

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (<http://www.ub.tuwien.ac.at>).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (<http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/>).

**TU**

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

## DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

# Erhaltungsmanagement für Radwege

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Ronald Blab  
und Univ. Ass. Dipl. Ing. Dr. techn. Markus Hoffmann  
Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung,

eingereicht an der Technischen Universität Wien,

Fakultät für Bauingenieurwesen,

von

Max Witek

467/0425725

Salurner Gasse 16/2340 Mödling

Wien, <Datum>

Unterschrift



## **Kurzfassung**

### Max Witek: Erhaltungsmanagement für Radwege

Der Radverkehr in Österreich hat einen hohen Stellenwert, in manchen Städten erreicht der Radverkehr bereits einen Anteil am Modal Split von 16% (Beispiel Salzburg Stadt).

Das Radwegenetz ist mit etwa 13380 km bereits sehr gut ausgebaut, wichtige Aufgabe für die Zukunft ist vor allem die Erhaltung der Radwege.

An Beispielen aus vergleichbaren Infrastrukturnetzen, beispielsweise dem steirischen Gemeindestraßennetz (Jereb, 2010), wurde bereits gezeigt, dass ein systematisches Erhaltungsmanagement ein beträchtliches finanzielles Einsparpotential bietet.

Auch weitere Herausforderungen warten aktuell auf die Erhalter, wie zum Beispiel die geänderten Anforderungen an den Erhaltungszustand der Radwege bei Freigabe der Nutzung durch Inlineskater, oder die rechtlichen Aspekte, welche die Haftung für den Erhaltungszustand im Rahmen des Wegerechts mit sich bringt (§1319a ABGB - Bundeskanzleramt; [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at), 2010).

Für viele kleinere Radwegeerhalter sind komplexe Lösungen, wie sie der Markt anbietet, aber oftmals zu teuer und kompliziert in ihrer Anwendung. Für diese Erhalter stellt das Erhaltungsmanagementsystem, dass in dieser Diplomarbeit vorgestellt wird, samt dem dazugehörigen Excel-Sheet, eine einfache und kostenlose Entscheidungshilfe für die Wahl der wirtschaftlich sinnvollen Erhaltungsmaßnahmen dar.

## **Abstract**

### Max Witek: Preservation management for bicycle paths

Bicycle Traffic has a high significance in Austria, in some cities the proportion of the modal split is already approx. 16% (example: Salzburg city).

The cycle path network is, after all, developed very well, covering a total of approximately 13380 km, so the main challenge for the future is to maintain the existing bicycle paths.

Samples from comparable infrastructure networks, like the Styrian municipal road network (Jereb, 2010), show that a systematic preservation management has substantial economical benefits.

Further challenges are awaiting the sustainers, like the changed requirements to the state of preservation when the bicycle paths are approved for inline skaters, or the legal effects caused by the liability for the state of preservation caused by the easement (§1319a ABGB - Bundeskanzleramt; [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at), 2010).

For many smaller sustainers of bicycle paths, complex solutions, like many services offered on the market, are expensive and complex in their application. For these sustainers, the preservation management system introduced in this thesis, along with the provided excel-sheet, is a simple and free decision guidance upon the best economical decision.

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben. Allen voran danke ich meinem Betreuer Dr. Markus Hoffmann, ohne den ich nie auf dieses Thema gekommen wäre, und der mir mit Rat, unglaublichem Know-How und sehr viel Geduld zur Seite gestanden und bei der thematischen Abgrenzung sowie den auftretenden Schwierigkeiten geholfen und mir auch, wenn die Arbeit stockte, wieder aufgeholfen hat. Des Weiteren danke ich meiner verständnisvollen Freundin Stefanie, meiner Familie und meinen Studienkollegen und Freunden für die Unterstützung während meines gesamten Studiums, und bei der Erstellung dieser Arbeit.

