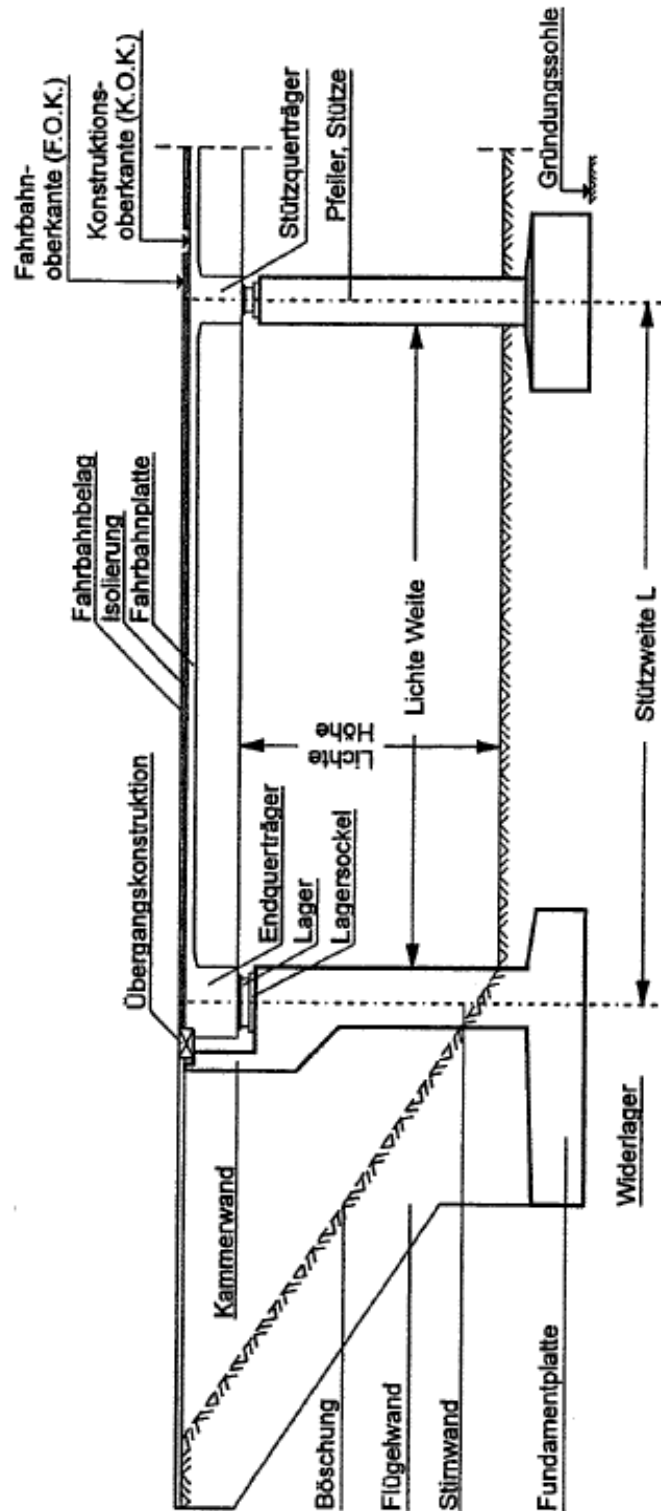


Abbildung 28 Bezeichnungen anhand eines Brückenlängsschnitts (Abb. aus Hegger J. 1997)

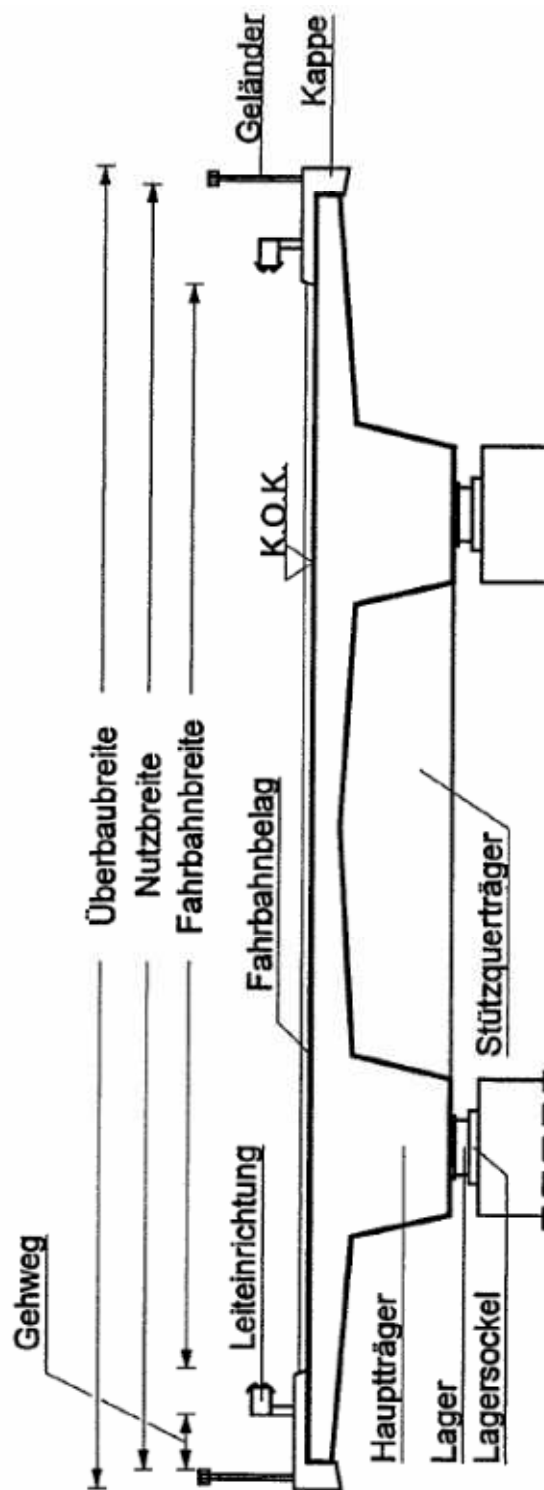


Abbildung 29 Bezeichnungen anhand eines Brückenquerschnitts (Abb. aus Hegger J. 1997)

4.2. Praxisbezogene Abkürzungen

Bereits verwendete Arbeitsmuster in der mehrjährigen Erfahrung von Brückenprüfern sollten bestmöglich weiterverwendet werden. Aus diesem Grund werden in der Praxis geläufige Abkürzungen übernommen. Die abgewickelten Flächen werden im Abschlussbericht mit diesen Abkürzungen dargestellt. Somit lässt sich eine gezeichnete, abgewickelte Fläche sehr schnell in dessen Lage einordnen.

Tabelle 4 Praxisbezogene Abkürzungen von Lage- und Abmessungsbeschreibungen (Prüfbericht Landesregierung Kärnten, 2001)

STW	Stützweite	OS	Oberseite	LW	Lichte Weite
US	Unterseite	LH	Lichte Höhe	i	Innenseite
KW	Kreuzungswinkel	a	Außenseite	FB	Fahrbahn
VERT	Vertikal	RFB	Richtungsfahrbahn	HOR	Horizontal
HP	Höhenfestpunkt	QU	Quer	OK	Oberkante
LGS	Längs	UK	Unterkante	r	rechts
l	links				

Tabelle 5 Praxisbezogene Abkürzungen von Bauteilen (Prüfbericht Landesregierung Kärnten, 2001)

TW	Tragwerk	HT	Hauptträger	FBP	Fahrbahnplatte
KP	Kragplatte	DP	Druckplatte	QT	Querträger
FQT	Feldquerträger	EQT	Endquerträger	STQT	Stützquerträger
WL	Widerlager	AB	Auflagerbalken	HM	Herdmauer
FM	Flügelmauer	STM	Stützmauer	WM	Wandmauer
PF	Pfeiler	KF	Koppelfuge	ARF	Arbeitsfuge
BA	Bauabschnitt	RB	Randbalken	LS	Leitschiene
LW	Leitwände	G	Geländer	LSW	Lärmschutzwand
KR	Kabelrohre	FBE	Fahrbahnentwässerung	AE	Oberkante
WLE	Widerlagerentwässerung	ÜK	Fahrbahnentwässerung	L	Lager
V	Voute				

Als Beispiel zur Verwendung der angeführten Abkürzungen ist hier die Ansicht eines Kastenquerschnitts mit den eingetragenen Kürzeln dargestellt.

Die Begriffe „links“ und „rechts“ setzen dabei eine Blickrichtung in Kilometrierung vor und sind damit bei jeder Brücke eindeutig definiert.

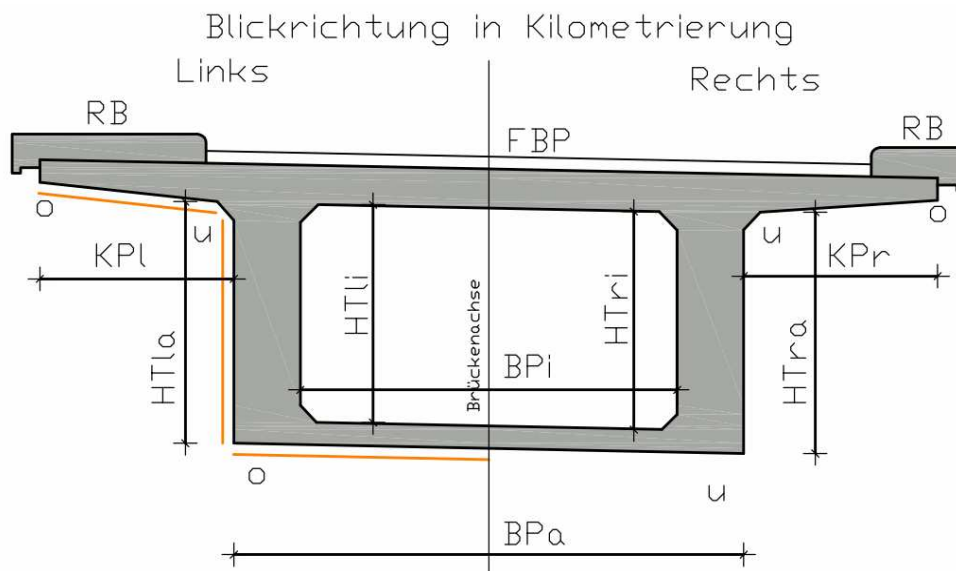


Abbildung 30 Abkürzungen anhand eines Kastenquerschnitts

4.3. Allgemeine Bauwerksdaten

Wie in Kapitel 2.4. beschrieben, sind zuerst in der Office Applikation die Brückendaten zu erfassen. Teilweise sollte es möglich sein, Informationen aus bestehenden Datenbanken zu übernehmen. Eine händische Nachbearbeitung der automatisch übernommenen Daten ist aber unerlässlich.

Die erforderlichen einzugebenden Brückendaten sind:

<u>Bezeichnung</u>	<u>Eingabeparameter/ Information</u>
Objektbezeichnung	Text: Bezeichnung der Brücke
Straßenzug	Straßenbezeichnung
Stationierung	[km] Kilometrierung des Straßenverlaufs
Art der Brücke	z.B. Autobahn-, Radfahrerbrücke
Brückennummer	eindeutige Zuordnung eines Objektes
Übersichtsfoto	Grafik
Gebietsleiter	Person
Projektleiter	Person
Brückenmeister	Person
Verwaltung	Politischer Verwaltungsbereich
Straßenmeisterei	zugehörige Straßenbetriebsdienst
System/ Art	z.B. Seilbrücken, Bogenbrücken, Einfeld-Plattenbalken, Dreifeld- Hohlkasten
Anzahl Felder	[n]
Material	z.B. Stahlbeton
Vorspannung	z.B. extern vorgespannt, keine Vorspannung...
Brückenbreite	[m] Abstand zwischen Brüstungen rechtwinkelig auf die Brückenachse messbar
Gesamtstützweite	[m] Abstand zwischen beiden Lagerachsen an den Widerlagern

<u>Bezeichnung</u>	<u>Eingabeparameter/ Information</u>
Einzelstützweiten	[m] Abstand zwischen zwei Lagerachsen
Lichte Durchfahrtshöhe	[m] Abstand zwischen Brückenunterkante und der Oberkante des darunterliegenden Geländes
Steigung	[%] Längsneigung der Fahrbahnoberkante
Querneigung	[%] Neigung im rechten Winkel auf die Brückenachse an der Fahrbahnoberkante
Bauwerkswinkel	[°] kleinster Winkel zwischen Auflagerachse und Brückenlängsachse
Baujahr	Jahr der Herstellung
Normbelastung	[t] höchste zulässige Belastung nach Norm
Belagsart	Material der Fahrbahnoberfläche Gesamtstützweite
Fläche	[m ²] Produkt aus Brückenbreite und
Brückenklasse	Einteilung nach ÖN4002
Letzte Prüfung	Datum der letzten Prüfung
Intervall der Prüfung	Prüfintervall nach RVS der jeweiligen Brücke
Letzte Kontrolle	Datum der zuletzt durchgeführten Kontrolle
Prüfer	Person
Zustandsklasse	Letzte Bewertung einer Prüfung

4.4. Oberbau - Elemente des Querschnitts

Zur Erfassung der verschiedenen Brückenquerschnittstypen wird in diesem Kapitel eine Einteilung nach RVS13.04.11 (Seite 13) gewählt.

Zur Abdeckung eines großen Spektrums an Brückentypen sind gängige Querschnitte im Bereich der reinen Stahlbetonbrücken angeführt.

4.4.1. Plattenquerschnitt

mit vollem Querschnitt:

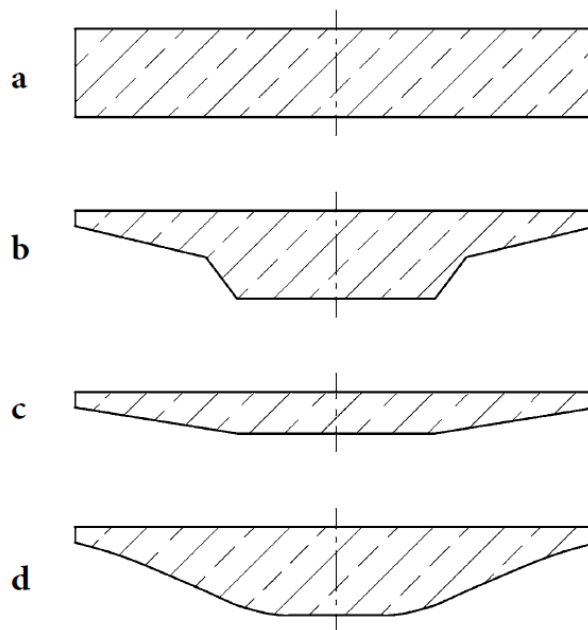


Abbildung 31 Ausführungsmöglichkeiten von Vollplatten
a mit ebener Untersicht, b, c Vollplatten mit Konsolen, d mit gekrümmter Untersicht

(Abb. aus Mehlhorn G., Handbuch Brücken 2010)

In der Abbildung 31 werden verschiedene Abwandlungen von Plattenquerschnitten dargestellt. Der Unterschied zu einer Balkenbrücke ist über die Abmessungen definiert und muss B/L (Breite/Länge bzw.

Stützweite) $>1/5$ übersteigen, da sonst keine Plattenwirkung mehr gegeben ist (Mehlhorn, 2010).

Der Schalungsaufwand pro m^3 Beton ist bei diesem Brückenquerschnitt eher gering, demgegenüber steht aber ein hoher Betonverbrauch (Kracke E. A., Lodde K. 2011).

mit Hohlkörpern:

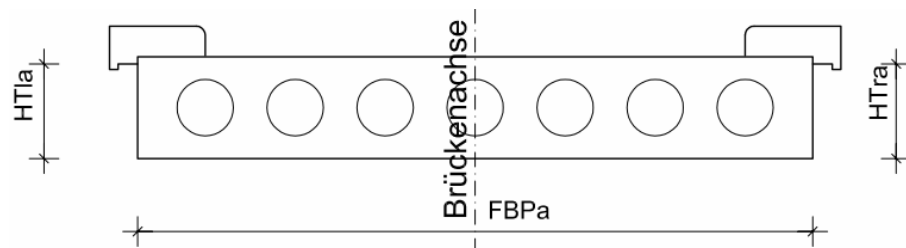


Abbildung 32 Beispiel für einen Brückenquerschnitt als Platte mit Hohlkörper

4.4.2. Plattenbalken

Bei einem Plattenbalken wird eine beliebige Anzahl an Balken, schubfest mit einem Plattenquerschnitt verbunden. Der einsteigige Plattenbalken kommt häufig bei Fußgängerbrücken oder Radwegbrücken zum Einsatz (Kracke E.-A., Lodde K., 2011).

Der am meisten Verwendung findende Querschnitt ist der zweistegige Plattenbalken, der vor allem bei Spannbetonbrücken sehr beliebt ist. Unter Berücksichtigung aller Betonbrücken ist der Anteil von Spannbetonbrücken mit ca.56% höher, gegenüber Stahlbetonbrücken mit schlaffer Bewehrung (ca.44%). Bei Plattenbalken ist ein Vorspannen in Längsrichtung, als auch in Querrichtung möglich. Ab Querschnittsbreiten von etwa 15 Metern finden mehrstegige Plattenbalken nach Kracke E.-A., Lodde K., (2011) Anwendung. Im Gegensatz dazu kommen in Italien des Öfteren mehrstegige Plattenbalkenbrücken mit sehr schlanken Balken zur Ausführung, bei denen eine Querschnittsbreite von 10 Metern unterschritten wird.

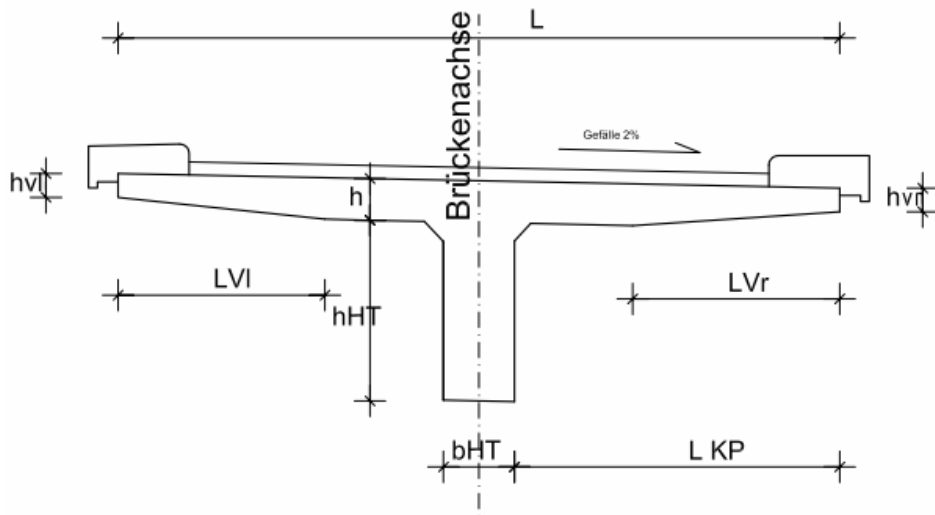


Abbildung 33 Beispiel Eingabeparameter eines Querschnitts als Plattenbalken mit einem vollwandigen Steg und voller Platte gevoutet

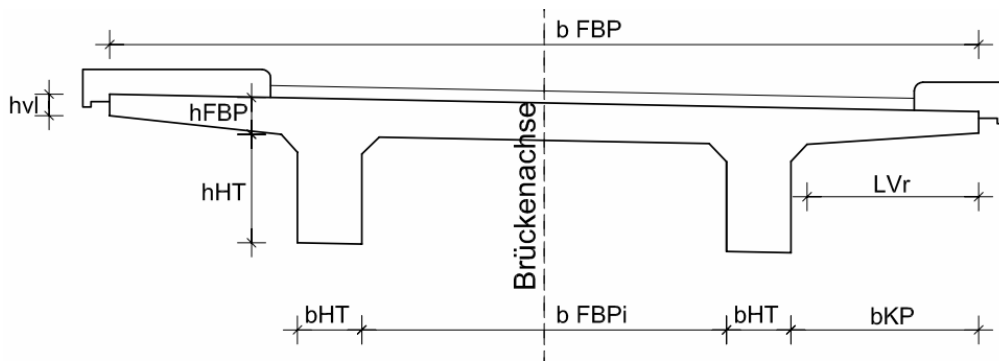


Abbildung 34 Beispiel Eingabeparameter eines Querschnitts als Plattenbalken mit zwei Stegen

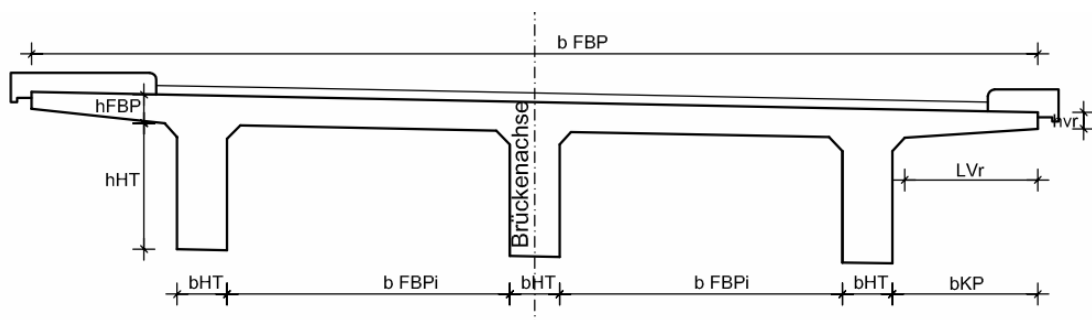


Abbildung 35 Beispiel Eingabeparameter eines Plattenbalken mit drei Stegen

4.4.3. Hohlkasten

Dieser Querschnitt unterscheidet sich vom Plattenbalken dadurch, dass dieser einen Hohlraum im Inneren aufweist. Der erhöhte Schalungsaufwand kann durch mehrfachen Einsatz der Schalung wettgemacht werden. Zusätzlich zeichnet sich der Querschnitt bei relativ geringer Betonquerschnittsfläche durch ein hohes Trägheitsmoment aus (Kracke E.-A., Lodde K., 2011). Konstruktiv unbedingt erforderlich ist die Begeh- bzw. Beschließbarkeit des Hohlraums im Inneren der Brücke. Kracke E.-A., Lodde K., (2011) halten fest, dass ab einer Querschnittsbreite von 15 Metern mehrzellige Hohlkästen zur Anwendung kommen. Hohlkästen haben gegenüber offenen Querschnitten (Platten-, Plattenbalken-, und Trogquerschnitt) einen Vorteil bei der Abtragung von Torsionsbelastungen.