Max Witek

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>3</b>
1.1 Bedeutung des Radverkehrs .....	3
1.2 Entwicklung der Radwege .....	4
1.3 Abgrenzung der Arbeit und Zielsetzung.....	5
<b>2. BESTANDTEILE DES ERHALTUNGSMANAGEMENTSYSTEMS</b> .....	<b>6</b>
2.1 Definition eines Erhaltungsmanagements.....	6
2.2 Grundlagen für das Erhaltungsmanagementsystem .....	6
2.2.1 Aufgaben des Netzbetreibers .....	7
2.2.2 Informations- und Entscheidungsebenen in der Erhaltung von Radwegen .....	7
2.2.3 Rechtliche Rahmenbedingungen für die Erhaltung von Radwegen .....	9
2.2.4 Inhalte des EMS .....	11
2.3 Schäden und ihre Ursachen .....	12
2.3.1 Relevanz von Schäden für Radwege .....	12
2.3.2 Schäden bei Radwegen:.....	12
2.4 Schadenserfassung:.....	23
2.4.1 Möglichkeiten zur Zustandserfassung:.....	23
2.4.2 Visuelle Zustandserfassung:.....	24
2.4.3 Praktische Durchführung: .....	24
2.5 Zustandsbewertung: .....	26
2.5.1 Zustandsgrößen: .....	26
2.5.2 Normierung der Zustandsgrößen:.....	27
2.5.3 Gesamtzustand: .....	27
2.6 Maßnahmenplanung:.....	28
2.6.1 Annuitätenrechnung:.....	28
2.6.2 Maßnahmenmatrix:.....	29
2.6.3 Instandhaltungsmaßnahme: .....	31
2.6.4 Instandsetzungsmaßnahmen:.....	31
2.6.5 Beschreibung und Arbeitsschritte der Maßnahmen: .....	32
<b>3. UMSETZUNG EINES EMS IM PROGRAMM</b> .....	<b>37</b>
Aufbau des Programms .....	37
3.1 Eingabe Zustandsdaten.....	38
3.1.1 Schäden: .....	39
3.2 Visualisierung Zustände: .....	41
3.3 Einstellungen: .....	43
3.4 Annuitätenberechnung: .....	45
3.5 Maßnahmenempfehlung:.....	46
<b>4. AUSWERTUNGSBEISPIELE ZU DEM PROGRAMM</b> .....	<b>48</b>
4.1 Abschnitt 1:.....	58
4.2 Abschnitt 2:.....	58
4.3 Abschnitt 3:.....	58
4.4 Abschnitt 4:.....	58
4.5 Abschnitt 5:.....	59
<b>5. DIAGRAMM ZUR FUNKTIONSWEISE:</b> .....	<b>60</b>

<b>6. ERPROBUNG IM RAHMEN EINER ERFASSUNG:</b> .....	<b>62</b>
6.1 Konkretes Beispiel:.....	63
<b>7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</b> .....	<b>64</b>
7.1 Anwendungsmöglichkeiten .....	64
7.2 Anwendungsgrenzen .....	64
7.3 Blick in die Zukunft: .....	65
<b>8. VERZEICHNISSE:</b> .....	<b>66</b>
8.1 Literaturverzeichnis .....	66
8.2 Abbildungsverzeichnis: .....	67
8.3 Tabellenverzeichnis: .....	68
8.4 Formelverzeichnis: .....	68
<b>9. ANHANG:</b> .....	<b>69</b>
9.1 Schadenskatalog:.....	69
9.2 Dokumentation Programm Erprobung: .....	71
9.2.1 Eingabe Schadenserfassung:.....	71
9.2.2 Visualisierung Zustände: .....	77
9.2.3 Einstellungen:.....	80
9.2.4 Annuitäten: .....	80
9.2.5 Maßnahmenempfehlungen:.....	81
9.2.6 Fotos der Abschnitte:.....	87

# 1. EINLEITUNG

## 1.1 Bedeutung des Radverkehrs

Radfahren hat viele wichtige Aspekte. Zum einen ist es eine wichtige Alternative als Verkehrsmittel im Kurzstreckenbereich, welcher etwa mit 5km begrenzt ist (Krug, 2005, Seite 34). Österreichweit liegt der Anteil der Wege, die mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, zwar nur bei 4%, aber in einigen größeren Städten liegt der Anteil deutlich höher, zum Beispiel in Salzburg bei 16% im Jahr 2004 (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2010, Seite 20f). In Wien und Linz sind die Anteile aufgrund des dichteren Netzes an öffentlichen Verkehrsmitteln etwas geringer mit jeweils etwa 5% im Jahr 2005 bzw. 2001 (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2010, Seite 21). Durch gezielte Förderung soll der Ausbau des Radverkehrs weiter vorangetrieben werden, in Wien ist zum Beispiel das Ziel, den Radverkehrsanteil am Modal Split bis 2015 von 5% auf 10% zu heben (Gemeinde Wien), ähnliche Ziele sind auch für andere Städte zu finden (z. B. Graz – „weiterer Ausbau“). Auch das Ministerium für Verkehr, Innovation und Technologie nennt auf seiner Homepage das Ziel, den Modal Split des Radverkehrs österreichweit zu erhöhen (Bundesministerium für Verkehr, 2011).