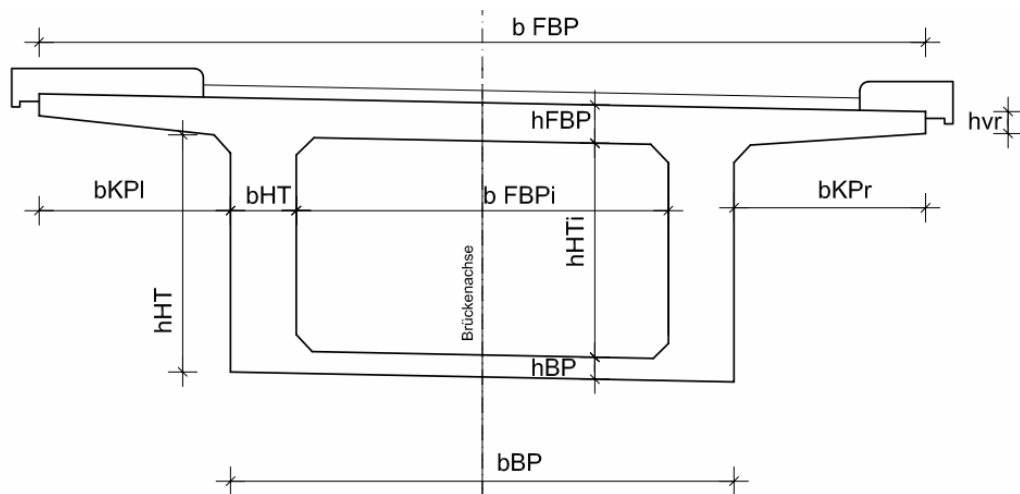


Abbildung 36 Beispiel Eingabeparameter einzelliger Hohlkasten

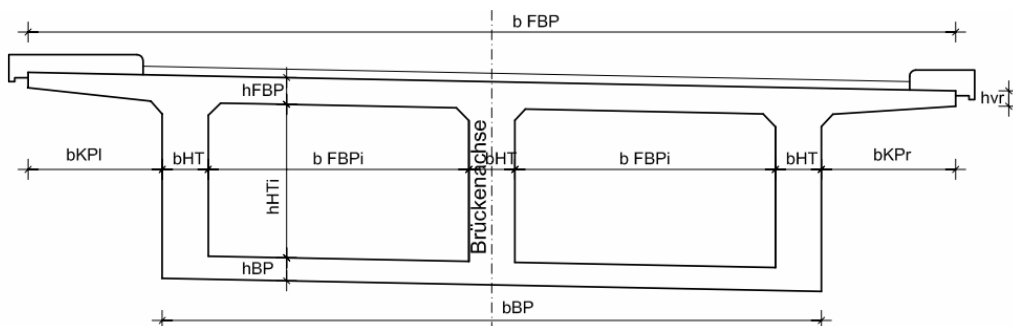


Abbildung 37 Beispiel Eingabeparameter zweizelliger Hohlkasten

4.4.4. Trogquerschnitt

Beim Trogquerschnitt liegt das Tragwerk oberhalb der Fahrbahnplatte. Der Vorteil dieses Querschnitts liegt in der geringeren Bauhöhe im Verhältnis zur Konstruktionshöhe (siehe Abbildung 38). Dies kommt bei der Vorgabe zur Einhaltung eines darunterliegenden Lichtraumprofils für Schiffe, Bahn oder anderen Fahrbahnen zu tragen (Kracke E.-A., Lodde K., 2011).

Dem hingegen setzt man dabei das Tragwerk dem direkten Verkehr aus, was eine zusätzliche Belastung in Form von möglichen Anprall-, Spritzwasser- und Tausalzangriffen usw. bedeutet.

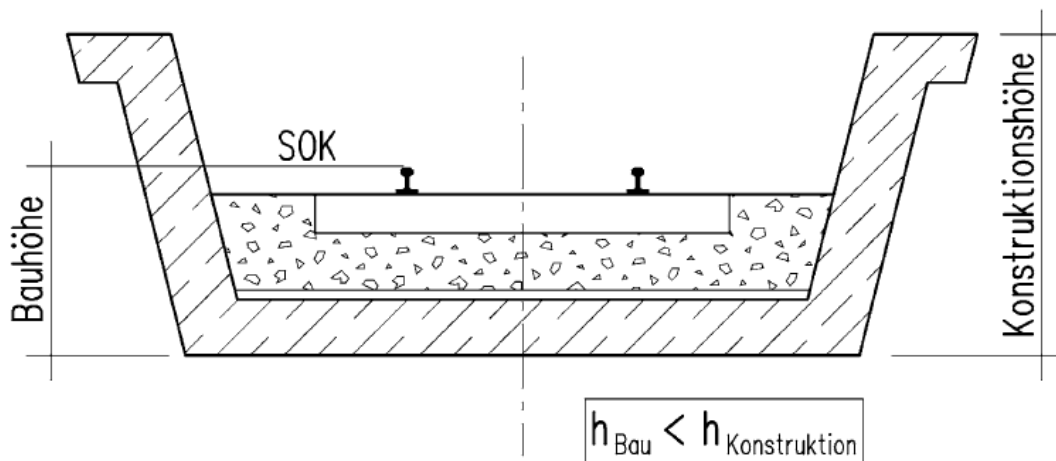


Abbildung 38 Beispiel eines Trogquerschnitts (Abb. aus Mehlhorn G. 2010)

4.5. Oberbau - Elemente des Grundrisses

Brücken unterliegen den allgemeinen Trassierungskriterien, die im Straßenbau üblich sind. Die Richtlinien dazu sind in der RVS 03.03.21 und RVS 03.03.23 festgehalten.

Diese Trassierungskriterien sind für die spätere Benutzbarkeit von enormer Wichtigkeit und gewährleisten die Befahrbarkeit sowie die Übersicht und die Begreifbarkeit der Strecke (Marauli A., 2007).

Die Elemente, die dies gewährleisten sollen, bilden im Grundriss die **Gerade**, der **Kreisbogen** und die **Klothoide**.



Abbildung 39 Die Gerade als Grundrisselement. (Skriptum Verkehr TU Graz, Teil 2- Trassierung, Seite 5)

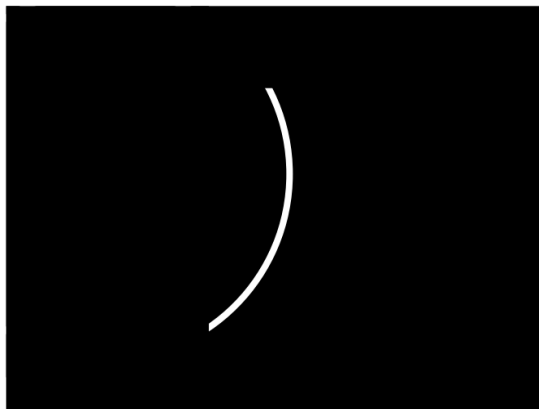


Abbildung 40 Der Kreisbogen als Grundrisselement. (Skriptum Verkehr TU Graz, Teil 2- Trassierung, Seite 5)

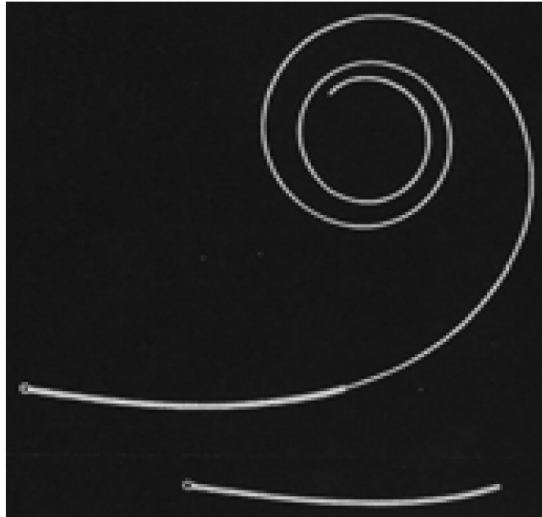


Abbildung 41 Der Übergangsbogen in Form einer Klothoide (Skriptum Verkehr TU Graz, Teil 2- Trassierung, Seite 5)

Die Trassierung einer Straße kann in diese drei Grundformen zurückgeführt werden. Um Krümmungssprünge zu vermeiden, ist eine Anordnung von Gerade und Kreisbogen nur durch Zwischenschalten einer Klothoide möglich. Als Anfangsstück ist die eigentliche Form der Klothoide als Spirale nicht erkennbar. Die Krümmung einer Klothoide ist der Kehrwert des Radius. Diese linear verlaufende Krümmung gewährleistet einen fließenden Verlauf ohne eine ruckartige Beschleunigung und ermöglicht dadurch einen gleichmäßigen Lenkeinschlag. Wie in Abbildung 47 gezeigt, passt die Klothoide z.B. eine Gerade an den folgenden Radius des Kreisbogens an (Hinterseher M., 1999).

Bei der Aneinanderreihung der Grundrisselemente muss auch auf weitere Kriterien, auf die hier nicht weiter eingegangen wird, wie z.B. Mindestlänge, Längsneigung, Querneigung und Ausrundungen von Kuppen, etc., Wert gelegt werden.

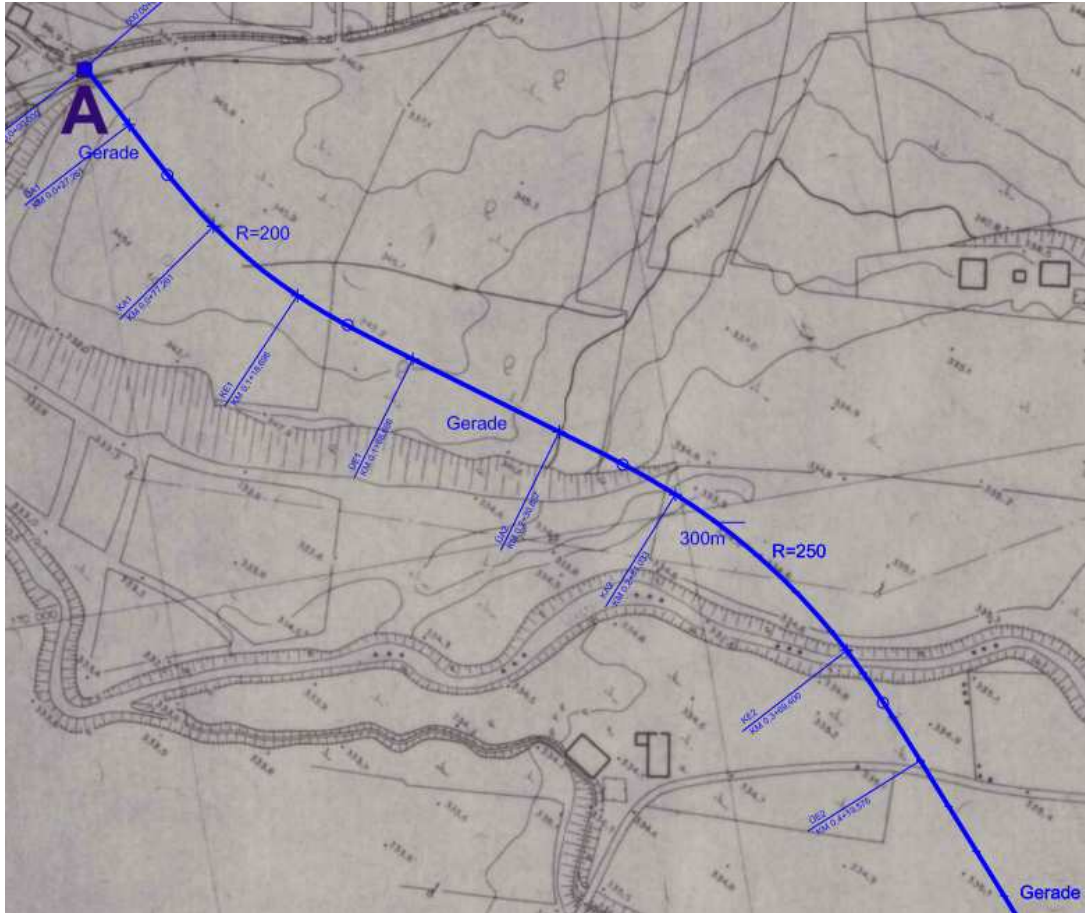


Abbildung 42 Trassierungsbeispiel - Anordnung der einzelnen Elemente

In Abbildung 42 ist ein Trassierungsbeispiel einer Straße ersichtlicht. Beginnend von Punkt A führt eine Gerade den Straßenverlauf entlang. Zwischen der Gerade und dem Kreisbogen, der mit einem Radius ($R=200\text{m}$) gekennzeichnet ist wurde eine Klothoide dazwischengeschaltet.

Neben den Elementen im Grundriss treten abgewandelte Strukturen wie Straßenverbreiterungen in Form von Aufweitungen auf, welche in jedem der einzelnen Bereiche liegen können.

Fahrbahnerweiterungen sind auf Brücken im Bereich von Klothoiden zwar generell zu vermeiden, jedoch kommen diese in der Praxis dennoch vor. Aufweitungen im Bereich von Bögen und Geraden kommen häufig vor.

4.6. Oberbau - Geometrische Aufbereitung

Die Brückenprüfsoftware ist in eine Office Applikation und in eine Applikation für die Prüfung vor Ort gegliedert. In der Office Applikation werden alle geometrischen und informativen Eingaben als vorbereitende Maßnahme zur Prüfung der jeweiligen Brücke durchgeführt.

Um eine graphische Schadensaufnahme zu ermöglichen, bedarf es der vorherigen Eingabe von projektbezogenen Daten (Abmessungen) im Querschnitt und im Grundriss innerhalb der Office Applikation.

Die Ansichtsflächen (Abwicklungsflächen) werden automatisch nach Eingabe der Grundriss- und Querschnittsabmessungen generiert, um nicht einzelne Zeichnungen (Abwicklungen) wie mit einem CAD-Programm erstellen zu müssen.

Dazu ist eine Vereinfachung der Grundrissform in der Brückendarstellung erforderlich, die durch Annäherung von Segmenten, bestehend aus der Form von Rechtecken bzw. unregelmäßigen Vierecken, umgesetzt wird. Das Resultat stellt eine qualitative Darstellung von Abwicklungen und Ansichten dar und ist keinesfalls mit einem Konstruktionsplan gleichzustellen. Jedoch ergeben sich daraus sehr gut verwendbare Oberflächen zum Dokumentieren und in weiterer Folge zum Lokalisieren von Schäden.

Wichtig für die Darstellung der abgewickelten Fläche ist der eindeutige Erkennungsgrad des Betrachters, d.h. die aufzunehmende Abwicklungsfläche vom Objekt ist vom Betrachter mit der vereinfachten Darstellung eindeutig erkennbar. Aus diesem Kriterium ergibt sich der Grad der Vereinfachung.

4.6.1. Eingabe des Grundrisselements

Da der Grundriss in Segmente unterteilt wird, ist am Beginn der Eingabe die jeweilige Segmentlänge zu definieren. Dieser Parameter bestimmt die Feingliedrigkeit der graphischen Annäherung. Bei einer geraden Brücke ist dieser Wert zu vernachlässigen, da bei einem einzigen Segment bereits eine optimale Annäherung erreicht wird und keine Aufteilung in Segmente erfordert wird.

Zum grundsätzlichen Verständnis dieser Eingabe ist zu beachten, dass es **Eingabe-Abschnitte** und **Prüfungs-Abschnitte** gibt. Die Prüfungs-Abschnitte betreffen dabei die spätere Aufnahme der Schäden vor Ort und beziehen sich auf ein Feld (Abstand zwischen Lagerachse- nächste Lagerachse) in der mobilen Applikation. Die Lagerachsen stellen für jeden Brückenprüfer ein klar definiertes Ende dar und erleichtern die Aufnahme.

Um Missverständnissen vorzubeugen, wird beim Begriff Eingabe-Abschnitt immer der Bezug auf die Office Applikation und auf die Eingabe eines neuen Brückenmodells hergestellt, im Gegensatz dazu wird der Prüfungs-Abschnitt (Feld) der Brückenprüfung zugeordnet.

Eingabe-Abschnitte enden stets bei einer Unstetigkeit der Grundriss- oder der Querschnittsform. Eine solche Änderung könnte eine Aufweitung oder eine Änderung der Grundrissform (Bogen, Klothoide oder Gerade), aber auch eine Lagerachse sein. Diese Rahmenbedingungen müssen bei der Eingabe eines neuen Brückenmodells beachtet werden.

In der folgenden Berechnung werden über die Eingabe der jeweiligen Abschnittslänge in Brückenachse und der zugehörigen, im Programm automatisch verknüpften Breite des Querschnitts und der Radien, Parameter berechnet, die ein einzelnes Segment exakt definieren.

Beim Bogen und bei einer Klothoide werden mehrere solche Segmente automatisch bis zum jeweilig definierten Eingabe-Abschnitts-Ende aneinandergereiht dargestellt.

In der folgenden Abbildung wird die Vorgangsweise anhand eines Beispiels der Unterteilung in Abschnitte nach der Office Applikation dargestellt. Den Beginn des ersten Eingabeabschnittes (1) stellt die Lagerachse unter Berücksichtigung der Kilometrierung dar und endet mit dem Übergang von der Grundrissform „Gerade“ in „Klothoide“. Der Abschnitt (2) endet in der Achse der nächsten Mittelunterstützung. Die Abschnitte (3) bis (5) ergeben sich jeweils durch die Lagerachsen der Mittelunterstützungen. Der kurze Abschnitt (6) liegt zwischen der Lagerachse, der letzten Mittelunterstützung und dem Übergang der Grundrissform von „Klothoide“ in „Bogen“. Die jeweilige Abschnittslänge ist jeweils in der Brückenachse definiert.

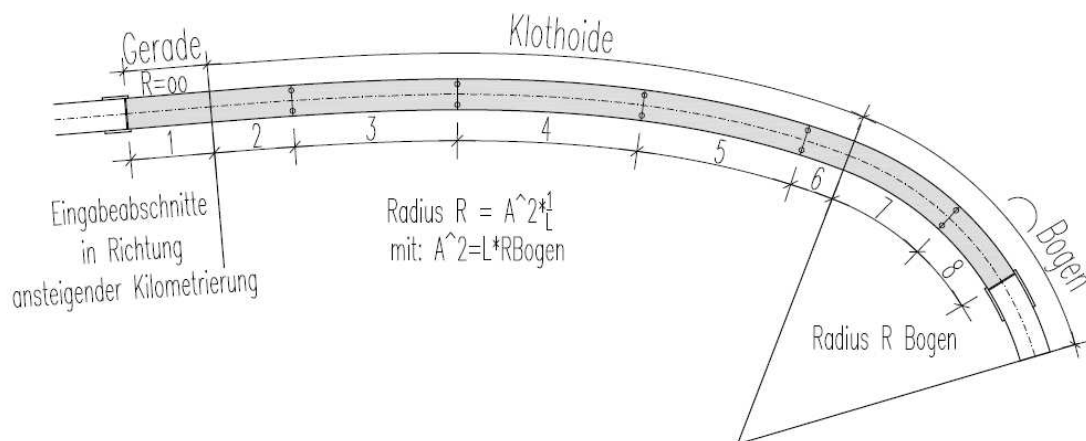


Abbildung 43 Definition von Abschnitten

Dem jeweiligen Straßenprojekt werden die Abmessungen aus CAD Plänen oder Planzeichnungen zur Eingabe entnommen.