Für den Nutzer hat der Radverkehr zahlreiche Vorteile. Zum einen ist bei den klassischen gefahrenen Strecken im städtischen Bereich bis etwa 5km Radfahrer oft schneller am Ziel als Benutzer des öffentlichen Verkehrs oder des Individualverkehrs (Meschik, 2008, Seite 8). Desweiteren hat der Benutzer gesundheitliche Vorteile durch die regelmäßige körperliche Betätigung – der Großteil der Radfahrer fühlt sich fitter und schlanker (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2010, Seite 106).

Für die Gesamtbevölkerung hat das Radfahren auch einige positive Aspekte. Mit steigender Anzahl an Radfahrern steigt nachgewiesenermaßen die Verkehrssicherheit (Meschik, 2008, Seite 17). Der Platzverbrauch beim Parken ist um etwa 90% geringer als bei Autos, und auch der dynamische Platzbedarf beim Fahren ist wesentlich geringer als beim motorisierten Individualverkehr (Meschik, 2008, Seite 9f). Ein weiteres Argument für den Radverkehr ist der Wegfall des Primärenergieverbrauches und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen im Betrieb, sowie die Lärmbelastung für das Umfeld.

Zuletzt sei noch der Aspekt der Wertschöpfung erwähnt. Durch Radfahrer und den Radverkehr gibt es in Österreich jährlich rund 600 Mio. € an direkter Wertschöpfung, davon etwa die Hälfte im Tourismussektor (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2010, Seite 99). Auch viele Arbeitsplätze hängen direkt oder indirekt vom Radverkehr ab, österreichweit etwa 18000 Arbeitsplätze im Jahre 2008 (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2010, Seite 98). Umgekehrt hängt die Nutzung und Attraktivität des Radverkehrs von der Qualität der Infrastruktur ab, sodass auf die Verbesserung und Erhaltung der baulichen Substanz, neben einer sinnvollen Routenführung und einer hohen Netzqualität, hoher Wert zu legen ist.

## 1.2 Entwicklung der Radwege

In der Vergangenheit wurde das Radwegenetz in ganz Österreich sehr stark ausgebaut.

Über die derzeitige Größe des österreichischen Radwegenetzes gibt es die Angaben der Bundesländer, die im Bericht des bmvit – Radfahren in Zahlen zusammengefasst sind (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2010, Seite 52).

Demnach verfügte Österreich im Jahr 2010 über ein Radwegenetz von insgesamt 13.380 km. Dies umfasst alle Arten von Radverkehrsanlagen, also auch Mischverkehr bzw. ausgeschilderte Routen. Bis auf das Burgenland, in welchem überdurchschnittlich viele Radwege vorhanden sind, korreliert das Radwegenetz in den einzelnen Bundesländern im Großen und Ganzen mit der Einwohnerzahl bzw. Fläche des Bundeslandes (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2010, Seite 53). In Wien beispielsweise hat sich das Radwegenetz seit 1986 beispielsweise verfünffacht (Wien, Zahlen und Fakten zum Wiener Radverkehrsnetz, 2011). Auch ein weiterer Ausbau der Radinfrastruktur in Wien ist geplant, für 2011 gibt es beispielsweise 20 in Planung oder Bau befindliche Projekte (Wien, Radwegbauprogramm 2011, 2011).

Teilweise gibt es Ausbauziele für Radverkehrsinfrastruktur, wie zum Beispiel im Land Steiermark, wo als Endziel des Ausbaus 2.440 km angegeben werden (heutiger Stand sind etwa 2.000 km) (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2008, Seite 58).

Daraus ergibt sich, dass vielerorts schon viel in die Radinfrastruktur und deren Ausbau investiert wurde. Ein weiterer Ausbau wird auch in Zukunft noch stattfinden, aber im Vordergrund werden langsam aber sicher Erhaltung und Verbesserung der bestehenden Radverkehrsanlagen stehen. Hier kommt dann das Erhaltungsmanagement ins Spiel, das die zukünftigen Erhaltungsaufgaben der Länder und Gemeinden transparenter macht und eine ökonomische Nachhaltigkeit der Erhaltungsmaßnahmen sichert.

### 1.3 Abgrenzung der Arbeit und Zielsetzung

Prinzipiell gibt es unterschiedliche Ansätze, Radverkehr abzuwickeln. Je nach Dichte und Geschwindigkeit wird der Radverkehr entweder mit dem Autoverkehr gemeinsam geführt, in Form eines Radstreifens abgegrenzt, oder gänzlich getrennt vom Autoverkehr geführt.