Ein weiteres in Abbildung 43 nicht dargestelltes Abschnitts-Ende auf Grund der Grundrissform kann sich durch eine **Aufweitung** ergeben, durch die sich der Querschnitt mitverändert. **Querschnittsübergänge** stellen ein weiteres mögliches Abschnitts-Ende dar.

Bei der Eingabe einer Grundrissform ist am Beginn jedes Abschnittes mit einem neuen Längenmaß zu beginnen.

4.6.2. *Eingabe des Querschnittselements*

Der Querschnitt ist über fertig erstellte Schablonen (Templates) nach den bereits definierten Typen (siehe Kapitel 4.4.) anhand einer Skizze einzugeben. Für eine Brücke können dabei mehrere verschiedene Querschnittstypen vorkommen.

Die Schablonen zeigen qualitative Darstellungen der Brücke, in der Einzelne Besonderheiten von individuellen Bauwerken außer Acht gelassen werden.

Die Schablone kommt dem Querschnitt des zu prüfenden Objektes qualitativ sehr nahe, bzw. ermöglicht den Anwender eine klare Zuordnung zum realen Bauwerk.

4.6.3. Sonderbauteil

Sonderbauteile kommen immer dann zur Anwendung, wenn eine Veränderung des Querschnitts oder der Grundrissform nicht mit den üblichen Schablonen abgedeckt werden kann.

Sonderbauteile sind bereits in der Office Applikation zu definieren. Ein Beispiel zeigt Abbildung 44, wo der Eingabe-Abschnitt 2 (z.B. ein Querträger) als Sonderbauteil definiert wurde.

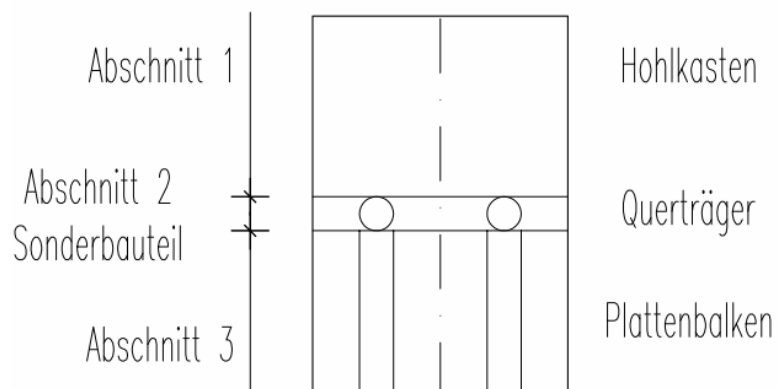


Abbildung 44 Sonderbauteil an einem Querschnittsübergang

Ein Sonderbauteil kann zum Beispiel bei einer Querschnittsänderung im Übergangsbereich auftreten oder im Bereich von Abzweigungen, vor Erreichen eines geregelten oder definierten Querschnittes. Dieser Sonderbauteil überbrückt einen Teil der fehlenden Länge in Brückenachse, und zeigt dem Benutzer, dass dieser Teil nicht dem Regelquerschnitt entspricht.

Für die Aufnahme von Fehlstellen ist die Funktion der freien Definition von Ansichtsflächen, wie sie in Kapitel 2.4.2. beschrieben wird, anzuwenden.

4.6.4. Abwicklungsflächen

Zum Erreichen des Ziels, Schäden auf abgewickelten Flächen einzuzeichnen, werden diese Ansichtsflächen aus den eingegebenen und zuvor beschriebenen Parametern von Querschnitt und Grundriss generiert. Jede abgewickelte Fläche erhält somit aus dem Querschnitt die eindeutig definierte Breite und über die eingegebene Länge von einen oder mehreren Abschnitten im Grundriss die dazugehörige Länge.

Über dieses Prinzip kann die mobile Applikation die Flächen zum Eintragen von Schäden generieren. Der Benutzer wählt bei einer Prüfung vor Ort den aktuellen Standpunkt im Modell der mobilen Applikation aus und trägt an der entsprechenden Stelle die vorhandenen Fehlstellen ein.

4.6.5. Aufbereitung der Grundrisselemente zur automatisierten Eingabe

- **Gerade**

Eingabeparameter

- L_{Ab} - Länge des Abschnittes nach der Kilometrierung in Achsrichtung
- b_{BP} - Breite des Querschnittelementes Bodenplatte (soll nach genauer Eingabe des Querschnitts von dort übernommen werden)
- a - Aufweitung (entspricht der Differenz zwischen der neuen Querschnittsbreite und der Breite am Anfang)
- s - Segmentlänge im rechten Winkel auf L_{HT}

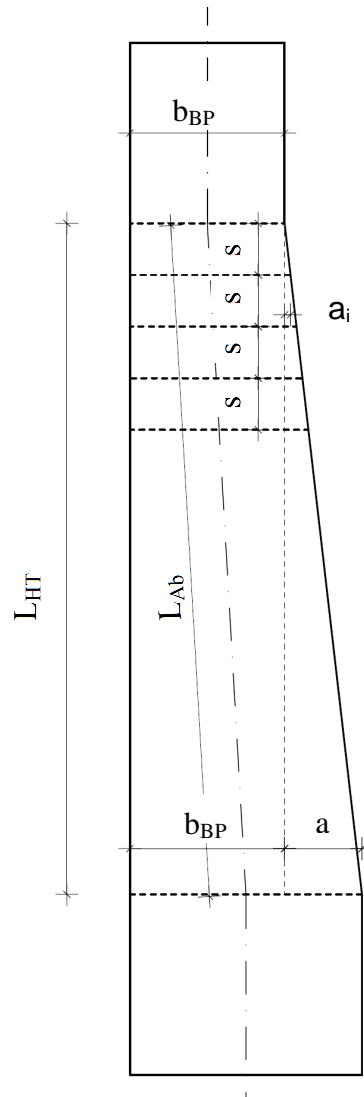


Abbildung 45 Skizze zur Berechnung - Grundrisselement Gerade inklusive Aufweitung am Beispiel Bodenplatte

Zu berechnende Parameter

L_{HT} - Länge Hauptträger (Länge im rechten Winkel zwischen den angrenzenden Querschnitten)

a_i - Aufweitung bezogen auf ein Segment (i)

Über oben genannte Parameter und folgende Berechnungsmethoden kann ein einzelnes Segment in einer Geraden inklusive Aufweitung exakt berechnet werden, bevor es in der jeweiligen Grafik aneinandergereiht dargestellt wird.

Berechnungsmethoden

$$L_{HT} = \sqrt{L_{Ab}^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

$$a_i = \frac{a \cdot s}{L_{HT}}$$

Das Ergebnis aus dieser Berechnung definiert ein Segment bestehend aus einem Parallelogramm, welches sich nach Aneinanderreihung mit jedem weiteren um a_i vergrößert.

Im Sonderfall wenn die Aufweitung (a) = 0, ergibt sich $L_{HT} = L_{Ab}$.

In diesem Fall besteht ein Segment aus einem Rechteck mit der jeweiligen Breite (b_{BP}) und Segmentlänge (x).

Tabelle 6 Berechnungsbeispiel Grundrisselement Gerade

Eingabeparameter	
b_{BP}	5,00[m]
L_{Ab}	26,04[m]
s	2,00[m]
a	3,00[m]
Ergebnisse	
L_{HT}	26,00[m]
a_i	0,23[m]

- **Bogen**

Eingabeparameter

- L_{Ab} - Länge des Abschnittes nach der Kilometrierung in Achsrichtung
- b_{BP} - Breite des Querschnittelementes Bodenplatte (soll nach genauer Eingabe des Querschnitts von dort übernommen werden)
- a - Aufweitung (entspricht der Differenz zwischen der neuen Querschnittsbreite und der Breite am Anfang)
- s - Segmentlänge in Bezug auf die Achse
- R - Radius des Bogens am Beginn (nach Kilometrierung) in Bezug auf die Querschnittsachse

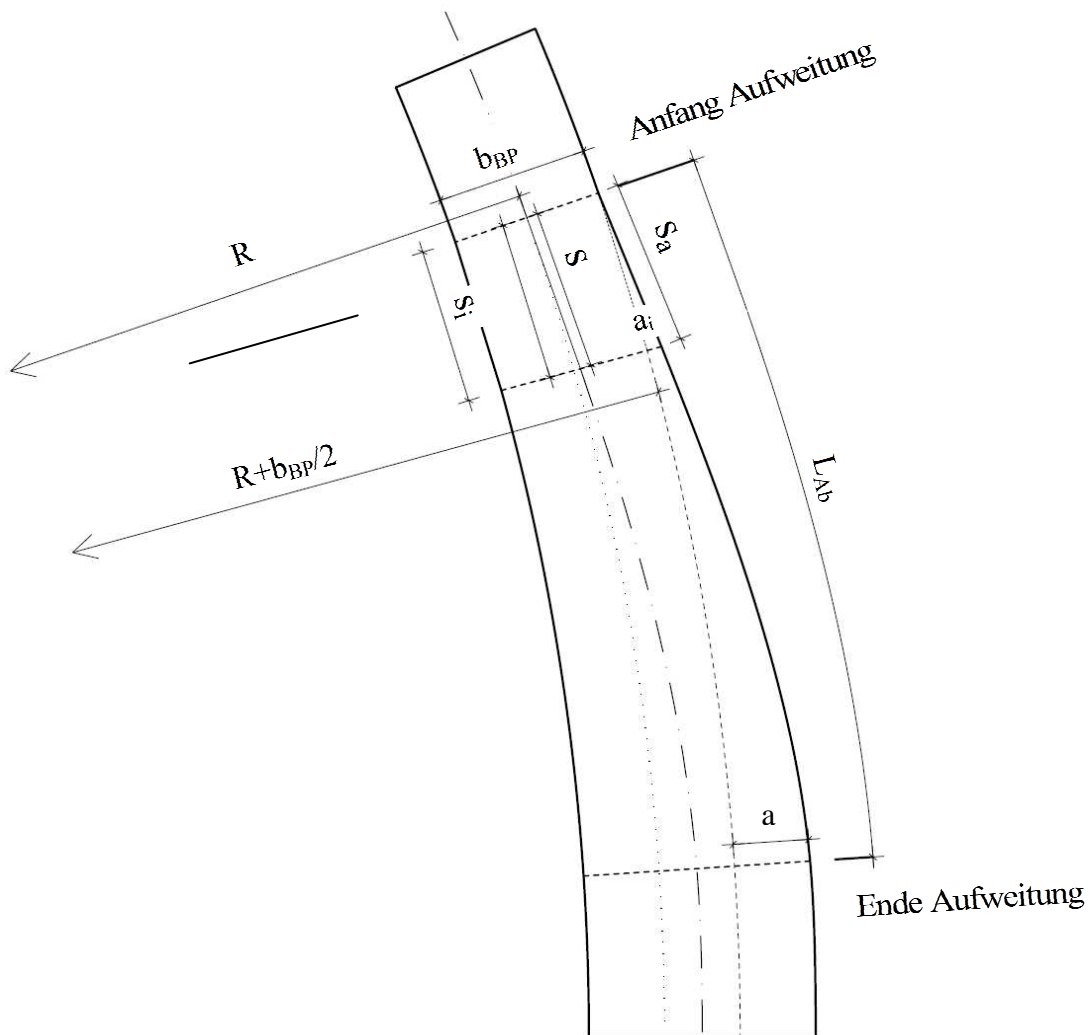


Abbildung 46 Skizze Berechnung - Grundrisselement Bogen

Zu berechnende Parameter

- a_i - Aufweitung bezogen auf ein Segment (i)
- n_{Seg} - Anzahl der Segmente in dem jeweiligen Abschnitt
- α - Öffnungswinkel eines Segments
- s_i - Segmentlänge innen
- s_a - Segmentlänge außen

Die Berechnung wurde auf zwei verschiedenen Arten durchgeführt, um die Richtigkeit zu überprüfen.

Die erste Variante der Berechnung wurde über einen Kosinussatz durchgeführt.

Berechnungsmethoden

$$n_{Seg} = \frac{L_{Ab}}{x}$$

$$\alpha = \frac{L_{Ab}}{n_{Seg}} \circ \frac{180}{R \circ \pi} \quad \text{mit: } L_{Ab} = n_{Seg} \circ x$$

$$\alpha = x \circ \frac{180}{R \circ \pi}$$

$$a_i = \frac{a}{n_{Seg}}$$

$$s_a = \sqrt{\left(R + \frac{b_{BP}}{2} + a_i\right)^2 + \left(R + \frac{b_{BP}}{2}\right)^2 - \left(R + \frac{b_{BP}}{2} + a_i\right) \circ \left(R + \frac{b_{BP}}{2}\right) \circ 2 \cos(\alpha)}$$

$$s_i = \sqrt{2 \circ \left(R - \frac{b_{BP}}{2}\right)^2 - \left(R - \frac{b_{BP}}{2}\right)^2 \circ 2 \cos(\alpha)}$$

Zur Kontrolle wurden die zu Parameter über eine weitere Berechnungsvariante über die Stichhöhe h ermittelt und miteinander verglichen.

Tabelle 7 Berechnungsbeispiel Grundrisselement Bogen

Eingabeparameter	
b_{BP}	6,00[m]
L_{Ab}	20,00[m]
s	2,00[m]
a	3,00[m]
R	100,00[m]
Ergebnisse	
α	1,146[°]
s_a	2,08[m]
s_i	1,94[m]

- **Klothoide**

Grundlagen einer Klothoide

Ohne Klothoide würde es zu einem sprunghaften Anstieg der Krümmung kommen. Beim Befahren würde dies zu einer ruckartig ansteigenden Beschleunigung führen und unangenehm empfunden sowie ein Gefahrenpotential darstellen (Hinterseher M., 1999).

Bei einer Klothoide ändert sich die Krümmung linear und es tritt kein Krümmungssprung auf. Der Radius ändert sich an jedem beliebigen Punkt der Klothoide.

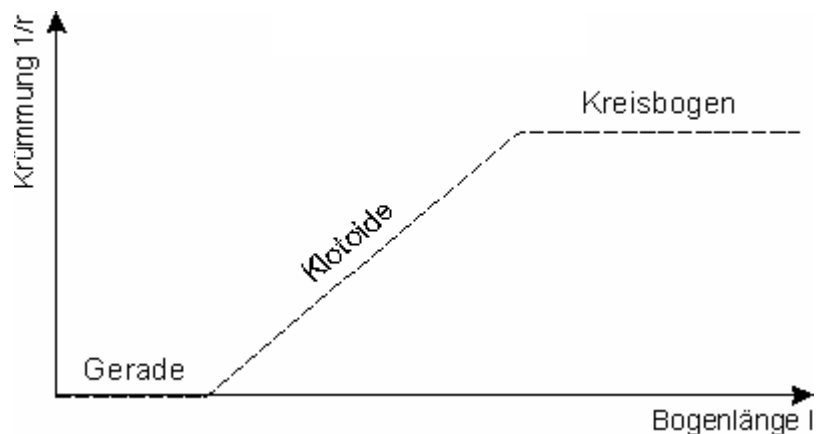


Abbildung 47 Krümmungsbild einer Klothoide in Abhängigkeit von der Bogenlänge und der Krümmung (Abb aus Hinterseher M., 1999)

Daraus ergibt sich die charakteristische Gleichung der Klothoide (Hinterseher M., 1999).

$$L \cdot R = A^2$$

- L - Länge der Klothoide vom Ursprung
- R - Radius an der dazugehörigen Stelle der Klothoide
- A - Klothoidenparameter

Der Radius nimmt mit zunehmender Länge und steigender Krümmung ab.

Eingabeparameter zur Bestimmung einer Klothoide

$P(x,y)$ - Koordinaten des Startpunktes P

α - Richtungswinkel im Startpunkt P

$L_{\ddot{U}}$ - Länge des Übergangsbogens (Klothoide) nach der Kilometrierung in Achsrichtung

R_a - Krümmung der Klothoide am Abschnittsanfang (nach Kilometrierung) in Bezug auf die Querschnittsachse

R_e - Radius der Klothoide am Abschnittsende (nach Kilometrierung) in Bezug auf die Querschnittsachse

b_{BP} - Breite des Querschnittelementes Bodenplatte (soll nach genauer Eingabe des Querschnitts von dort übernommen werden)

s - Segmentlänge in Bezug auf die Achse

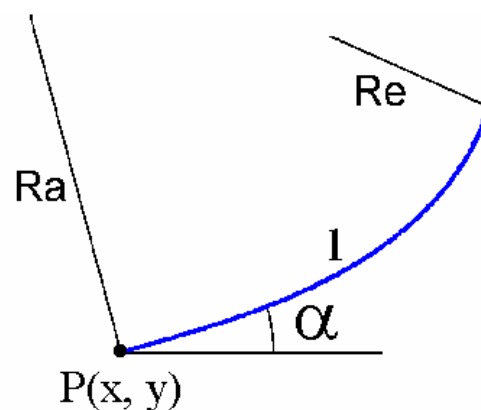


Abbildung 48 Beschreibende Parameter einer Klothoide (Abb. aus Hinterseher M., 1999)

Die exakte Berechnung des folgenden Segmentpunktes einer Klothoide ist über folgende „FRESNELsche“ Integrale möglich.

$$x = \int_0^s \cos \frac{s}{2A^2} ds$$

$$y = \int_0^s \sin \frac{s}{2A^2} ds$$

Die Lösung der Integrale ist geschlossen nicht möglich und kann nur über eine Reihenentwicklung der Sinus und Cosinusfunktion vorgenommen werden (Hinterseher M., 1999). Die daraus erhaltenen kartesischen Koordinaten können zum Erstellen des Modells herangezogen werden.

Neben dieser exakten Lösung wurde eine vereinfachte zur Annäherung gesucht. Die in der folgenden Abbildung dargestellten Parameter bilden die Grundlage dafür.

- ÜA - Übergangsbogenanfang
- ÜE - Übergangsbogenende
- R_i - Radius am zu berechnenden Segmentende
- M - Kreismittelpunkt am jeweiligen Segmentende
- y_{Kr} - Abstand in y - Richtung vom Fußpunkt bis zum Übergangsbogenende ohne der Tangentenabrückung f
- F - Fußpunkt
- f - Tangentenabrückung
- a - Distanz vom Übergangsbogenanfang bis zum Fußpunkt des Kreismittelpunktes M auf der Grundtangente

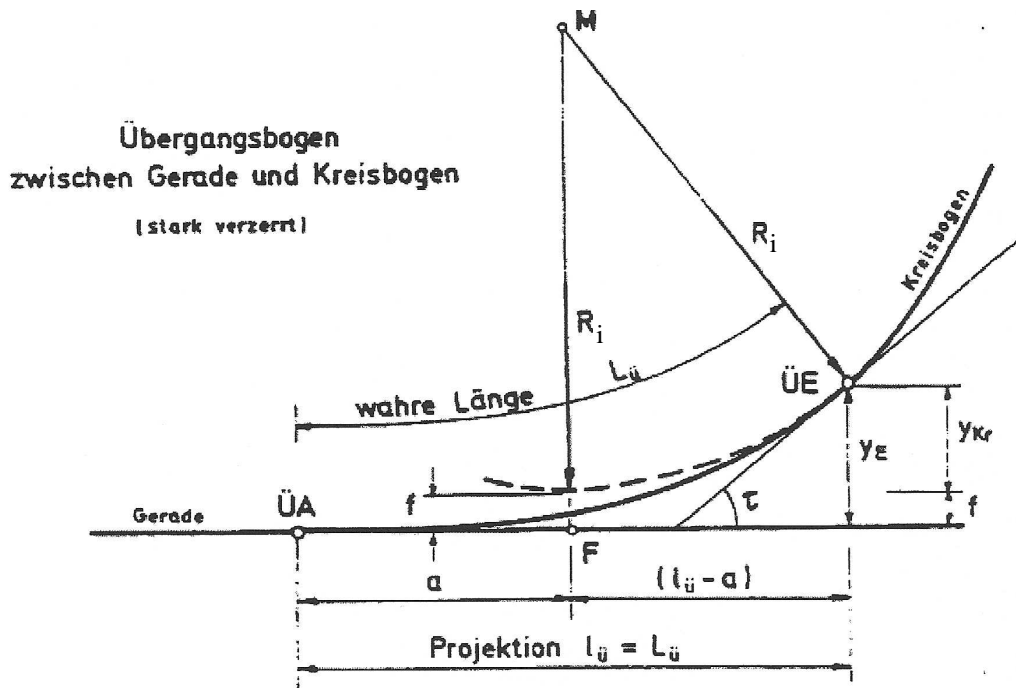


Abbildung 49 Übergangsbogen Skizze zur Berechnung. (aus Skriptum Eisenbahnwesen TU Graz Kapitel 5 Trassierung)

Zu berechnende Parameter

A - Klothoidenparameter

L_a - fiktive Klothoidenlänge am Anfang

i - laufende Nummerierung des zu berechnenden Segments

y_{Kr} - Abstand in y- Richtung vom Fußpunkt bis zum Übergangsbogenende ohne der Tangentenabrückung f

f - Tangentenabrückung

Berechnungsmethoden

$$A = \sqrt{L_{ii} \circ R_e}$$

$$R_i = \frac{A^2}{s \circ i}$$

$$y_{Kr} = \frac{(s \circ i)^2}{2R_i}$$

$$f = \frac{(s \circ i)^2}{24R_i}$$

Die karthesischen Koordinaten des Endpunktes für das jeweilige Segment (i) aus der vereinfachten Berechnung ergeben sich aus

$$y_{Ei} = y_{Kr} + f$$

$$x_{Ei} = s \circ i$$

Als Startpunkt für das nächste Segment gelten jeweils die Endpunkte des Vorigen.

Tabelle 8 Berechnungsbeispiel Grundrisselement Klothoide

Eingabeparameter	
L _Ü	20,00[m]
s	2,00[m]
R _a	∞
R _e	100,00[m]
i	1
Ergebnisse	
A	44,72
R _i	1000[m]
y _{Kr}	0,002[m]
f	0,0002[m]
y _{Ei}	0,0022[m]
x _{Ei}	2,00[m]

4.7. Unterbau

Der Unterbau nimmt die von den Brückenlagern konzentrierten Lasten auf und leitet sie an die Gründung weiter (Hegger J., 1997). An den beiden Enden einer Brücke kommt es zum Übergang vom Brückentragwerk (Oberbau) zum Damm. Dort sind Widerlager erforderlich. Mittelunterstützungen verringern die Spannweite zwischen den beiden Widerlagern (Hegger J., 1997).

4.7.1. Widerlager

• Allgemeines

Über das Widerlager werden die Lasten aus dem Überbau in die Gründung übertragen und auch der Übergang vom Damm auf den Überbau gewährleistet (Hegger J., 1997). Einen Teil der Widerlager stellt die Flügelwand dar, dessen Aufgaben die Sicherung des Dammes und die Aufnahme des Erddruckes sind.

In Abhängigkeit des Geländes wird die Form des Widerlagers angepasst. So ergeben sich unterschiedliche Varianten in der Ausführung der Flügelwände. Eine kostengünstige Möglichkeit eines Kastenwiderlagers stellen schräg zum Damm ausgeführte Flügel dar, welche als Böschungsflügel bezeichnet werden (Hegger J., 1997).

Je nach Gegebenheit ist eine Ausführung der Widerlagerwand als

- Schwergewichtsmauer
- Winkelstützmauer eventuell mit zusätzlichen Querrippen zur Verstärkung bei großen Höhen
- Widerlager mit einem Sporn, der als Rückverankerung einen Teil des anfallenden Erddruckes übernimmt
- Ausführung mit einer Schleppplatte, welche auftretende Setzungen durchs Hinterfüllen ausgleichen kann

- Widerlager mit aufgelöster Rahmenkonstruktion
- Gründung mit Großbohrpfählen
- Gründung mit Rammpfählen
- Ausführung als aufgelöstes Widerlager

möglich (Hegger J., 1997).

Bei großen Widerlagern werden die Gründungen der Flügelmauer mit der Gründung der Widerlagerwand in einer Ebene ausgeführt (Hegger J., 1997). Die folgende Abbildung beinhaltet ein Kastenwiderlager und zeigt eine Kombination aus einem gegründeten Parallelfügel und einem auskragenden Parallelfügel.

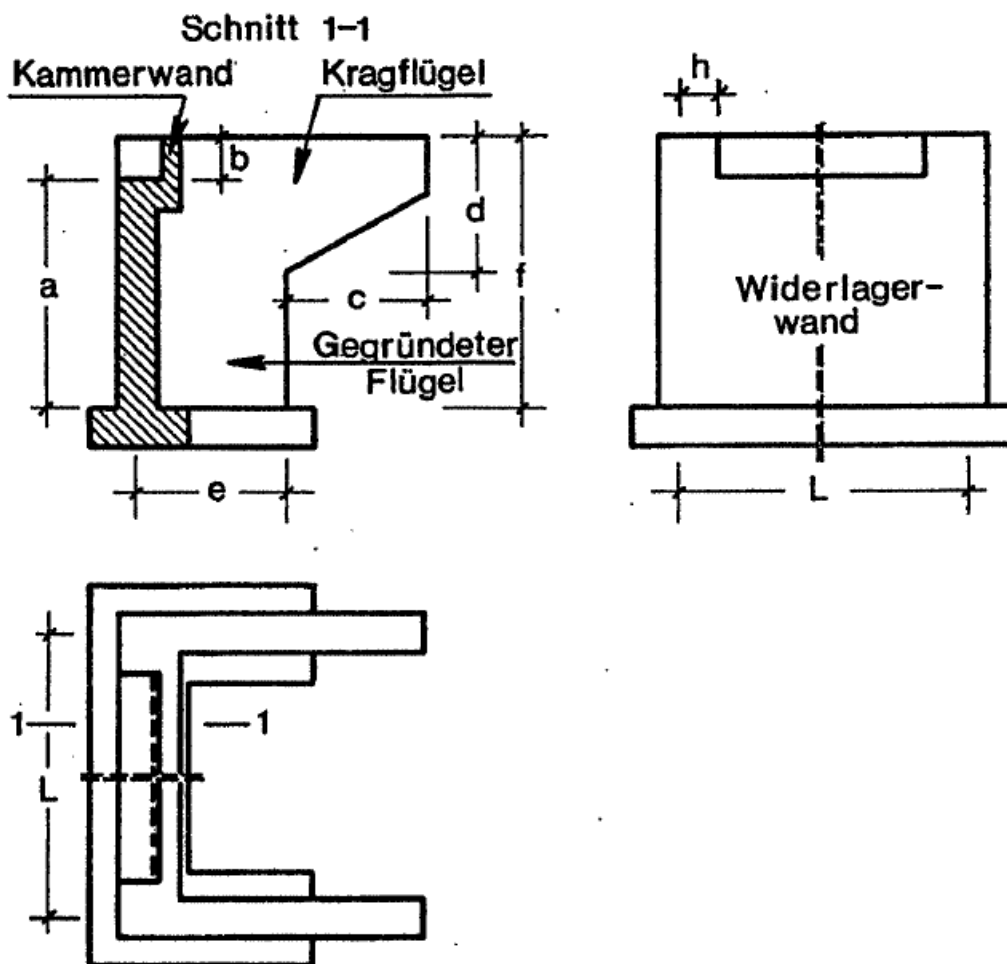


Abbildung 50 Kastenwiderlager in Grundriss, Ansicht und Schnitt (Abb. aus Hegger J., 1997)

Neben der Ausführung als Parallelfügel ist noch eine Ausführung als Schrägflügel und Böschungsflügel möglich, mit denen unterschiedliche Böschungsarten resultieren. In Abbildung 51 sind auf der linken Seite rechtwinkelig gelagerte Brücken ersichtlich. Im rechten Teil der Abbildung ist eine schiefe Lagerung, das bedeutet, dass die Lagerachse nicht im rechten Winkel auf die Brückenachse ausgeführt ist, ersichtlich.

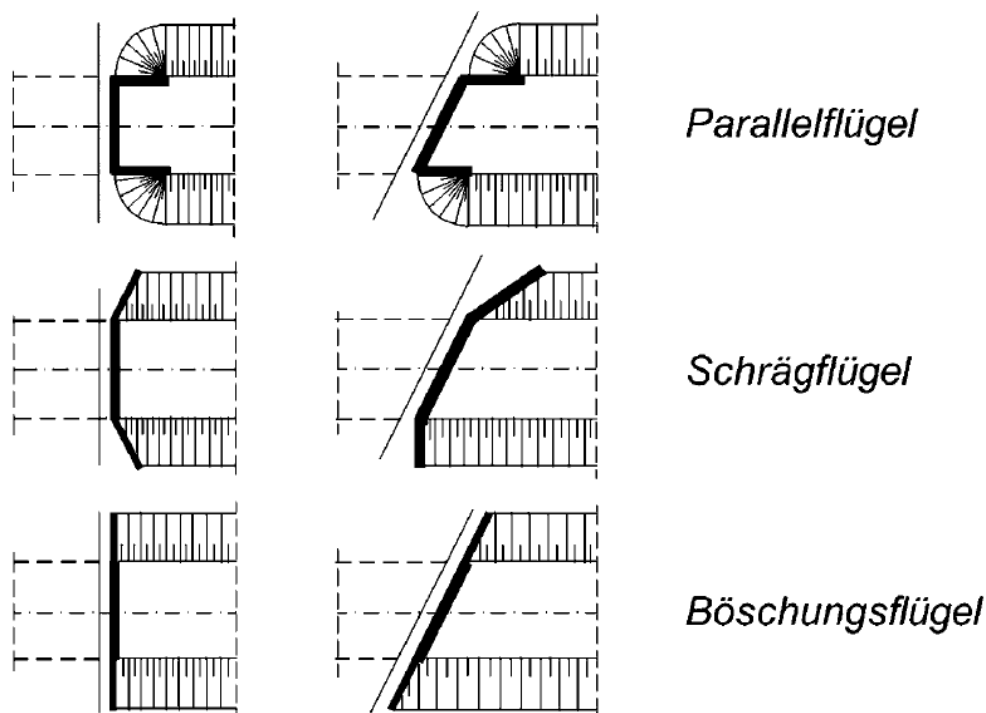


Abbildung 51 Flügel und Böschungsvarianten (Abb. aus Mehlhorn G., 1997)

- **Brückensoftwarespezifische Integration der Widerlager**

Um Schäden vor allem an der Widerlagerwand im Bereich der Lager aufnehmen zu können, ist eine Abwicklung der Ansichtsflächen erforderlich. Diese Abmessungen der Ansichtsflächen werden anhand von wählbaren, vorgefertigten Schablonen (Templates) vorab im Büro eingegeben. Diese Schablonen zeigen eine dreidimensionale Grafik des Widerlagers, an dem die Abwicklungsflächen anwählbar sind. Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 21 in Bereich II ersichtlich.

Die Schadensaufnahme vor Ort an den abgewickelten Flächen erfolgt analog zum Oberbau, wie es in Kapitel 2.4.2. ausführlich beschrieben wurde.

4.7.2. Mittelunterstützungen

- **Allgemeines**

Die Mittelunterstützungen als Stütze oder Pfeiler dienen in erster Linie zur Reduktion der Stützweite zwischen den beiden Widerlagern und haben großen Einfluss auf das äußere Erscheinungsbild einer Brücke für den Betrachter, weshalb bei der Auswahl oft ästhetische Überlegungen im Vordergrund stehen (Mehlhorn G., 2010). Unter Pfeiler werden scheibenartige Unterstützungen verstanden, die oft über die gesamte Breite der Hauptträger des Oberbaus reichen. Kleiner in ihrer Breite oder in der Lagerachse aus mehreren Elementen bestehend, sind Stützen (Mehlhorn G., 2010). Im Wesentlichen handelt es sich bei Pfeilern eher um massivere Bauteile, die in Flüssen, Seen oder bei hohen Talbrücken Anwendung finden (Mehlhorn G., 2010).

Die Anordnung und Ausführung von Mittelunterstützungen sind in ihrer wesentlichen Funktion als Lastübertragung gemeinsam mit dem Oberbau als ein System zu behandeln (Mehlhorn G., 2010).

Mittelunterstützungen bestehen in ihrem Auftreten aus einem Kopf, dem Schaft und der Gründung. Je nach Entwurf der Brücke kann die Ausführung in Abhängigkeit von der notwendigen Steifigkeit variieren (Mehlhorn G., 2010).

Tabelle 9 Verbindungsarten zwischen Oberbau/Stütze sowie Stütze/Fundament (Abb. aus Mehlhorn G., 2010).

		Verbindung Stütze-Überbau		
		<i>biegesteif</i>	<i>gelenkig / fest</i>	<i>gelenkig / verschieblich</i>
Verbindung Stütze-Fundament	<i>biegesteif</i>			
	<i>gelenkig</i>			

Auch in Brückenquerrichtung ist eine Variation der Steifigkeiten von Pendelstützenlösung bis Pfeiler möglich. Bei den Querschnittstypen gibt es Variationen ausgehend von einem rechteckigen Querschnitt je nach Erfordernis (siehe Abbildung 52). Bei der Lage eines Pfeilers in einem Fluss wird dieser an die hydraulischen Gegebenheiten angepasst. Die Ausführung kann auch als Hohlquerschnitt erfolgen (Mehlhorn G., 2010).

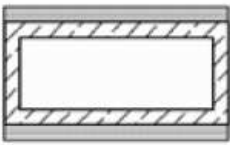



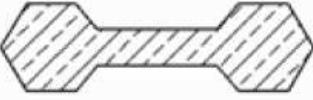

<i>Pfeilerquerschnitt</i>	<i>Pfeilerkopf</i>
<p><i>Hohlpfeiler</i></p> 	
<p><i>Massivpfeiler</i></p> 	
<p><i>Strukturpfeiler</i></p> 	

Abbildung 52 Typische Pfeilerquerschnitte und Pfeilerkopfausführungen (Abb. aus Mehlhorn G., 2010)

In der Herstellung kommt als Material für Stützen und Pfeiler fast ausschließlich Stahlbeton zur Anwendung, der bei hohen Ausführungen in einer Gleitschaltechnik hergestellt wird.

- **Brückensoftwarespezifische Integration der Mittelunterstützungen**

Die Eingabe der einzugebenden Informationen von Mittelunterstützungen beinhalten die Lage, Querschnitt und Länge. Zur Unterstützung wird über eine Auswahlmöglichkeit von verschiedenen Querschnitten über Schablonen in der Office Applikation der entsprechende gewählt. Die Abmessung der Mittelunterstützung (z.B. Pfeiler, Stütze) wird in die jeweilige ausgewählte Schablone eingetragen.

Schablonen stellen gängige Querschnittsformen dar in denen die jeweiligen Abmessungen eingegeben werden. Für das Beispiel der Pfeiler sind die gängigen Formen in Abbildung 52 ersichtlich und stellen die Basis für eine Schablone dar.

In der mobilen Applikation befinden sich die Auswahlmöglichkeiten Widerlager, Oberbau und die Mittelunterstützungen des jeweiligen Feldes in Bereich I nach Kapitel 2.4.2. Analog zum Oberbau ist nach dem Anwählen der Querschnitt in Bereich II ersichtlich. Anhand dieses Querschnitts können die Ansichtsflächen ausgewählt werden, die dann im Bereich III zur Schadensaufnahme herangezogen werden. Die weitere Schadensaufnahme an der abgewickelten Fläche erfolgt wie in Kapitel 2.4.2. beschrieben.

Bei der Umsetzung von Ponte Verde handelt es sich um einen Prototypen in dem noch nicht alle Bereiche komplett eingearbeitet wurden. Deshalb gibt es für den Bereich der Mittelunterstützungen noch keine Abbildung aus dieser Applikation.

4.8. Brückenausrüstung

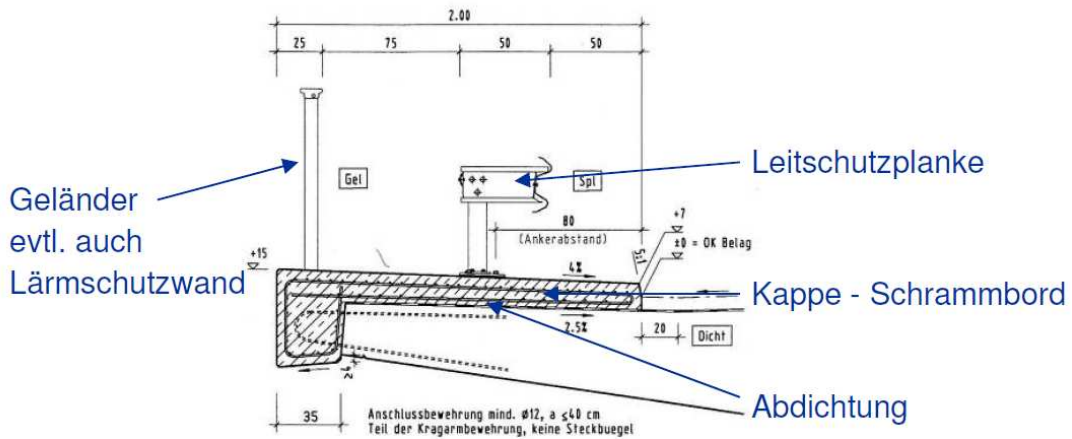


Abbildung 53 Brückenausrüstung (aus Tue N. V., 2007)

Zur Brückenausrüstung zählen: Lager, Gelenke, Fahrbahnübergänge, Beläge, Abdichtung, Entwässerungseinrichtung, Randbalken (Kappe oder Schrammbord), Lärmschutzwände oder vertikale Leiteinrichtungen und Besichtigungseinrichtungen.

Sie ermöglichen eine sichere Benutzung des Brückentragwerkes.

4.8.1. Brückenbelag

- **Allgemeines**

In erster Linie dient der Brückenbelag als Schutz der Fahrbahnplatte vor Verschleiß, Oberflächenwasser sowie Frost- und Tausalzbeanspruchung.

- **Brückensoftwarespezifische Integration des Brückenbelages**

Die Schadensdokumentation des Brückenbelags in der mobilen Applikation ist analog zum Haupttragwerk, an der abgewickelten Fläche durchzuführen. Dabei werden sämtliche Schäden lagerichtig in der mobilen Applikation dokumentiert. Zusätzlich besteht die Möglichkeit in Abhängigkeit vom

Schaden Zusatzinformationen wie etwa ein Foto, Größe, Text oder eine Bewertung des Schadens hinzuzufügen.

4.8.2. Lager nach RVS 15.04.41

- **Allgemeines**

Brückenlager haben zwei grundlegende Aufgaben:

- Die Lager sind unter Einhaltung der zulässigen Pressungen für die Kraftübertragung vom Tragwerk auf den Unterbau zuständig.

- In Abhängigkeit von der Lagerung des Tragwerks sollten planmäßige Verformungen möglichst zwängungsfrei zugelassen oder entgegengewirkt werden (Nguyen V. T., 2008).

Grundsätzlich können Brückenlager in:

Festlager (ohne Verschieblichkeit)

Gleitlager (einseitig oder allseitig verschieblich)

Verformungslager (begrenzte Verschieblichkeit)

unterteilt werden (Hegger J., 1997). In Abhängigkeit von der möglichen Verdrehung der Lagerachsen kann folgende Einteilung getroffen werden (Kracke E.A., Lodde K., 2011):

Punktlager (bei Balken)

Linienlager (bei Platten mehrere Lager nebeneinander)

Festlager übertragen nicht nur die vertikalen Lasten sondern auch auftretende Horizontallasten aus Brems- und Windkräften oder aus der Reibung der anderen beweglichen Lager (Hegger J., 1997). Gleitlager ermöglichen Verschiebungen, die durch Temperaturänderungen, Kriechen und Schwinden des Betons sowie das zeitabhängige Verhalten der Vorspannung zwischen Ober- und Unterbau auftreten (Hegger J., 1997). Verformungslager erlauben einen Drehwinkel in jede Richtung (Hegger J., 1997).

In der folgenden Tabelle sind gängige Lager mit deren Symbol und Kurzzeichen nach Lagertyp gegliedert. In der letzten Spalte wird die Bauart beschrieben.

Tabelle 10 Lagertypen (Abb. aus RVS 15.04.41)

Nr.	Symbol	Kurzzeichen	Lagertyp	Bauart
1		V	Verformungslager	Elastomerlager mit Festhaltekonstruktion für 2 Achsen
2		V1	Verformungslager	Elastomerlager mit Festhaltekonstruktion für 1 Achse
3		V2	Verformungslager	a) Elastomerlager, verankert b) Elastomerlager, nicht verankert
4		VG1	Verformungsgleitlager	Elastomerlager mit einachsig beweglichem Gleitteil und Festhaltekonstruktion für die andere Achse
5		VGE2	Verformungsgleitlager	Elastomerlager mit einachsig beweglichem Gleitteil
6		VG2	Verformungsgleitlager	Elastomerlager mit zweiachsig beweglichem Gleitteil
7		P	Punktkipplager	a) stählernes Punktkipplager b) Kalottenlager c) Topflager d) EL-Lager mit Festhaltekonstruktion für 2 Achsen
8		P1G* P1R*	Punktkipplager	a) stählernes Punktkipplager, einachsig beweglich b) Kalottengleitlager, einachsig beweglich c) Topfgleitlager, einachsig beweglich d) Elastomerlager laut 7 d und einachsig beweglicher Gleitteil
9		P2G* P2R*	Punktkipplager	a) stählernes Punktkipplager, zweiachsig beweglich b) Kalottengleitlager, zweiachsig beweglich c) Topfgleitlager, zweiachsig beweglich d) Elastomerlager laut 7 d und zweiachsig beweglicher Gleitteil
10		L	Linienkipplager	stählernes Linienkipplager
11		L1G L1R	Linienkipplager	a) stählernes Linienkipplager, einachsig beweglich b) stählernes Linienkiprollenlager, einachsig beweglich c) Einrollenlager
12		L2G	Linienkipplager	stählernes Linienkipplager, zweiachsig beweglich
13		F	Festpunktlager	Horizontalkraftlager (keine Aufnahme von Vertikallasten)
14		F1	Führungslager	Führungs- oder bewegliches Horizontalkraftlager (keine Aufnahme von Vertikallasten)
15		S	Sonderformen	gemäß Beschreibung

G* ... Gleitbewegung R* ... Rollbewegung

Sollte bei Lagern eine Verschiebung von mehr als $\pm 20\text{mm}$ möglich sein, ist grundsätzlich ein Verschiebungszeiger (siehe Abbildung 56) anzubringen, außer beim Verformungslager (Elastomerlager) (RVS 15.04.41).