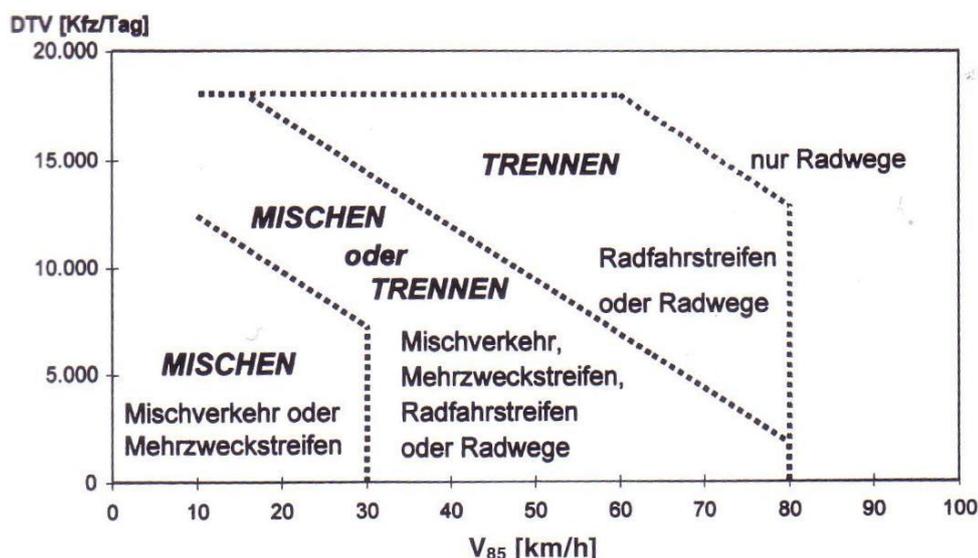


Abbildung 1: Trennung oder Mischung von Radverkehr und MIV (Meschik, 2008, Seite 57)

Diese Arbeit beschäftigt sich nur mit abgetrennten Radwegen, da Radwege, die in ihrer Nutzung und in ihrem Aufbau nicht vom motorisierten Individualverkehr bestimmt sind, andere Merkmale im Erhaltungsmanagement aufweisen. Bei einer gemeinsamen Nutzung sind die Ansätze im Erhaltungsmanagement mit denen für Kraftfahrzeuge gleichzusetzen, da diese trotzdem maßgeblich für die auftretenden Schäden verantwortlich sind, während bei abgetrennten Radwegen die Infrastruktur nicht durch die überwiegenden Nutzer – durch die Radfahrer selber - sondern durch die Witterung, die Bepflanzung (Durchwurzelungsproblematik) und durch die Benutzung Dritter (land- bzw. forstwirtschaftlicher Verkehr) belastet wird, wodurch andere Ansätze in der Erhaltung notwendig sind als im Erhaltungsmanagement von Straßenanlagen für Kraftfahrzeuge.

Des Weiteren grenzt sich die Arbeit hinsichtlich der betrachteten Oberbautypen ab, da eine gesamte Betrachtung aller möglichen Oberbautypen den Rahmen dieser Diplomarbeit sprengen würde. Daher wurden konkret nur bituminöse Oberbautypen betrachtet, da diese den überwiegenden Anteil der baulich vom restlichen Verkehr abgetrennten Radwege ausmachen.

Diese Diplomarbeit soll zeigen, welche Besonderheiten und Unterschiede bei der Erhaltung von Radinfrastruktur im Vergleich zu Verkehrswegen für Kraftfahrzeuge zu beachten sind, und eine Hilfestellung bieten, die Erhaltungsaufgaben auf solchen Radverkehrsanlagen effizient und nachhaltig zu bewerkstelligen.

## **2. BESTANDTEILE DES ERHALTUNGSMANAGEMENTSYSTEMS**

### **2.1 Definition eines Erhaltungsmanagements**

Ein Erhaltungsmanagement zeichnet sich dadurch aus, dass man – wie im Kapitel 2.4 ersichtlich - Zustände von Fahrbahnen, im vorliegenden Fall von Radwegen, auf Schäden überprüft, diese Schäden kategorisiert, und dann nach definierten Kriterien Maßnahmen und die Dringlichkeit einzelner Maßnahmen zuordnet. Dies ist nötig, da die Budgetmittel für die Erhaltung der bestehenden Infrastruktur in der Regel knapp sind, und mit Hilfe eines Erhaltungsmanagements die Kosten minimiert werden können. Es werden neben den Kosten für eine Maßnahme auch ihre Wirksamkeit für verschiedene Schadensbilder, und die Wirkdauer der Maßnahmen betrachtet. Die Entscheidung für eine Maßnahme erfolgt dann in Bezug auf die jährlich anfallenden Kosten und die Zeitspanne, für die die Wirksamkeit einer Maßnahme gegeben ist.