An jedem Lager muss der Name des Herstellers, das Jahr der Erzeugung des Lagers, die Kurzbezeichnung der Bauart, zulässige Auflast und gesamt zulässiger Verschiebungsweg sowie eine Nummerierung in Übereinstimmung mit dem Lagerversetzplan unverwechselbar und dauerhaft lesbar angebracht sein (RVS 15.04.41).

- **Prüfung der Lager nach RVS 15.04.41**

Vor der Prüfung der Lager sind diese zu reinigen und die Überprüfungen sind wie in den Prüfoptionen beschrieben mit geeigneten Messgeräten durchzuführen. Die Lagerstellung muss gemessen werden und ist mit einer Soll-Stellung, je nach Bauwerkstemperatur, zu vergleichen (RVS 15.04.41). Kann das Lager die erforderliche Beweglichkeit nicht erfüllen, sind Beobachtungen bei Temperaturextremen, Korrekturen oder eine Auswechslung vorzunehmen (RVS 15.04.41).

Neben der Verformung sind abhängig vom Lager spezielle Untersuchungen vorzunehmen.

Im Folgenden sind die **Prüfoptionen** a.) bis i.) der Lager nach RVS angeführt:

a.) Schubverformung V1

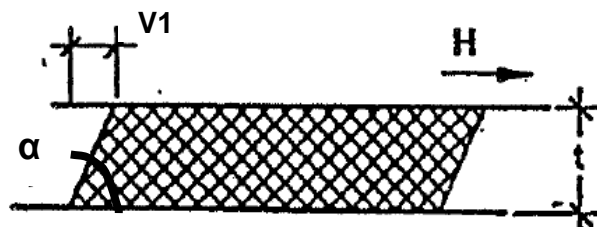


Abbildung 54 Schubverformung eines Elastomerlagers unter der Beanspruchung H (Abb. adaptiert aus Sparowitz L., 2008)

Bei einer Prüfung ist die horizontale Verformung v_1 zufolge Schubbeanspruchung bei einer Prüfung zu ermitteln. Über einen einfachen geometrischen Zusammenhang ($\tan \alpha = v_1/t$) kann über die Dicke t und den gemessenen Abstand v_1 der Winkel α berechnet werden.

b.) Kippwinkel α

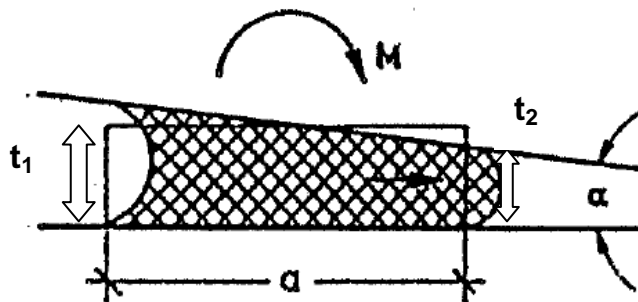


Abbildung 55 Kippwinkel eines Elastomerlagers unter Beanspruchung M, H
(Abb. aus Sparowitz L.,2008)

Um den Kippwinkel α zu ermitteln, sind die Messungen der Dicken von t_1 und t_2 erforderlich. Die Verdrehung V kann über:

$$V[\%] = \frac{t_1 - t_2}{a} \circ 100 \quad \text{berechnet werden.}$$

c.) Risse

Risse werden informativ beschrieben und so bei einer Prüfung schriftlich festgehalten.

d.) Abheben

Abheben wird bei einer Prüfung in Textform schriftlich festgehalten.

e.) Beweglichkeit

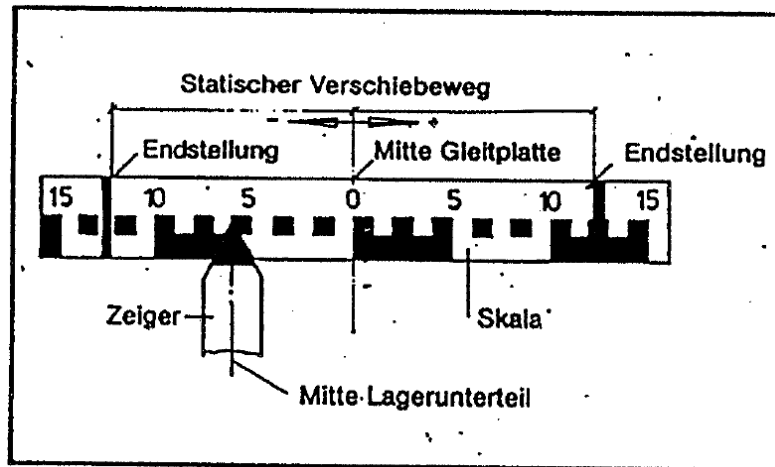


Abbildung 56 Anzeigevorrichtung Lagerverschiebung (Abb aus Sparowitz L., 2008)

Die horizontale Verschiebung der beiden Gleitteile zueinander ist in Längs- sowie in Querrichtung zu messen. Meist sind diese beiden Verschiebungen anhand einer Messmarke (Anzeigevorrichtung), wie in voriger Abbildung ersichtlich, abzulesen.

f.) PTFE- Gleitschicht

Mit Hilfe einer **Fühlerlehre** (Spion) ist die Dicke der Gleitschicht über die Spalthöhe (S_1) zwischen Gleitblech und Einfassung der PTFE-Scheibe an vier Stellen zu prüfen. Ergibt sich $S_1 < 0,5\text{mm}$, so ist der Einbau einer neuen Kunststoffscheibe erforderlich (RVS 15.04.41). Der Spalt S_2 dient dem ermitteln der Winkelverdrehung (siehe Prüfoption i).

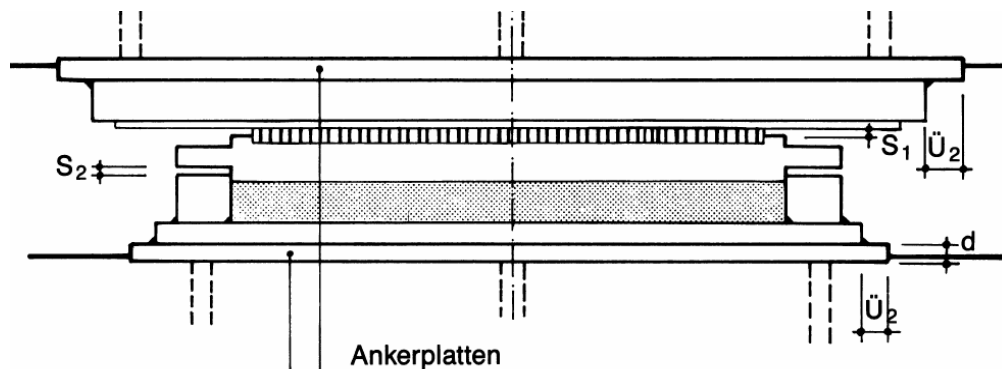


Abbildung 57 Prüfoptionen S_1 und S_2 anhand eines Gleitlagers (Abb. aus RVS 15.04.41)

g.) Parallelität

Es gilt zu prüfen, ob die oberen und die unteren Achsen der Lagerplatten im Grundriss parallel sind. In Bezug auf Rollenachsen ist zu prüfen, ob die Lagerachsen rechtwinkelig auf die Bewegungsrichtung ausgerichtet sind.

h.) Lichtspaltprüfung

Bei einer Lichtspaltprüfung wird das Anliegen der Rollen an die Lagerplatte überprüft. Dies findet vor allem bei Kipp- und Rollenlager Anwendung.

i.) Winkelverdrehung

Der Spalt (S_2) für Winkeldrehungen (Kippmöglichkeit) zwischen Topfwand (Ring) und Deckelrand ist an vier unterschiedlichen Stellen nachzumessen (RVS 15.04.41). Dabei darf dieser Spalt (S_2) bei Lager mit einem Außendurchmesser $\leq 1000\text{mm}$ 3mm und bei Lager mit einem Außendurchmesser $> 1000\text{mm}$ 5mm nicht unterschreiten (RVS 15.04.41).

„Der Eingriff des Deckels in den Topf muss mindestens 10mm betragen“ (RVS 15.04.41).

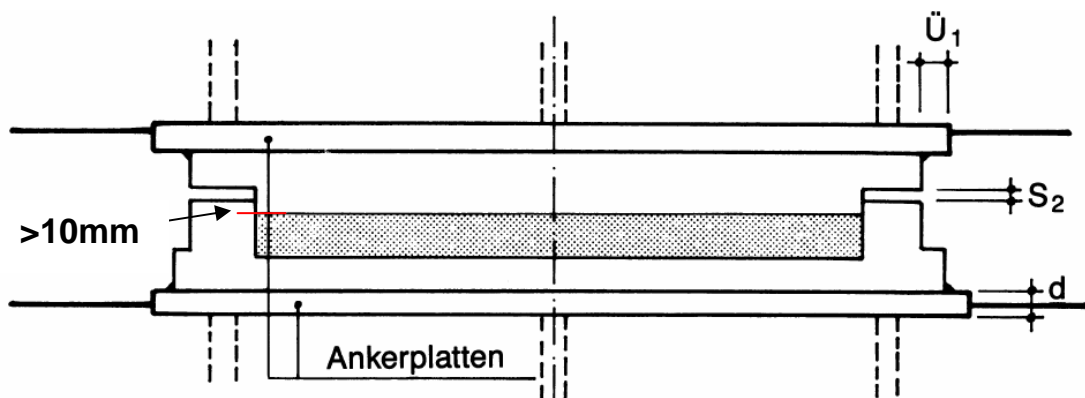


Abbildung 58 Prüfoptionen Winkelverdrehung über S_2 anhand eines Kipplagers (Abb. aus RVS 15.04.41)

In Abhängigkeit vom Lagertyp kommen unterschiedliche Prüfoptionen zu tragen.

Verformungslager:

Die Verformungslager (V, V1, V2 verankert, V2 unverankert) sind nach RVS 15.04.41 neben den allgemeinen Prüfanweisungen nach den oben beschriebenen Prüfoptionen **a**, **b**, **c** und **d** zu prüfen.

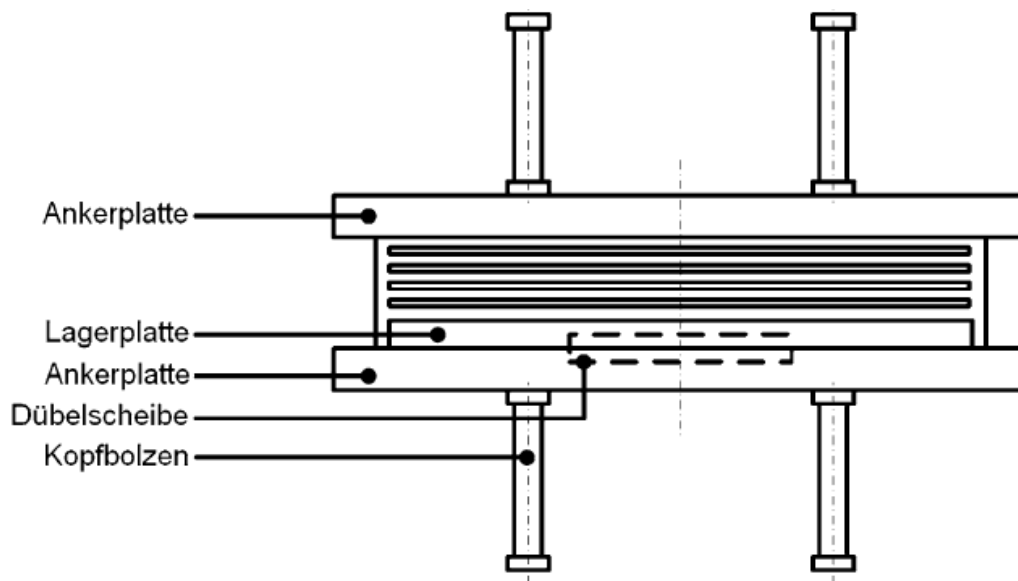


Abbildung 59 Allseits bewegliches verankertes Elastomerlager mit Stahleinlagen (V2 verankert) (Abb. aus Mehlhorn G., 2010)

Elastomerlager funktionieren durch ihre hohe elastische Verformbarkeit, wobei mehrere Schichten mit einer Stärke von 5-8mm übereinander mit dazwischen einvulkanisierten Stahlblechen hergestellt werden. Diese dienen zur Behinderung der Querdehnung. So kann eine hohe Lagersteifigkeit in vertikaler Richtung gewährleistet werden (Hegger J., 1997).

Verformungsgleitlager:

Die Verformungsgleitlager (VG1, VGE2 und VG2) sind nach RVS 15.04.41 neben den allgemeinen Prüfanweisungen nach den Prüfoptionen **a**, **b**, **c**, **d** und **e** zu prüfen. Sofern ein PTFE-Gleitteil vorhanden ist, wird dieses nach der Prüfoption **f** geprüft.

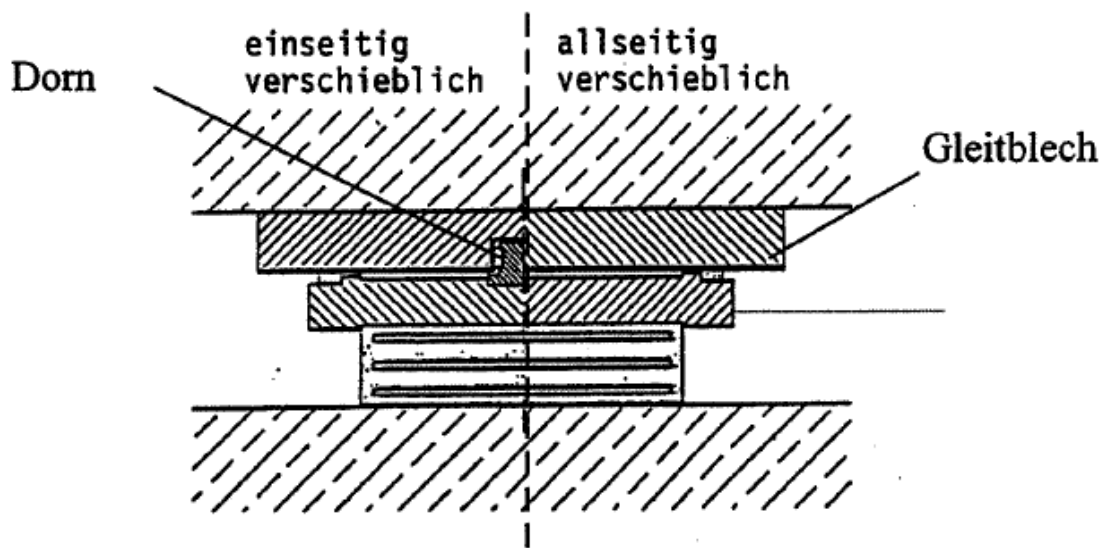


Abbildung 60 Prinzipielle Darstellung eines Verformungsgleitlagers (Abb. aus Hegger J., 1997)

In der vorigen Abbildung wird in der linken Hälfte die prinzipielle Darstellung eines Verformungsgleitlagers dargestellt. Dabei ist eine konventionelle Gleitschicht auf einem Elastomerlager aufgebracht. In der linken Hälfte handelt es sich um ein einseitig verschiebliches Verformungsgleitlager. Dabei wird im Gegensatz zur rechten Seite eine Bewegungsrichtung mit einem Sporn unterbunden (Hegger J., 1997).

Punktkipplager:

Bei den Punktkipplagern (P, P1, P2) werden neben den allgemeinen Prüfanweisungen die Prüfoptionen nach deren Bauart unterschieden.

Zum besseren Verständnis sind diese der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 11 Prüfoptionen an Punktkipplagern nach deren Bauart (RVS 15.04.41)

Kurzzeichen	Stählerndes Punktkipp-(gleit)lager	Kalottenlager	Topflager	Elastomerlager
P	c	i	i	a, b, c, d
P1	c, e, f	e, i	e, i	a, b, c, d, e
P2	c, e, f	e, i	e, i	a, b, c, d, e

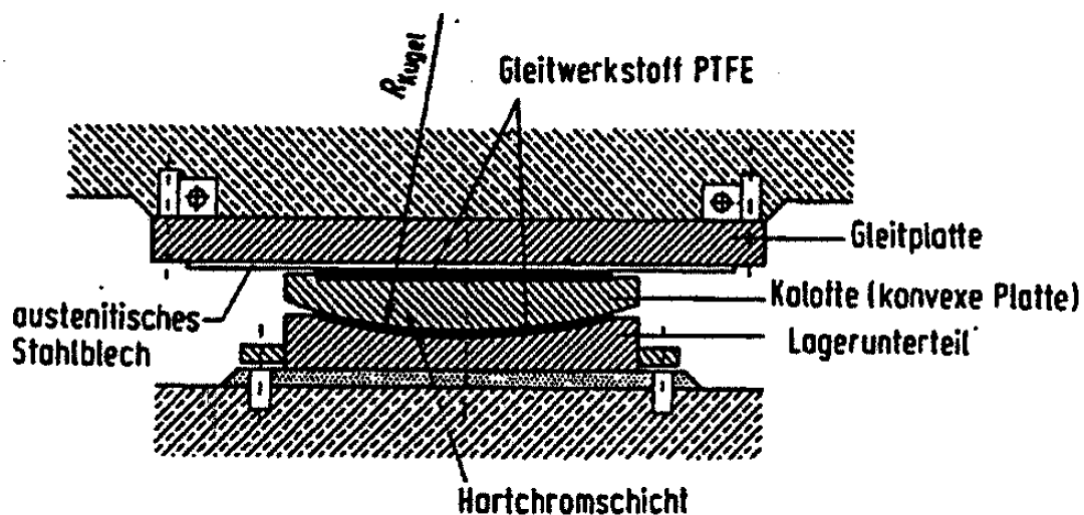


Abbildung 61 Aufbau eines allseits beweglichen Kalottenlagers (P) (Abb. aus Hegger J. 1997)

Als Punktkipplager gibt es Ausführungsmöglichkeiten als stählernes Punktkipplager, Kalottenlager, Topflager oder Elastomerlager. In voriger Abbildung wurde als Beispiel dafür ein Kalottenlager gewählt. Die Kalotte besitzt eine hartverchromte polierte Oberfläche und gleitet in einem konkaven Lagerunterteil, das zur Verringerung der Reibung mit PTFE beschichtet wird. Eine zweite Gleitfläche oberhalb der Kalotte dient zur zwängungsfreien Lagerung bei Auflagerverdrehungen (Hegger J., 1997).

Linienkipplager:

Bei Linienkipplagern (L, L1, L2) unterscheidet man neben den allgemeinen Prüfanweisungen unterschiedliche Prüfoptionen nach deren Bauart.

Tabelle 12 Prüfoptionen an Linienkipplagern

Kurzzeichen	Linienkipplager
L	c, g, h
L1G	c, e, f
L1R	c, e, g, h
L2G	c, f, e,

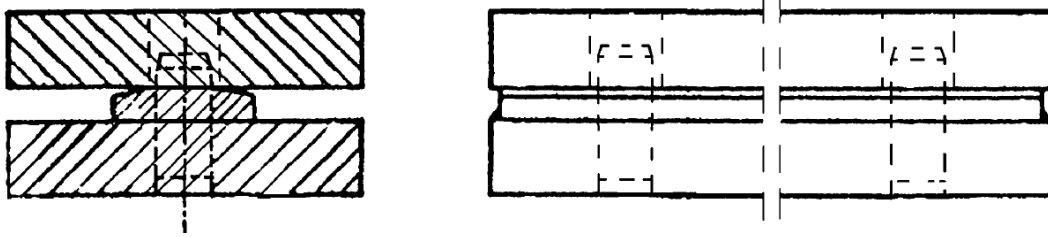


Abbildung 62 Stählernes Linienkipplager (L) (Abb. aus Ramberger, G.; 2002)

Das stählerne Linienkipplager zählt zu den ältesten Lagertypen. Dabei rollt eine ebene Stahlplatte über einen zylindrischen Körper ab und es treten zentriert sehr hohe Kräfte auf (Mehlhorn G., 2010).

Festpunktlager und Führungslager:

Diese Lagertypen (F, F1) übernehmen keine vertikale Lastabtragung. Neben den allgemeinen Prüfanweisungen ist das Festpunktlager F nach **c** und das Führungslager F1 nach **c** und **e** zu prüfen.