Wenn man ein Erhaltungsmanagement spezifisch für Radwege erstellen möchte, muss man sich zunächst Gedanken über die Anforderungen an das System machen.

Wichtige Punkte in diesem Zusammenhang sind:

- Art der Schäden
- Relevanz der Schäden für Radfahrer
- Art der Schadensaufnahme
- Mögliche Maßnahmen
- Projektspezifische Besonderheiten
- Umfang/ Tiefe des Erhaltungsmanagements

### **2.2 Grundlagen für das Erhaltungsmanagementsystem**

Mit einem Erhaltungsmanagementsystem verfolgt man mehrere Ziele. Die Gewährleistung der Verkehrssicherheit, der sparsame Umgang mit finanziellen Mitteln, die Erhaltung der baulichen Substanz, die Dokumentation und Überwachung von Arbeiten und die Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen sind zentrale Punkte, die man mittels eines Erhaltungsmanagementsystems gewährleisten muss. Des Weiteren sind Benutzungscomfort, Sicherstellung von Transportkapazitäten, Öffentlichkeitsarbeit, Baustellenmanagement, Qualitätssicherung, interne Abstimmung und Motivation von Mitarbeitern durch Objektivierung der Arbeitsergebnisse erfreuliche Nebenresultate des Systems. Im folgenden Abschnitt werden kurz die Grundlagen des Erhaltungsmanagementsystems (EMS) zusammengefasst.

### 2.2.1 Aufgaben des Netzbetreibers

Ganz allgemein hat der Betreiber einer Straßeninfrastruktur 4 wesentliche Hauptaufgaben: Planung, Neubau, Erhaltung und Betrieb. Auf Radwege umgelegt, bedeutet das im wesentlichen folgendes (Hoffmann, 2006, Seite 29f)

- **Planung:**

Radfahren gewinnt sowohl als alltägliches Transportmittel als auch als Sportgerät und zur Freizeitgestaltung immer mehr an Bedeutung. Im diesem Sinne ist ein Ausbau der vorhandenen Radwegenetze und Verknüpfung von Netzen eine zukünftige Aufgabe. Dieser Planungsprozess stellt eine Willensbekundung dar, diese Form der Mobilität weiter zu fördern.

- **Neubau:**

Dient der Erhöhung der Engmaschigkeit im Radverkehrsnetz. Im Wesentlichen setzt man hierbei die Maßnahmen um, die im Planungsstadium erarbeitet wurden. Der Neubau kann eine Erweiterung des bestehenden Netzes darstellen, oder auf bestehenden Radwegen eine Änderung der Radwegebreite oder der Linienführung herbeiführen.

- **Erhaltung:**

Dient der Aufrechterhaltung der bestehenden Netzinfrastruktur in Bezug auf Substanz und Benutzungsqualität. Wenn die gesamte Planung und Ausführung der Erhaltungsmaßnahmen in einem System integriert ist, spricht man von einem Erhaltungsmanagementsystem (EMS), wobei sich die betrachteten Maßnahmen in Instandsetzungsmaßnahmen und Instandhaltungsmaßnahmen unterteilen. Das EMS ist der eigentliche Gegenstand der weiteren Betrachtung.

- **Betrieb:**

Der Betrieb umfasst alle Aufgaben, die der Benutzungssicherheit und dem Benutzungskomfort der Radwege dienen, wie Winterdienst, Inspektionen oder Pflege eventuell vorhandener Grünflächen seitlich der Radwege. Oftmals sind die Übergänge zwischen betrieblichen und erhaltungstechnischen Maßnahmen fließend, da im Falle der Radwege oft um dieselbe operative Einheit den Betrieb und die Erhaltung des Radweges vollzieht.

### 2.2.2 Informations- und Entscheidungsebenen in der Erhaltung von Radwegen

Neben den technischen und wirtschaftlichen Vorteilen, die ein Erhaltungsmanagementsystem bietet, ist es auch ein sehr gutes Instrument, um den politischen Ebenen, die über das Budget für die Erhaltung der Radwege entscheiden, ein Instrument zur Evaluierung zur Verfügung zu stellen. Die oberen Entscheidungsebenen müssen Budget für Maßnahmen bereitstellen, über die in einer anderen Ebene der Entscheidungsfindung bestimmt wird. Um ein ausreichendes Budget für die Erhaltung der Radwege zur Verfügung gestellt zu bekommen, ist es hilfreich, nachzuweisen, dass die öffentlichen Gelder für die entsprechenden Maßnahmen sparsam, zweckmäßig und wirtschaftlich eingesetzt werden.

Hier leistet ein Erhaltungsmanagementsystem einen wertvollen Beitrag zur Transparenz in der Entscheidungsfindung über Maßnahmen und über die ordnungsgemäße Verwendung der finanziellen Mittel. Nachfolgend ist die Entscheidungspyramide nach Weninger-Vycudil zu sehen.



Abbildung 2: Entscheidungspyramide nach Weninger-Vycudil(Weninger-Vycudil, 2003, Seite 112f)

Die Projekt- bzw. Einzelentscheidungsebene stellt die Mitarbeiter des Betreibers der Infrastruktur (zumeist Gemeindebedienstete oder Landesbeamte) dar, die bei Schäden auf den Radwegen entscheiden, dass eine Maßnahme getroffen werden muss, und die Ausschreibung dieser Maßnahme veranlassen bzw. vornehmen. Auch die erzielte Wirkung und der Finanzbedarf werden hier evaluiert, und alle Informationen in Form einer Projektdatenbank zusammengeführt. Auf der Netzebene fungiert dann das Erhaltungsmanagementsystem als zentrales Element, das aus den Zuständen des Gesamtnetzes und den Prioritäten eine Gesamtstrategie für Planung, Bau, Erhaltung und Betrieb schafft, und eine Schnittstelle zur politischen Entscheidungsebene darstellt. Die politische Entscheidungsebene stellt die budgetären Mittel für die Erhaltung im Idealfall zur Verfügung, ohne auf die tatsächlichen projektbezogenen Entscheidungen Einfluss zu haben. Ihre Aufgabe besteht vielmehr darin, Richtungen für die Entwicklung vorzugeben, die Wünsche ihrer Wähler in Vorschläge umzusetzen und aufgrund der Erfordernisse budgetäre Vorgaben zu machen.

### 2.2.3 Rechtliche Rahmenbedingungen für die Erhaltung von Radwegen

In Hinblick auf die Erhaltung von Radwegen sind die rechtlichen Rahmenbedingungen vor allem in Richtung des Straßenzustandes spezifiziert. Interessant ist vor allem §1319a des Allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuches (1.1.1976):

*(1) Wird durch den mangelhaften Zustand eines Weges ein Mensch getötet, an seinem Körper oder an seiner Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt, so haftet derjenige für den Ersatz des Schadens, der für den ordnungsgemäßen Zustand des Weges als Halter verantwortlich ist, sofern er oder einer seiner Leute den Mangel vorsätzlich oder grobfahrlässig verschuldet hat. [...]*

*(2) Ein Weg im Sinn des Abs. 1 ist eine Landfläche, die von jedermann unter den gleichen Bedingungen für den Verkehr jeder Art oder für bestimmte Arten des Verkehrs benützt werden darf, auch wenn sie nur für einen eingeschränkten Benützerkreis bestimmt ist; zu einem Weg gehören auch die in seinem Zug befindlichen und dem Verkehr dienenden Anlagen, wie besonders Brücken, Stützmauern, Futtermauern, Durchlässe, Gräben und Pflanzungen. Ob der Zustand eines Weges mangelhaft ist, richtet sich danach, was nach der Art des Weges, besonders nach seiner Widmung, für seine Anlage und Betreuung angemessen und zumutbar ist.*

*(3) Ist der mangelhafte Zustand durch Leute des Haftpflichtigen verschuldet worden, so haften auch sie nur bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit.*

(Bundeskanzleramt; [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at), 2010)

Daraus lässt sich erkennen, dass der Erhalter des Radweges verpflichtet ist, eine sichere Nutzung der Radwege zu gewährleisten. Auf der anderen Seite kann er nur bei grober Fahrlässigkeit zur Verantwortung gezogen werden. Die Mangelhaftigkeit eines Weges richtet sich nach dem „seiner Art und Widmung entsprechenden“ Zustand. Hier wird schnell klar, dass eine derartige Formulierung viel Raum für Spekulationen lässt, und so sehen sich derzeit Radwegeerhalter häufig mit Klagen von gestürzten Radfahrern konfrontiert, die versuchen, ihren Sturz auf den mangelhaften Erhaltungszustand des Radwegs (Schlaglöcher, Durchwurzelungen) zurückzuführen.