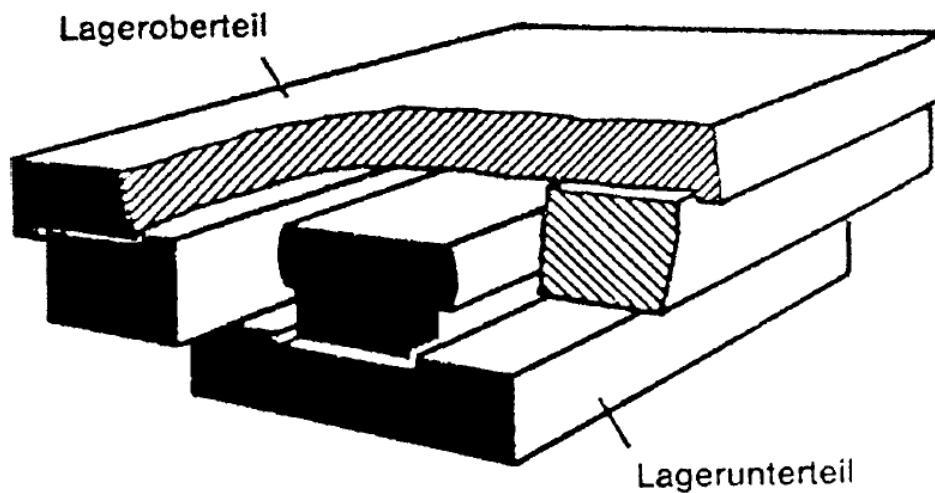


Abbildung 63 Beispiel eines Führungslagers (F1) (Abb. aus Mehlhorn G. 2010)

Führungslager übertragen keine vertikalen Kräfte. Es werden Horizontalkräfte nur in eine Richtung über den Anpressdruck der beiden Gleitflächen von Lagerunterteil und Lageroberteil übertragen.

- **Brückensoftwarespezifische Erfassung der Lager**

Die Eingabe der Brückenlager erfolgt im Büro, über das Auswählen aus einer Datenbank, die einen Großteil aller Lager abdecken soll. Anschließend erfolgt die lagerrichtige Zuordnung im Modell. Je nach Lagertyp werden dann von der mobilen Applikation Prüfoptionen für den jeweiligen Lagertyp ausgegeben. So entsteht die Sicherheit, dass vom Prüfer vor Ort keine Prüfoption am Brückenlager übersehen wird. Von der RVS 15.04.41 verlangte Toleranzen könnten über die Software überprüft werden. Wird bei einer Prüfung ein Wert unterschritten, taucht automatisch ein Warnhinweis auf (z.B. Unterschreitung der Gleitschichtdicke bei PTFE unter 0,5mm). Weiters wäre es denkbar, dass anhand der Software die eingegebene Verformung mit Verformung in Abhängigkeit von der vorherrschenden Temperatur vergleicht und so Aufschluss über das Tragverhalten geben könnte. Damit liesen sich auch maximal zulässige Lagerstellungen überprüfen und ein weiteres Warnsystem einrichten.

4.8.3. *Fahrbahnübergänge*

- **Allgemeines**

Die Anforderungen an Fahrbahnübergänge sind:

- Die Gewährleistung der Überfahrbarkeit ohne Geschwindigkeitsreduktion.
- Bewegungen der Brücke ohne Zwängungen zu ermöglichen.
- Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks sollte erhöht werden. (Nguyen V. T., 2008)

Um den Anforderungen zu genügen, sind zufolge dieser Einwirkungen Bewegungen in der Fahrbahnebene aufzunehmen:

- Verkehrslast
- Temperaturgradient ΔT
- Stützensenkung Δy
- Kriechen

Bewegungen normal auf die Fahrbahnebene resultieren aus den Einwirkungen von (RVS 15.04.51):

- Auflagerverdrehungen
- Langzeitdurchbiegung von Kragplatten
- Fahrbahnlängsneigung
- Hebung des Tragwerkes (z.B. bei Reparaturarbeiten an Lagern)

Je nach Anforderung gibt es verschiedene Arten an Fahrbahnübergängen (Kracke E.-A., Lodde K., 2011)

- **ohne Übergang**
- **wasserdurchlässiger Übergang**
z.B. Fingerübergang, Schleppblechkonstruktion;
- **wasserundurchlässiger Übergang**
z.B. Übergänge aus Asphalt, Übergänge mit einem Dehnkörper (Matten-Dehnfuge, siehe Abbildung 65), Teppichübergänge und Übergänge mit mehreren Dehnkörpern;
- **Rollverschluss**

- **Prüfoptionen am Fahrbahnübergang nach RVS 15.04.51**

Die Überwachung der Fahrbahnübergänge hat gemäß RVS 13.03.11 zu erfolgen und ist demnach in Kontrollen und Prüfungen gegliedert.

Vor Beginn einer Prüfung hat eine Reinigung der Konstruktion an der Fahrbahnoberfläche zu erfolgen. An der Konstruktionsunterseite sind gegebenenfalls abnehmbare Schutzmaßnahmen zu entfernen, um eine Besichtigung zu ermöglichen.

Am Fahrbahnübergang hat eine Temperaturmessung, eine Kontrolle der Bewegungsmöglichkeit sowie eine Beurteilung der Geräuscentwicklung zu erfolgen. Weiters ist die Wasserdichtheit im Falle einer wasserdichten Ausführung zu prüfen. Verunreinigungen, Korrosionsschutz sowie die Verankerung im Tragwerk, als auch die Tragkonstruktion des Überganges

sind zu bewerten. Speziell beim Belagsanschluss ist auf Risse und Brüche zu achten.

Die Messung der **Spaltbreiten** ist bei allen Fahrbahnübergängen zur Beurteilung der Bewegungsmöglichkeit durchzuführen. Analog zu den Brückenlagern ist in der mobilen Applikation angedacht, die gemessene Spaltenbreite unter Berücksichtigung der jeweiligen Temperatur mit der zulässigen Spaltenbreite zu vergleichen und dies über einen Warnhinweis beim Überschreiten von Toleranzen nach RVS 13.04.51 anzuzeigen.

Am Beispiel eines Fahrbahnüberganges ist der zu messende Spalt dargestellt. Die Distanzmessung hat jeweils an den beiden Rändern, sowie in der Mitte des Tragwerkes, gemeinsam mit der Tragwerkstemperatur zu erfolgen. Bei einem Fahrbahnübergang aus mehreren Dehnkörpern ist die Summe der einzelnen Spaltbreiten zu berechnen.

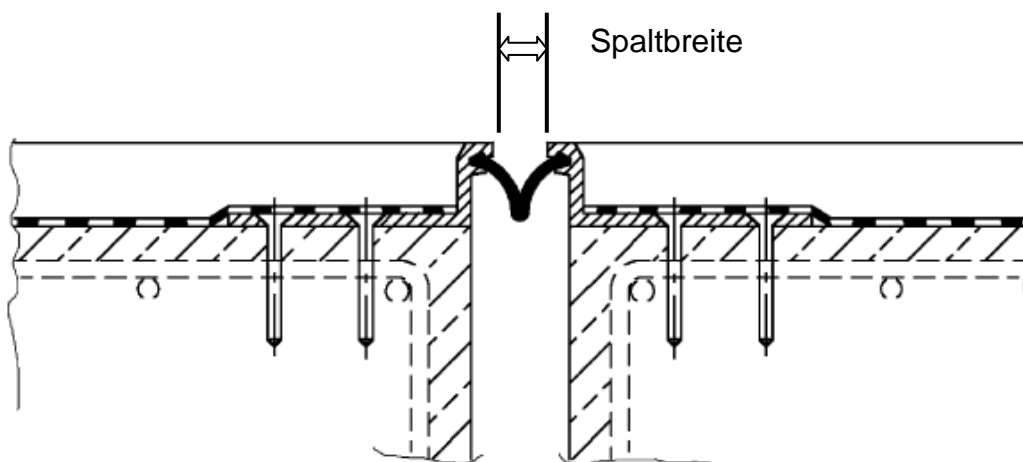


Abbildung 64 Fahrbahnübergang mit Lippendichtung (Abb. adaptiert aus Ramberger 2002)

Eine gängige Variante für Fahrbahnübergänge sind so genannte **Fingerkonstruktionen**. Dabei erfolgt die Messung der Spaltbreite in gleicher Weise wie bei anderen Fahrbahnübergängen.

In der folgenden Abbildung ist die zu messende Breite anhand einer Fingerkonstruktion eingezeichnet.

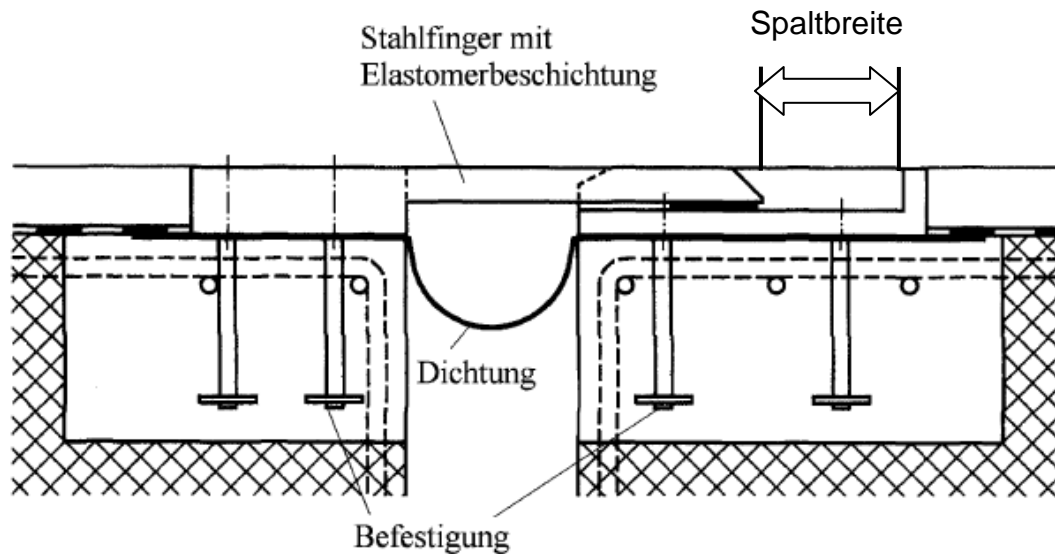


Abbildung 65 Fingerübergang mit gelagerten Fingern (Abb. adaptiert aus Mehlhorn, 2010)

- **Brückensoftwarespezifische Erfassung der Übergangskonstruktionen**

Analog zur Eingabe der Brückenlager ist eine Datenbank von den gängigen Typen zu erstellen, aus denen in der Office Applikation die Übergangskonstruktion des jeweiligen Brückenobjektes beim Erstellen des Modells ausgewählt werden kann.

Zur Erfassung der Schäden an den Übergangskonstruktionen ist in Abhängigkeit vom Bautyp ein Konstruktionsblatt abrufbar. Darin wird der Benutzer über eine Aufgabenliste durch die definierten Prüfoptionen nach RVS geleitet. In diesem Konstruktionsblatt werden die Bauwerkstemperatur und die Messergebnisse der Spaltbreite eingetragen.

4.8.4. Schrammborde, Randbalken

- **Allgemeines**

Randbalken dienen dem Abschluss der Fahrbahn und tragen so zu einer sicheren Führung des Verkehrs bei (Mehlhorn G., 2010). Zusätzlich bilden sie den Abschluss des Überbaus und der Dichtungsschicht und erhalten so auch einen wesentlichen gestalterischen Aspekt, da in der Seitenansicht oft nur der Randbalken sichtbar ist.

Die Abmessungen eines Randbalkens sowie die spätere zulässige Geschwindigkeit passen sich der Art der Brückennutzung (z.B. Wirtschaftsverkehr, Gehweg, Radfahrweg, etc.) an.

In der folgenden Abbildung ist eine Ausführungsvariante für eine Brücke an einem Wirtschaftsweg angeführt. Der wesentliche Unterschied zu einem herkömmlichen Randbalken liegt in der Höhe des Randbalkens von 20cm.

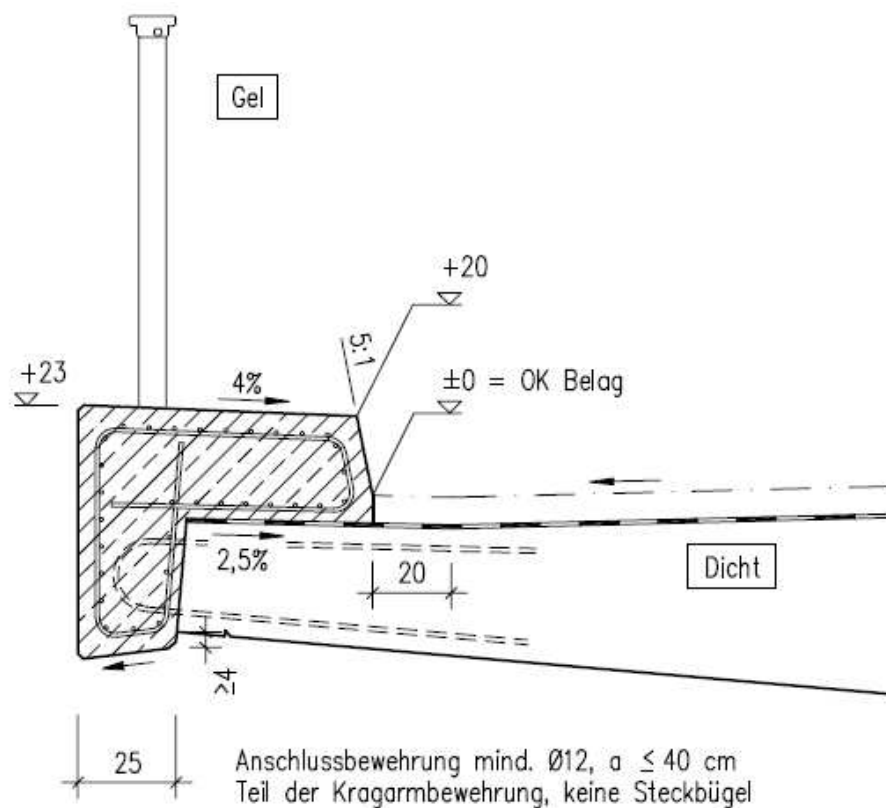


Abbildung 66 Kappe bzw. Randbalken bei Wirtschaftswegbrücken (Abb. aus RIZ-Ing, 2009)

Randbalken werden über die ganze Brückenlänge fugenlos ausgebildet. Ein Verbund zum Tragwerk erfolgt zumeist an den Stirnseiten des Oberbaus (Mehlhorn G., 2010).

- **Brückensoftwarespezifische Erfassung der Randbalken**

Die Erfassung der Randbalken erfolgt im Büro gemeinsam mit den Abmessungen der Grundrissform des Brückenoberbaus. In dessen Draufsicht sind neben der Fahrbahn auch die Randbalken ersichtlich. Die Aufnahme der Schäden vor Ort erfolgt ohne Unterschied zum Oberbau, wie es im Kapitel 2.4.2 genau beschrieben wurde. Nach Auswahl der abgewickelten Flächen oder Ansichtsflächen wird die Aufnahme der Schäden durchgeführt.

4.8.5. Sonstige Brückenausrüstung

- **Allgemeines**

Darunter fallen Brückenentwässerungen, Beleuchtung, Geländer, Verkehrszeichen und Fahrzeugrückhaltesysteme.

- **Brückensoftwarespezifische Erfassung der sonstigen Brückenausrüstung**

Die sonstige Brückenausrüstung wird, sofern kein Schaden besteht, in einer Tabelle in Textform beschrieben.

Die graphische Dokumentation der sonstigen Brückenausrüstung erfolgt bei Erkennung einer Fehlstelle. Die schadhafte Teile der sonstigen Brückenausrüstung, werden über vordefinierte Symbole von Schäden in der jeweils richtigen Lage im Modell der mobilen Applikation festgehalten. Zusätzliche Textinformationen sowie Fotos können dem Schaden hinzugefügt werden.

4.9. Schadensaufnahme nach RVS mit Softwareunterstützung

In Kapitel 2.4 wurde die Umsetzung von „Ponte Verde“ beschrieben, in der vorab frei definierte Symbole zur Schadensaufnahme herangezogen wurden. Bei der Anwendung ergibt sich daraus das Problem, dass sich mehrere aufzunehmende Mängel, wie z.B. Riss, Wasseraustritt und Sinterung zufolge eines Schadens äußern. Bei der Schadensaufnahme von Ponte Verde hätte dies zur Folge, dass drei Symbole, die in der Softwarelösung Schadensart, -größe und die Lage definieren, übereinander platziert würden. Die Entwicklung des Prototypen „Ponte Verde“ steht noch nicht am Ende und soll derzeit nur die Möglichkeit der Schadensaufnahme am iPad veranschaulichen.

Der Schadenskatalog in diesem Kapitel wurde auf Basis der österreichischen Richtlinie RVS und des Basislehrgangs für Brückenprüfer der FSV (Forschung Schiene Verkehr) erstellt und ist in weiterer Folge erst in die Softwarelösung einzuarbeiten.

Die Aufnahme der Schäden an den abgewickelten Flächen oder Ansichtsflächen unterscheidet sich je nach Schaden in zwei unterschiedliche Vorgehensweisen.

1. **Risse** werden direkt an der skalierten abgewickelten Fläche über die Touchscreen-Funktion unter Berücksichtigung der Lage, Länge und Neigung eingezeichnet. Nach Beendigung der Eingabe jedes einzelnen Risses öffnet sich ein Eingabefenster. Zusätzliche Informationen wie: Rissweite, Information in Textform und Fotos können in diesem Fenster hinzugefügt werden. Erst mit der Bestätigung der Eingabe durch das Schließen dieses Fensters wird die Eingabe bestätigt. Dadurch kann der Fehlerquelle, Risse ohne Willkür einzuzeichnen, vorgebeugt werden.

2. **Alle weiteren Schäden** wie z.B. Abplatzung, Korrosion, Hohlstelle etc. werden über ein Symbol oder Kürzel per „Drag and Drop“ an der abgewickelten Fläche in der Lage aufgenommen. Über die eingegebene Größe (Fläche) des Schadens im automatisch öffnenden Eingabefenster für Zusatzinformation, wird eine Umrandung in der abgewickelten Fläche eingezeichnet. Über den hinterlegten Raster an der Ansichtsfläche in der mobilen Applikation kann die Größe (Fläche) der Umrandung und somit des Schadens abgelesen werden. Alle zusätzlichen Informationen in Textform werden der jeweiligen Fehlstelle zugeordnet.

Zusätzlich zur Darstellung (Riss oder anderes Symbol/ Kürzel) wird jeder Schaden zur besseren Orientierung mit einer laufenden Nummer versehen.

Als Sonderfall ist es auch möglich unter einer laufenden Nummer mehrere Fehler zusammenzufassen. Dies kommt bei einem Schaden der sich über verschiedene Arten manifestiert vor. Ein solches Beispiel stellt eine Abplatzung mit freiliegender, korrodierter Bewehrung dar.

Eine Form dieser Schadensdokumentation wird von der FSV (Forschung Schiene und Verkehr) beim Seminar „Brückeninspektoren-Basislehrgang“ gelehrt. Diese Schulung ist Österreichweit die einzige in dieser Form.

Ein Auszug dieser in der Praxis angewandten Schadensaufnahme ist in Abbildung 67 ersichtlich. Dabei werden die Kürzel aus dem unter Kapitel 4.9.1. dargelegten Schadenskatalog verwendet. In einer abgewickelten Fläche einer Brücke ist jeder Schaden mit einer fortlaufenden Nummer gekennzeichnet, die in einem hochgestellten Viereck ersichtlich ist. Beim ersten Schaden mit der Nummer 11 handelt es sich um einen Riss mit einer Rissweite von 0,3mm, aus dem Wasser austritt und eine Sinterung vorhanden ist. Durch den Kreis mit der Nummer 11 und der angezeigten Richtung wird ein jeweiliges Foto dazu angezeigt. Beim Schaden 10 handelt es sich wiederum um einen Riss, aus dem Wasser austritt. Zusätzlich ersichtlich bei diesem Schaden sind eine Korrosion und eine Sinterung.

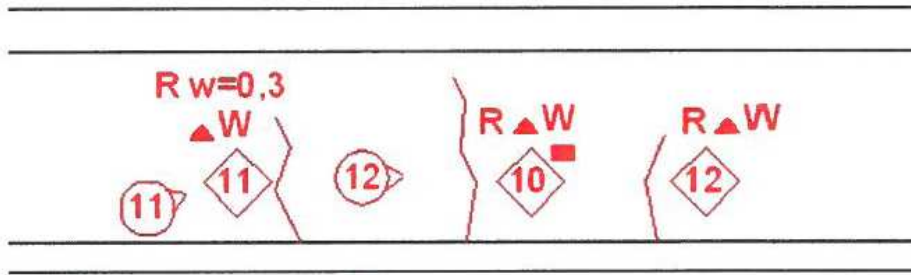


Abbildung 67 Beispiel einer graphischen Schadensdokumentation (Abb. aus Unterreiter J. 2008)

Bei der Erstellung eines Schadenkatalogs wurde als Grundlage neben der in Österreich gültigen RVS für Brückenprüfung auch die deutsche Richtlinie RI-EBW-Prüf herangezogen. Diese regelt eine einheitliche Erfassung und Bewertung von Schäden nach der Deutschen Norm DIN1076. Darin enthalten ist ein Schadenskatalog, der, wie bereits erwähnt, in das Programm SIB-Bauwerke eingearbeitet wurde und mit den einzelnen Bewertungen von Bauteilen eine Gesamtbewertung für ein Bauwerk errechnet (Klinzmann C., 2008).