Nachfolgend ist hier ein Entscheid vom obersten Gerichtshof angeführt, der die Problematik des Wegerechts und die daraus entstehenden Haftungsproblematik betrifft:

*OGH 3. 4. 2001, 4 Ob 72/01v, EvBl 2001/183: Zwölfjähriger Bub stolpert auf einem 1,5 bis 2 m breiten asphaltierten Weg über eine Erhöhung von 10 cm, die durch eine in den Weg eingewachsene Wurzel bedingt war und verletzt sich schwer; Augenverletzung. – OGH: Da dieser gefährliche Zustand schon lange bestand, nimmt der OGH grobe Fahrlässigkeit an und bejaht die Haftung des Wegehalters iSd § 1319a ABGB.*

(Barta, 2004)



dieser Gefahrenstellen sowie der regelmäßigen Aufnahme des gesamten Infrastrukturnetzes im Rahmen eines Erhaltungsmanagementsystems kann der Erhalter in jedem Fall nachweisen, dass in keinem Fall eine grobe Fahrlässigkeit in der Erhaltung des Radweges abgeleitet werden kann.

#### **2.2.4 Inhalte des EMS**

Diese Arbeit stellt ein einfaches, leicht bedienbares Excel-Tool zum Erhaltungsmanagement von Radwegen vor. Das Erhaltungsmanagement unterteilt sich im Wesentlichen in 3 Teilbereiche, auf die in den weiteren Abschnitten genauer eingegangen wird.

- **Schadenserfassung:**

Zustandserfassung des Oberbaus mit Zuordnung von Fotos, Verortung mittels Kilometrierung, Erfassung von Alter und Aufbau

- **Zustandsauswertung:**

Normierung, Gewichtung und Kombination der Zustände, Definition von Mastercurves für die Restlebensdauer, Zustandsdarstellung in Diagrammen und Karten, Export der Auswertung

- **Maßnahmenplanung:**

Maßnahmen (mit Kosten, Wirkdauer, Annuität, Eingriffsschwelle)

## 2.3 Schäden und ihre Ursachen

### 2.3.1 Relevanz von Schäden für Radwege

Zunächst muss man, wenn man die Erhaltung von Radwegen betrachtet, feststellen, welche Art von Schäden überhaupt relevant ist.

Zustandsmerkmale		Bundesstraßen A,S	Landesstraßen B,L	Gemeinde- straßen	Radwege
	Griffigkeit	++	++	*	*
	Querebenheit	++	+	o	o
	Längsebenheit	+	+	o	o
	Risse	++	+	++	+
	Oberflächenschäden	++	+	+	++
	Reperaturstellen	++	++	+	o
	Durchwurzelungsschäden	o	+	++	++

++ sehr relevant

+ relevant

o kaum relevant

- irrelevant

\* Griffigkeit irrelevant im Sinne der baulichen Erhaltung – betriebliche Erhaltung, bspw. Beseitigung von Laub, Winterdienst etc. ist hier notwendig, aber nicht Gegenstand der Betrachtung im Rahmen des Erhaltungsmanagementsystems

**Tabelle 1: Relevanz von Zustandsmerkmalen (Jereb, 2010, Seite 86)**

Anhand dieser Bewertung wird ausgewählt, welche Schäden relevant sind, und diese werden im nächsten Kapitel ausgeführt.

### 2.3.2 Schäden bei Radwegen:

Schäden, die typischerweise bei Radwegen auftreten, sind nicht vergleichbar mit den Schäden an Straßen für Kraftfahrzeuge. Die Problemschwerpunkte sind anders gesetzt. Grundsätzlich hängt das Schadensbild davon ab, ob auf der betreffenden Strecke auch noch andere Verkehrsteilnehmer Zutritt haben. Die grundsätzlichen Nutzer, die Radfahrer, verursachen im eigentlichen Sinn keine Schäden an der Infrastruktur. Die entstehenden Schäden sind auf die Witterungseinflüsse bzw. auf den Bewuchs zurückzuführen. Eine andere Möglichkeit der Schadensentstehungen ist die Befahrung durch Dritte, wie sie in manchen Bereichen gegeben ist, in denen zum Beispiel der Radweg auch als Nutzweg für Land- oder Forstwirtschaft Verwendung findet. Entscheidend ist hierbei die auftretende Achslast, die besonders bei schwach dimensionierten Oberbauten in Kombination mit der Abnahme der Festigkeit des Unterbaus im Frühjahr (Blab, 2010, Kapitel 7, Seite 15) eine hohe Zerstörung hervorrufen kann.

Ein weiteres Problem stellt der Aufbau von Radwegen dar, der einen viel schwächer dimensionierten Asphaltüberbau und daher auch weniger Widerstandsfähigkeit besitzt, wie die folgende Abbildung veranschaulicht:

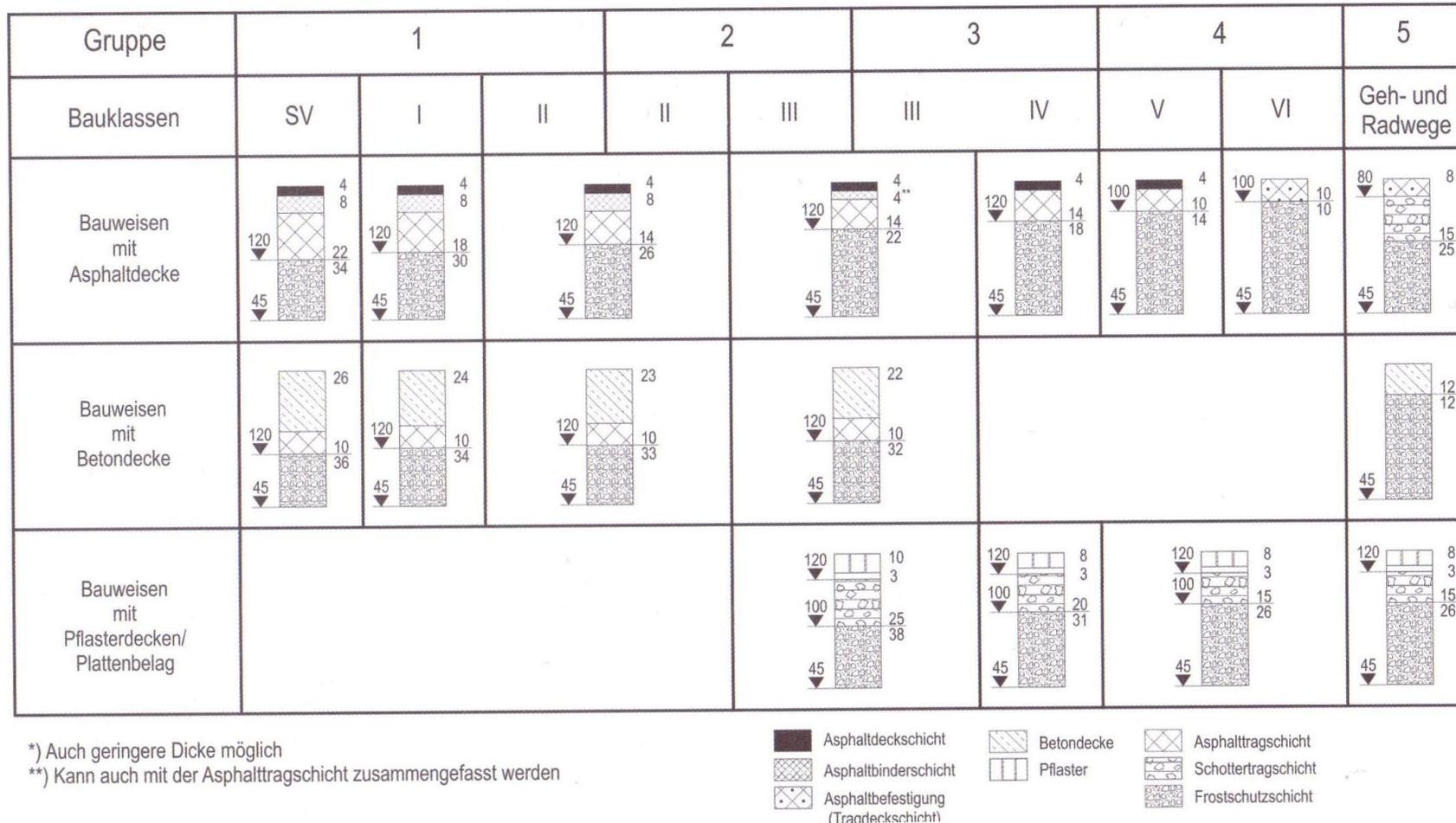