Zur Softwareverwendung mit graphischer Erfassung wurde ein Schadenskatalog erstellt, in dem wesentliche Schäden beinhaltet werden. Es wurde dabei bewusst, um eine Benutzerfreundlichkeit zu gewährleisten, ein reduzierter Schadenskatalog erstellt. In der Bedienerfreundlichkeit gestaltet es wesentlich einfacher, wenn spezielle, eher seltene Schäden unter einem allgemeinen Schaden mit einem gewissen Symbol zusammengefasst werden und erst in der zusätzlichen Information genauer definiert werden.

4.9.1. Schadenskatalog

In der folgenden Tabelle sind mögliche auftretende Schäden mit deren aufzunehmenden Parametern und Darstellungen nach RVS aufgelistet. In Kombination mit den in Kapitel 4.2. dargestellten praxisrelevanten Abkürzungen der Lage- und Bauteilbezeichnungen erfolgt die Zuordnung der Lage der abgewickelten Fläche und deren Schäden.

Tabelle 13 Schadenskatalog und Darstellung

Schadensart	Aufzunehmende Parameter	Darstellung/ Kürzel
Riss	Länge, Neigung, Lage, Rissweite	R
Freiliegende Bewehrung	Fläche, Lage	#
Zu geringe Betondeckung	Fläche, Lage	ÜD
Freiliegendes Hüllrohr	Fläche, Lage, verpresst oder unverpresst	^
Feuchtstelle, Wasser	Fläche, Lage	W
Korrosion	Fläche, Lage	■
Sinterung	Fläche, Lage	▲
Hohlstelle	Fläche, Lage	H
Kiesnest	Fläche, Lage	N
Betonabplatzung	Fläche, Lage	A
Poröser Beton	Fläche, Lage	P
Verschmutzung	Fläche, Lage	V
Bewuchs	Fläche, Lage	sF
Spurrinnen	Tiefe, Lage	sF
Ausbrüche im Belag	Lage	
Setzung	Lageänderung, Lage	S
Sonstige Fehlstelle	Lage, Beschreibung	sF
Probenentnahme	Lage, Beschreibung	P(rüfung)
Bohrkernentnahme	Lage	P(rüfung)
Chloridisierung	Lage	P(rüfung)C
Karbonatisierung	Lage	P(rüfung)K
Pilzbefall	Fläche, Lage	sF
Unterspülung	Tiefe, Lage	sF
Anprallschaden	Art, Lage	sF
Prüfung nicht möglich	Grund, Lage	Pnm

4.9.2. Schäden nach Bauteilen gegliedert

In der RVS 13.03.11. wird festgehalten, welche Schäden dokumentiert werden müssen. Im folgenden Absatz wird eine Gliederung der Schäden nach Bauteilen durchgeführt, die als Grundlage für eine Einschränkung (Schnellauswahl) der gezeigten Schadenssymbole der mobilen Applikation dient.

Zur Unterstützung einer Kontrolle oder Prüfung kann die folgende Gliederung als Checkliste für eine vollständige Prüfung herangezogen werden.

Schäden am Unterbau nach RVS 13.03.11:

- Lagemäßige Veränderung der Pfeiler, Widerlager und Flügel
- Setzungen, Verschiebungen, Verdrehungen und Verdrückungen
- Gerinnesicherung, Kolke und Anlandungen, Uferanbrüche
- Wasseraustritte
- Rutschungen

Schäden an den Bauteilen: Widerlager, Flügel, Pfeiler und Auflagerbänke und Überbau nach RVS 13.03.11

- Risse
- Ausblühungen
- Aussinterungen
- Rostfahnen
- Abplatzungen
- Freiliegende Bewehrung
- Feuchtstellen
- Abwitterungen
- Zustand der Fugen
- Verschmutzungen (vor allem im Auflagerbereich)

- Karbonatisierung (Lage der Probenentnahme)
- Chloridisierung (nur Lage der Probenentnahme wird im Labor untersucht)
- Frost- und Tausalzschäden

Schäden an der Brückenausrüstung nach RVS 13.03.11:

Lager, Gelenke, Fahrbahnübergänge

- Lagerstellung
- Fahrbahnübergänge – Bewegungsmöglichkeit
- Funktionsfähigkeit der Dichtprofile
- Lockerung oder Fehlen von Teilen (Profile, Gehwegabdeckungen)
- mechanische Beschädigungen
- Zustand der Fahrbahndecke (Risse, Ausbrüche, Höhenunterschiede), Anschlussfugen, Lärmentwicklung (außergewöhnliches Klappern), Korrosion

Fahrbahndecken und Gehwegbeläge

- Belagschäden
- Verdrückungen
- Spurrinnen
- Hohlstellen
- Risse (Netzrisse)
- Ausmagerungen und außergewöhnlicher Verschleiß

Abdichtung und Entwässerung

- Auffällige Veränderungen
- Ausblühungen
- Feuchtstellen

Randbalken

- Auffällige Veränderungen an: Randbalken, Gesimse, Leitwände, Brüstungen, Mittelstreifen aus Beton

Sonstige Ausrüstung

z.B. Geländer, Leitschienen, Beleuchtungsmasten, Lärmschutzeinrichtungen, Schnee- und Spritzschutz, Überkopfwegweiser

- Oberflächenbeschaffenheit
- Bewegungsmöglichkeit
- Zustand der Verankerung
- Beschädigungen
- Zustand

Besichtigungseinrichtungen

z.B. ortsfeste Leitern, Treppen, Besichtigungsstege

4.10. Fotodokumentation

Ein Teil des unter 4.11. beschriebenen Prüfberichts besteht aus einer Fotodokumentation in der schwerwiegenden Schäden nach Ermessen des Brückenprüfers optisch festgehalten werden. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, mit einer beliebigen, nicht integrierten Kamera Fotos aufzunehmen und im Anschluss mit dem jeweiligen Schaden in der Office Applikation zu verknüpfen. Da dies aber wiederum einen erheblichen Arbeitsaufwand im Büro darstellen kann, wird die Verwendung der integrierten Kamera, der mobilen Hardware (siehe Kapitel 3.) empfohlen. Über die Auswahl eines bereits eingegebenen Schadens durch die Touchscreen-Funktion öffnet sich das Fenster der Zusatzinformationen, in dem die Kamera bedient werden kann. Das aufgenommene Foto ist so automatisch einem Schaden zugewiesen.

Jeder Schaden von dem ein Foto gemacht wurde, erhält an der eingezeichneten Schadensnummer in der Ansichtsfläche eine zusätzliche Markierung. Dem Brückenprüfer wird in der abgewickelten Fläche eine Übersicht geboten, von welchem Schaden ein Foto gemacht, sowie verknüpft wurde und von welchem nicht.

Über die laufende Nummerierung der Schäden kann jedes Foto der Fotodokumentation zugeordnet werden.

Bei der Nachbearbeitung des Prüfberichts im Büro besteht die Möglichkeit, weitere Bilder von anderen Kameras hinzuzufügen oder bereits verknüpfte Fotos bei denen die Qualität nicht in Ordnung ist wieder zu löschen.

4.11. Prüfbericht und Ergebnisse

Der Prüfbericht beinhaltet das abschließende Ergebnis einer Brückenprüfung und bewertet den IST-Zustand einer Brücke. Jedes Objekt und jeder Bauteil muss nach über das vorgegebenen Bewertungssystem (RVS 13.03.11) beurteilt werden.

Tabelle 14 Bewertungssystem für Objekte und Bauteile (Tab. aus RVS 13.03.11)

1 – sehr guter Zustand
2 – guter Zustand
3 – ausreichender Zustand
4 – mangelhafter Zustand
5 – schlechter Zustand

Tabelle 15 Bezug des Bewertungssystems auf ein Objekt (Tab. aus RVS 13.03.11)

Note	Beschreibung
1	Keine oder sehr geringe Schäden. Mängel aus der Bauzeit wie Abweichungen der Abmessungen, ästhetische Mängel. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Keine Instandsetzung erforderlich.
2	Geringe, leichte Schäden; Mängel aus der Bauherstellung, die noch keine Verschlechterung zeigen. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit. Bei Nichtbeheben kommt es erst längerfristig zu einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit bzw. Dauerhaftigkeit. Behebung im Zuge von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten empfohlen.
3	Mittelschwere Schäden, die keine Einschränkung der Tragfähigkeit zur Folge haben. Es sind Anzeichen einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit bzw. Dauerhaftigkeit des Bauwerks zu erkennen. Eine Instandsetzung sollte mittelfristig in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben.
4	Schwere Schäden, die derzeit noch keine Einschränkung der Tragfähigkeit zur Folge haben. Es ist eine Verminderung der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit deutlich erkennbar. Eine Instandsetzung sollte kurzfristig in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben. Eine Instandsetzung kann innerhalb der genannten Frist zugunsten einer neuerlichen Prüfung/Sonderprüfung ausgesetzt werden (Prüfintervall verkürzen).
5	Sehr schwere Schäden, die eine Einschränkung der Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit bis zum Abschluss der Instandsetzung/Erneuerung zur Folge haben. Instandsetzungs-/Erneuerungsarbeiten sind unverzüglich einzuleiten.

In der vorigen Tabelle ist die Beurteilung über das Notensystem nach RVS dargestellt, das sich auf ein Objekt bezieht. Über diese Beschreibung wird eine Vereinheitlichung trotz verschiedener Brückenprüfer abgezielt. Eine geringe Abweichung durch die individuelle Handhabung der Prüfer kann jedoch nicht vermieden werden.

Diese in Tabelle 15 dargestellte Gesamtnote für ein Brückenbauwerk setzt sich aus den einzelnen Bewertungen jedes Bauwerks zusammen. Aufschluss über die Schadensbilder und die zugehörige Bewertung jedes einzelnen Bauteils gibt die folgende Tabelle 16.

Tabelle 16 Bauteilbewertung (Tab. aus RVS 13.03.11)

Note	Beschreibung														
1	Keine oder sehr geringe Schäden. Mängel aus der Bauzeit wie Abweichungen der Abmessungen, ästhetische Mängel. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Keine Instandsetzung erforderlich.														
2	Geringe, leichte Schäden, Mängel aus der Bauherstellung, die noch keine Verschlechterung zeigen. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit. Bei Nichtbeheben kommt es erst längerfristig zu einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit. Behebung im Zuge von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten empfohlen.														
3	Mittelschwere Schäden an den Bauteilen oder mehrere leichte Schäden. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit. Es sind Anzeichen einer Verminderung der Funktionstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit des Bauteils zu erkennen. Eine Instandsetzung sollte mittelfristig in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben. <u>Beispielhaft angeführte Schadensbilder:</u> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; vertical-align: top;">Unterbau</td> <td>Verdrehungen/Verschiebungen, Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterungen, beginnende Kolkbildung usw.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Überbau</td> <td>Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterungen, beginnende flächenhafte Korrosionserscheinungen, beginnende Schäden an Stahl-/Holzverbindungen, offene Koppelfugen ohne Aussinterungen usw.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Belag</td> <td>Leichte Spurrinnenbildung, beginnende Netzrisse, leichte Verdrückungen, leichte Setzungen im Geh-/Radwegbereich usw.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Lager</td> <td>Unbedenkliche Fehlstellung, leichte Risse bei Elastomerlagern, Korrosion usw.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Fahrbahnübergang</td> <td>Undichtigkeit, Anschlussprobleme zur Fahrbahndecke, flächenhafte Korrosion an der Unterseite, unbedenkliche Fehlstellung usw.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Abdichtung, Entwässerung Randbalken</td> <td>Geringe Umläufigkeit, Korrosion der Abläufe usw. Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, offene Fugen, Frost-/Tausalzschäden usw.</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Sonstige Ausrüstung</td> <td>Flächenhafte Korrosion, geringfügige mechanische Beschädigung, beginnende Fäulnisbildung bei Holzbauteilen usw.</td> </tr> </table>	Unterbau	Verdrehungen/Verschiebungen, Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterungen, beginnende Kolkbildung usw.	Überbau	Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterungen, beginnende flächenhafte Korrosionserscheinungen, beginnende Schäden an Stahl-/Holzverbindungen, offene Koppelfugen ohne Aussinterungen usw.	Belag	Leichte Spurrinnenbildung, beginnende Netzrisse, leichte Verdrückungen, leichte Setzungen im Geh-/Radwegbereich usw.	Lager	Unbedenkliche Fehlstellung, leichte Risse bei Elastomerlagern, Korrosion usw.	Fahrbahnübergang	Undichtigkeit, Anschlussprobleme zur Fahrbahndecke, flächenhafte Korrosion an der Unterseite, unbedenkliche Fehlstellung usw.	Abdichtung, Entwässerung Randbalken	Geringe Umläufigkeit, Korrosion der Abläufe usw. Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, offene Fugen, Frost-/Tausalzschäden usw.	Sonstige Ausrüstung	Flächenhafte Korrosion, geringfügige mechanische Beschädigung, beginnende Fäulnisbildung bei Holzbauteilen usw.
Unterbau	Verdrehungen/Verschiebungen, Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterungen, beginnende Kolkbildung usw.														
Überbau	Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterungen, beginnende flächenhafte Korrosionserscheinungen, beginnende Schäden an Stahl-/Holzverbindungen, offene Koppelfugen ohne Aussinterungen usw.														
Belag	Leichte Spurrinnenbildung, beginnende Netzrisse, leichte Verdrückungen, leichte Setzungen im Geh-/Radwegbereich usw.														
Lager	Unbedenkliche Fehlstellung, leichte Risse bei Elastomerlagern, Korrosion usw.														
Fahrbahnübergang	Undichtigkeit, Anschlussprobleme zur Fahrbahndecke, flächenhafte Korrosion an der Unterseite, unbedenkliche Fehlstellung usw.														
Abdichtung, Entwässerung Randbalken	Geringe Umläufigkeit, Korrosion der Abläufe usw. Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, offene Fugen, Frost-/Tausalzschäden usw.														
Sonstige Ausrüstung	Flächenhafte Korrosion, geringfügige mechanische Beschädigung, beginnende Fäulnisbildung bei Holzbauteilen usw.														

4	Schwere Schäden an den Bauteilen. Derzeit noch keine Einschränkung der Tragfähigkeit erforderlich, jedoch Verminderung der Funktionstauglichkeit und/oder der Dauerhaftigkeit deutlich erkennbar. Instandsetzung kurzfristig beginnen, um die Funktionstauglichkeit und/oder Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben. <u>Beispielhaft angeführte Schadensbilder:</u>	
	Unterbau:	Großflächige Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, massive Rissbildung mit/ohne Aussinterungen, ausgeprägte Kolkbildung usw.
	Überbau:	Großflächige Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, massive Rissbildung mit/ohne Aussinterungen, flächenhafte Korrosionserscheinungen mit Querschnittsminderungen, schadhafte Stahl-/Holzverbindungen, Schweißnahttrisse, Verbeulungen usw.
	Deckschicht:	Massive Spurrinnenbildung, Verdrückungen und Ausbrüche, Setzungen im Geh-/Radwegbereich usw.
	Lager:	Einschränkung der Verformungsfähigkeit bzw. des erforderlichen Bewegungsspielraumes, massive Risse bei Elastomergelagern, massive Korrosion, gravierende Mängel der Lagersockel bzw. des Versetzmörtels usw.
	Fahrbahnübergang:	Massive Undichtigkeit, größere Niveauunterschiede zur Fahrbahndecke, eingeschränkter Dehnweg, schwere mechanische Beschädigungen, massive Schlaggeräusche usw.
	Abdichtung, Entwässerung:	Zahlreiche Feuchtstellen, Umläufigkeit, eingeschränkte Funktionsfähigkeit der Entwässerung, größere Niveauunterschiede zur Fahrbahndecke, Beschädigungen bzw. massive Korrosion der Abläufe, mangelhafte Leitungsaufhängungen, usw.
	Randbalken:	Massive Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, massive Rissbildung mit/ohne Aussinterungen, massive Frost-/Tausaltschäden. Lockere Bordsteine usw.
	Sonstige Ausrüstung:	Flächenhafte Korrosionserscheinungen mit Querschnittsminderungen, mechanische Beschädigung, Fäulnisbildung bei Holzbauteilen, mangelhafte Befestigungen usw.
5	Sehr schwere Schäden an den Bauteilen. Fehlende Ausrüstungsteile. Einschränkung der Tragfähigkeit bzw. der Gebrauchsfähigkeit. Instandsetzungsarbeiten/Erneuerung unverzüglich einleiten.	

Bestandteile des Prüfberichts:

Deckblatt

Ein eindeutiges Foto zur Identifikation des Bauwerks ist am Deckblatt ersichtlich. Neben prägnanten Brückendaten zur Lage des Bauwerks werden der Prüfer, das Prüfdatum und die zuständige Institution angeführt. Die Objektbewertung ist zur sofortigen Erkennung des jeweiligen Zustandes leicht hervorgehoben dargestellt.

In Abbildung 68 ist das Beispiel eines Deckblattes der Kärntner Landesregierung angeführt.

Prüfer:	Bewertungsklasse
Prüfdatum: 18.10.04	3
Eingelangt:	
In die Datenbank eingetragen:	

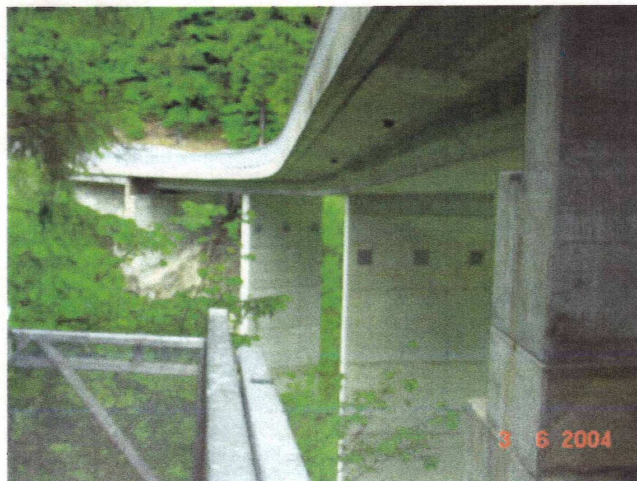
Brückenprüfung 2004

gemäß der Richtlinie für die Überwachung und Prüfung von Straßenbrücken.

Rübengrabenbrücke

Straßenzug: B111 Gailtal Straße
 Stationierung: km 79,80
 Brückennummer: 1063

Übersichtsfoto



Abteilung Brückenbau / Brückenprüfung: Sachgebietsleiter:
 Projektleiter:

Abbildung 68 Deckblatt eines Prüfberichts (Beispiel der Kärntner Landesregierung 2004)

Befund

Der Befund liefert eine Übersicht zur Beurteilung der Brücke. Dabei werden vorgegebene grundlegende Feststellungen für eine weitere Bearbeitung nach dem jeweiligen Bauwerkszustand beantwortet.

Als Beispiel dient der Auszug aus einem Prüfbericht der Kärntner Landesregierung in der folgenden Tabelle. Die Feststellungen werden als Ergebnis des Brückenprüfers von diesem mit „JA“ oder „NEIN“ beantwortet.

Tabelle 17 Zusammenfassung Befund (Tabelle aus Prüfbericht Kärntner Landesregierung, 2001)

Die Funktionsfähigkeit und Belastbarkeit ist im bisherigen Umfang gegeben.	„Ja“ – „Nein“
Maßnahmen aus Gründen der Sicherheit sind erforderlich.	„Ja“ – „Nein“
Maßnahmen aus Gründen der Dauerhaftigkeit sind erforderlich.	„Ja“ – „Nein“
Erhaltungsmaßnahmen werden empfohlen.	„Ja“ – „Nein“
Besondere Prüfanweisungen für die Kontrolle.	„Ja“ – „Nein“
Eine Sonderprüfung ist durchzuführen.	„Ja“ – „Nein“
Jahr der nächsten Prüfung.	Jahreszahl

Sanierungsvorschlag

Alle Schäden, die die Dauerhaftigkeit erheblich beeinträchtigen, können nach eigenem Ermessen des Brückenprüfers in dieser Liste als Sanierungsvorschlag hervorgehoben werden. Eine Behebung dieser Mängel hat je nach Institution binnen einer gewissen Periode (drei Jahren – Kärntner Landesregierung) zu erfolgen.

Bei unverzüglich zu behebbenden Schäden ist dies in diesem Bereich des Prüfberichts festzuhalten. Jedem Sanierungsvorschlag ist eine laufende Nummer, der Name des betreffenden Bauteiles sowie die bezogenen Schäden und eine Anmerkung als Information in diesem Bereich des Berichts hinzuzufügen

Zustandsbewertung

Darunter versteht man eine Tabelle, in der alle Bauteile in Unter- und Oberbau gegliedert dargestellt werden. Zusätzlich erhalten diese eine Bauteilbewertung nach RVS 13.03.11. Zusätzlich ist eine Anmerkung zu jedem Bauteil vorgesehen.

Brückendatenblatt

Alle im Kapitel „Allgemeine Bauwerksdaten“ angeführten Daten werden hier dem Bericht beigelegt.

IST-Zustand des Tragwerks

Alle aufgenommenen Schäden am Tragwerk werden hier aufgelistet sowie in den jeweiligen abgewickelten Flächen graphisch dargestellt. Über die laufende Nummer des jeweiligen Schadens kann das zugehörige Foto gefunden werden, wobei der zugehörige Teil der Fotodokumentation des Tragwerks am Ende der Schadenslisten und der graphischen Darstellung angefügt werden kann.

IST-Zustand der Widerlager, Randbalken, Lager, Fahrbahnübergang

Wie am Tragwerk sollen alle Schäden der jeweiligen Brückenausrüstung dargestellt werden. Die Lage sowie die Beschreibung der Schäden können aufgelistet und graphisch dargestellt werden. Die Fotos werden über die laufende Nummer des Schadens zugeordnet.

Verhaimung

Die Verhaimungsmessung besteht aus der graphischen Übersicht der Bolzen, dem Diagramm der Verformung und dem Messprotokoll. Sollte die Verhaimungsmessung extern

vergeben worden sein, besteht die Möglichkeit Protokolle einzubetten.

Abkürzungen und Symbolbeschreibung

Alle zu verwendenden Abkürzungen von Bauteilen und Lagebezeichnungen sowie Symbole von Schadenstypen werden am Ende des Prüfberichts als Legende zusammengefasst dargestellt.

Die Erklärung der Bewertung des Objektes und der einzelnen Bauteile wird in einer Tabelle der gesamten Klassen angeführt.

5. Diskussion und Ausblick

In dieser Beschreibung der Software zur Computerunterstützten Brückenprüfung an Betonbrücken wurden alle relevanten Grundlagen erhoben, die im Zuge einer Untersuchung zur Ermittlung des Erhaltungszustandes der Brücke eine Rolle spielen.

Dies beinhaltet alle gängigen Ausführungsarten von Betonbrücken, deren Bestandteile sowie dessen Berücksichtigung bei einer Prüfung oder Kontrolle. Neben den Grundlagen des Brückenbaus wurden die Inhalte für Softwareentwickler zur Integration in einer Software ausgearbeitet und zusammengefasst. Einen wesentlichen Teil dieser Ausarbeitung stellt die graphische Schadensaufnahme vor Ort dar, in der Schäden an einem vereinfachten Modell einer Brücke dokumentiert werden. In Bezug auf den/die SoftwareentwicklerIn wurde die Eingabe des vereinfachten Brückenmodells über Parameter definiert, die sich aus den geometrischen Zusammenhängen ergeben. Über dieses Modell kann eine qualitative Darstellung zur Aufnahme von Schäden generiert werden.

Nach der erfolgten Schadensaufnahme des Brückenprüfers vor Ort werden die gewonnenen Daten im Büro abgeglichen, wo die Daten für den abschließenden Bericht über den Zustand des Bauwerks herangezogen werden.

Wie bereits angesprochen dient diese Masterarbeit einerseits den/der Softwareentwickler/In für die Umsetzung, andererseits stellt sie zusammenfassend die Tätigkeit eines Brückenprüfers dar, für den es als Nachschlagewerk und Unterstützung bei einer Brückenprüfung dienen kann.

Bei intensiver Auseinandersetzung mit der Thematik erkennt man den als Diskussionsgrundlage dienenden Nachteil der Software, dass die Anwendung der Spezifikation nur für Betonbrücken angedacht ist. Alle weiteren Brückentragwerke, wie Stahl- oder Verbund- sowie Holzbrücken wurden hier nicht behandelt.

Die Statistik zeigt aber, dass 80%-90% aller Brücken nach der Fläche aus Beton oder Stahlbeton bestehen und könnten nach einer Umsetzung dieser Spezifikation computerunterstützt geprüft werden.

Eine Erweiterung zur Computerunterstützten Schadensaufnahme von Brücken Konstruktionen aus Stahl ist derzeit nicht angedacht.

Nach dem Stand der derzeitigen Spezifikation könnten bei Verbundbrücken Fehlstellen an der üblichen Druckplatte aus Beton aufgenommen werden. Dieser Fall würde einem einfachen Plattenquerschnitt entsprechen. Eine Überprüfung der tragenden Stahlkonstruktion bei einer Verbundbrücke aus Stahl-Beton ist derzeit nicht vorgesehen.

Neben der Prüfung von Brücken kann eine graphische Schadensdokumentation an sämtlichen Betonoberflächen, wie z.B. Stützwände oder Tunnel, nach dieser Spezifikation unter Berücksichtigung der jeweils gültigen RVS durchgeführt werden. Durch die freie Definition von Flächen, an denen Schäden eingegeben werden ist dies möglich.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass bei einer Bearbeitung von anderen Bauwerken als Brücken eine weitere Ausarbeitung der jeweiligen Norm unbedingt erforderlich ist.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Unfallträchtige Gemeindebrücke über einen Bachverlauf (Abb. aus Liebl F., 2000).	10
Abbildung 2 Anzahl der Brücken des Landes Kärnten nach Straßenzug in%	14
Abbildung 3 Fläche der Brücken des Landes Kärnten nach Straßenzug in %	14
Abbildung 4 Gesamtlänge der Brücken des Landes Kärnten in %.....	15
Abbildung 5 Brückenbestand in m ² von Autobahnen, Schnellstraßen und Landesstraßen B– Entwicklung (aus Eichinger-Vill, 2010).....	16
Abbildung 6 Zunahme des LKW-Verkehrs in % ausgehend vom Jahr 1976 (aus Eichinger-Vill, 2010)	17
Abbildung 7 Screenshot- Oberfläche Fehlstellenaufnahme (links) und Fehlstellen in Listenform (rechts) (Abb. aus Petschacher Consulting, 2004).	25
Abbildung 8 Beispiel einer Schadensbeurteilung in SIB-Bauwerke (Abb. aus Abraham, 2006)	26
Abbildung 9 Schadensanalyse mit ScanPrint (aus Stubler J., Le Bis E., Le Diouron T., 2001)	27
Abbildung 10 Screenshot der Software „ScanPrint Management“ (aus Le Diouron T., 2005)	29
Abbildung 11 Screenshot der Software "BridgeView" (Abb. aus Cartegraph, 2011).....	30
Abbildung 12 Screenshot der Demo "BridgeInspect Collector" (Abb. aus inspect t ech, 2006).....	31
Abbildung 13 Oberfläche von Pontis im Überprüfungs-Modus (Abb. aus Robert W. E., Marshall A. R., Shepard R. W., Aldayuz J., 2002)	32
Abbildung 14 Übersichts-Use-Case-Diagramm des gesamten Softwaresystems.....	34

Abbildung 16 Übersicht des dreigeteilten Bildschirms der Schadensaufnahme	39
Abbildung 17 Bereich 1 - Die vereinfachte Ansicht einer Brücke (Teil eines Screenshots von Ponte-Verde 2011)	40
Abbildung 18 Bereich II - Darstellung eines vereinfachten Brückenquerschnitts (Ausschnitt des Screenshots von Ponte-Verde 2011)	41
Abbildung 19 Bereich III - Umsetzung der Ansichtsfläche von oben zur Schadensaufnahme vor Ort (Ausschnitt Screenshot von Ponte Verde 2011)	42
Abbildung 20 Parameter der Risseingabe.....	43
Abbildung 21 Umsetzung der Risseingabe am vereinfachten Widerlager (Screenshot von Ponte-Verde 2011).....	43
Abbildung 22 Eingabe der Rissdaten (Screenshot von Ponte-Verde 2011).	44
Abbildung 23 Umsetzung der Schadenseingabe durch "Drag and Drop" (Auszug eines Screenshots von Ponte-Verde).....	45
Abbildung 24 Umsetzung von Ponte-Verde zur Eingabe frei definierbarer Flächen (Screenshot von Ponte-Verde).....	46
Abbildung 25 Outdoor Tablet: Acturion –Durios DT390 (Abb. aus Acturion, 2011).....	51
Abbildung 26 Outdoor Tablet: Logic Instrument - TETRA iX104 C5 (Abb. aus Logic Instrument Deutschland, 2011).....	52
Abbildung 27 Tablet: Apple - iPad2 (Abb. aus Apple Inc. 2011)	53
Abbildung 28 Bezeichnungen anhand eines Brückenlängsschnitts (Abb. aus Hegger J. 1997)	58
Abbildung 29 Bezeichnungen anhand eines Brückenquerschnitts (Abb. aus Hegger J. 1997)	59
Abbildung 30 Abkürzungen anhand eines Kastenquerschnitts	61
Abbildung 32 Beispiel für einen Brückenquerschnitt als Platte mit Hohlkörper	65
Abbildung 33 Beispiel Eingabeparameter eines Querschnitts als Plattenbalken mit einem vollwandigen Steg und voller Platte gevoutet.....	66

Abbildung 34 Beispiel Eingabeparameter eines Querschnitts als Plattenbalken mit zwei Stegen	66
Abbildung 35 Beispiel Eingabeparameter eines Plattenbalken mit drei Stegen	66
Abbildung 36 Beispiel Eingabeparameter einzelliger Hohlkasten	67
Abbildung 37 Beispiel Eingabeparameter zweizelliger Hohlkasten	67
Abbildung 38 Beispiel eines Trogquerschnitts (Abb. aus Mehlhorn G. 2010)	68
Abbildung 39 Die Gerade als Grundrisselement. (Skriptum Verkehr TU Graz, Teil 2- Trassierung, Seite 5)	69
Abbildung 40 Der Kreisbogen als Grundrisselement. (Skriptum Verkehr TU Graz, Teil 2- Trassierung, Seite 5)	69
Abbildung 41 Der Übergangsbogen in Form einer Klothoide (Skriptum Verkehr TU Graz, Teil 2- Trassierung, Seite 5)	70
Abbildung 42 Trassierungsbeispiel - Anordnung der einzelnen Elemente ...	71
Abbildung 43 Definition von Abschnitten	74
Abbildung 44 Sonderbauteil an einem Querschnittsübergang	76
Abbildung 45 Skizze zur Berechnung - Grundrisselement Gerade inklusive Aufweitung am Beispiel Bodenplatte	78
Abbildung 46 Skizze Berechnung - Grundrisselement Bogen	80
Abbildung 47 Krümmungsbild einer Klothoide in Abhängigkeit von der Bodenlänge und der Krümmung (Abb aus Hinterseher M., 1999)	83
Abbildung 48 Beschreibende Parameter einer Klothoide (Abb. aus Hinterseher M., 1999)	84
Abbildung 49 Übergangsbogen Skizze zur Berechnung. (aus Skriptum Eisenbahnwesen TU Graz Kapitel 5 Trassierung)	85
Abbildung 50 Kastenwiderlager in Grundriss, Ansicht und Schnitt (Abb. aus Hegger J., 1997)	89
Abbildung 51 Flügel und Böschungsvarianten (Abb. aus Mehlhorn G., 1997)	90
Abbildung 52 Typische Pfeilerquerschnitte und Pfeilerkopfausführungen (Abb. aus Mehlhorn G., 2010)	92

Abbildung 53 Brückenausrüstung (aus Tue N. V., 2007)	94
Abbildung 54 Schubverformung eines Elastomerlagers unter der Beanspruchung H (Abb. adaptiert aus Sparowitz L., 2008)	97
Abbildung 55 Kippwinkel eines Elastomerlagers unter Beanspruchung M, H (Abb. aus Sparowitz L.,2008)	98
Abbildung 56 Anzeigevorrichtung Lagerverschiebung (Abb aus Sparowitz L., 2008)	99
Abbildung 57 Prüfoptionen S_1 und S_2 anhand eines Gleitlagers (Abb. aus RVS 15.04.41)	99
Abbildung 58 Prüfoptionen Winkelverdrehung über S_2 anhand eines Kipplagers (Abb. aus RVS 15.04.41)	100
Abbildung 59 Allseits bewegliches verankertes Elastomerlager mit Stahleinlagen (V_2 verankert) (Abb. aus Mehlhorn G., 2010)	101
Abbildung 60 Prinzipielle Darstellung eines Verformungsgleitlagers (Abb. aus Hegger J., 1997)	102
Abbildung 61 Aufbau eines allseits beweglichen Kalottenlagers (P) (Abb. aus Hegger J. 1997)	103
Abbildung 62 Stählernes Linienkipplager (L) (Abb. aus Ramberger, G.; 2002)	104
Abbildung 63 Beispiel eines Führungslagers (F1) (Abb. aus Mehlhorn G. 2010)	104
Abbildung 64 Fahrbahnübergang mit Lippendichtung (Abb. adaptiert aus Ramberger 2002)	107
Abbildung 65 Fingerübergang mit gelagerten Fingern (Abb. adaptiert aus Mehlhorn, 2010)	108
Abbildung 66 Kappe bzw. Randbalken bei Wirtschaftswegbrücken (Abb. aus RIZ-Ing, 2009)	109
Abbildung 67 Beispiel einer graphischen Schadensdokumentation (Abb. aus Unterreiter J. 2008)	113
Abbildung 68 Deckblatt eines Prüfberichts (Beispiel der Kärntner Landesregierung 2004)	122

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Das österreichische Straßennetz (Eichinger-Vill, 2010)	12
Tabelle 2 Brückenbauwerke in Österreich (Eichinger-Vill, 2010)	13
Tabelle 3 Brückenbauwerke des Landes Kärnten (Stand 2005)	13
Tabelle 4 Praxisbezogene Abkürzungen von Lage- und Abmessungsbeschreibungen (Prüfbericht Landesregierung Kärnten, 2001)	60
Tabelle 5 Praxisbezogene Abkürzungen von Bauteilen (Prüfbericht Landesregierung Kärnten, 2001).....	60
Tabelle 6 Berechnungsbeispiel Grundrisselement Gerade	79
Tabelle 7 Berechnungsbeispiel Grundrisselement Bogen.....	82
Tabelle 8 Berechnungsbeispiel Grundrisselement Klothoide	87
Tabelle 9 Verbindungsarten zwischen Oberbau/Stütze sowie Stütze/Fundament (Abb. aus Mehlhorn G., 2010).....	91
Tabelle 10 Lagertypen (Abb. aus RVS 15.04.41).....	96
Tabelle 11 Prüfoptionen an Punktkipplagern nach deren Bauart (RVS 15.04.41).....	102
Tabelle 12 Prüfoptionen an Linienkipplagern	103
Tabelle 13 Schadenskatalog und Darstellung.....	114
Tabelle 14 Bewertungssystem für Objekte und Bauteile (Tab. aus RVS 13.03.11).....	119
Tabelle 15 Bezug des Bewertungssystems auf ein Objekt (Tab. aus RVS 13.03.11).....	119
Tabelle 16 Bauteilbewertung (Tab. aus RVS 13.03.11)	120
Tabelle 17 Zusammenfassung Befund (Tabelle aus Prüfbericht Kärntner. Landesregierung, 2001)	123

Literaturverzeichnis

Aashto, 2011, Washington DC, USA, Zugriff am 12.10.2011 unter:
<http://www.aashtoware.org/Pages/Pontis.aspx>

Abram M., 2003, Kommunales Rechenzentrum Niederrhein (KRZN) Moers
Zugriff am 08.10.2011 unter:
<http://www.krzn.de/C1256E2D004089B9/0/F19A0FFADC68715CC1256E310035463B?OpenDocument&knotenid=K09>

Acturion Datasys GmbH, 2008,
Zugriff am 06.10.2011 unter: <http://www.xplorettech.de/de/home/neuigkeiten-und-meldungen/durios-t10-ultimate.html>

Acturion, Deutschland, 2011, Durios DT390
Zugriff am 06.10.2011 unter: <http://www.acturion.com/PDFs/DT390.pdf>

Advitam, 2010: Zugriff am 22.09.2011 <http://joomla.advitam-usa.com/images/Documents/scanprint%20en.pdf>

Andric I., 1971, Brücken der Welt, (Hrsg. O. Bihalji-Merin) C.J. Bucher, Luzern

Apple Inc, 2011,
Zugriff am 06.10.2011 unter: <http://www.apple.com/de/ipad/specs/>

Bergmeister K., Wörner J.-D., Fingerloos F.; Beton Kalender 2009, Konstruktiver Hochbau, Aktuelle Massivbaunormen. 2008, Ernst und Sohn, Berlin

Cartegraph, 2011, Zugriff am 08.10.2011 unter:
<http://www.cartegraph.com/index.php/solutions/bridgeview>

Eichinger-Vill E.M., Skriptum- Schulung Brückeninspektoren, Basislehrgang, Rechtliche und Technische Grundlagen, FSV, 2010

Hegger J., 1997, Skriptum Massivbau IV, Massivbrücken, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, RWTH Aachen

Hinterseher M., 1999, Entwicklung von Konzepten, Algorithmen und Optimierungsverfahren zur Transformation von Knoten in einem Netzwerk unter Beachtung von Integritätsbedingungen, Fachhochschule München
Infrastructure Asset Management Ltd, 2009, Zugriff am 12.10.2011 unter:
<http://www.iamtech.co.uk/news/default.aspx?content=bmx4>

inspect t ech, 2004, Pittsburgh, USA, Zugriff am 12.10.2011 unter:
<http://www.inspecttech.com/products.asp>

inspect t ech, 2006, Pittsburgh, USA, Zugriff am 12.10.2011 unter:
http://demos.bridgeinspect.com/elementlevel_demo.asp

Kastner R., 2000: Altbauten – Beurteilen, Bewerten. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, ISBN 3-8167-4712-4.

Klinzmann C., 2008, Methodik zur computergestützten, probabilistischen Bauwerksbewertung unter Einbeziehung von Bauwerksmonitoring, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig

Kracke-E.-A., Lodde K., 2011, Leitfaden Straßenbrücken; Entwurf, Baudurchführung, Erhaltung; Verlag: Ernst & Sohn; Berlin

Le Diouon T., 2005, Improving the quality and usability of bridge inspection Information; Principal, Advitam Inc., VA 22182-2233, USA

Liebl F., 2000, Heft 1 . 112., Amtliches Mitteilungsblatt der Tiefbau-Berufsgenossenschaft, 81237 München, Verlag: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co

Liese P., sbt solutions GmbH, 2011,
Zugriff am 06.10.2011 unter: <http://www.sbt-solutions.de/download/sbt-07-2011.pdf>

Logic Instrument, 2011, TETRA iX104 C5, Deutschland,
Zugriff am 06.10.2011 unter: http://www.logic-instrument.com/fileadmin/redakteur/Logic/Products/Tetra/TETRA_iX104/Data sheets/TETRA_iX104_C5_-_DE.pdf

Marauli A., 2007, Skriptum Verkehr Teil 3 – Vorentwurf, TU Graz

Mehlhorn G., 2010, Handbuch Brücken, Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Petschacher Consulting, 2004,
Zugriff am 08.10.2011 unter:
<http://www.petschacher.at/Website/Soft.aspx?start=5>

Ramberger, G.; 2002; Structural Bearings and Expansion Joints for Bridges.
Zürich; IABSE-AIPC-IVBH,

RIZ-Ing, 2009, Richtzeichnungen des BMVS (Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung), Sammlung Brücken- und Ingenieurbau, Entwurf, Richtzeichnungen für Ingenieurbauten RiZ – ING.

Robert W. E., Marshall A. R., Shepard R. W., Aldayuz J., 2002, The Pontis Bridge Management System: State-of-the-Practice in Implementation and Development, Zugriff am 12.10.2011
unter:http://www.camsys.com/pubs/pontis_implementation.pdf

RVS 15.04.41, ehemals 15.441, 1988, Brückenausrüstung, Lager, Ausstattung, Einbau und Wartung

RVS 15.04.51, ehemals 15.45, 1999, Brückenausrüstung, Übergangskonstruktionen

Sparowitz L., 2008, Skriptum Betonbrückenbau, Institut für Betonbau, TU Graz

Stubler J., Le Bis E., Le Diouron T., 2001, Scanprint®: Inspection and Maintenance Computer Program for Structures; International & American Associations for Structural Mechanics in Reactor Technology IASMiRT 16; Paper 1451;

Tritthart J., Maydl P., Treffinger R., 2006, Skriptum Betontechnologie VU, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener TVFA für Festigkeits- und Materialprüfung, Technische Universität Graz

Tue N. V., 2007, Skriptum: Entwurf von Massivbrücken, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, UNIVERSITÄT LEIPZIG

Wöhnl U., 2009, Bewertung der Bauwerksdruckfestigkeit nach DIN EN 13791, beton, Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf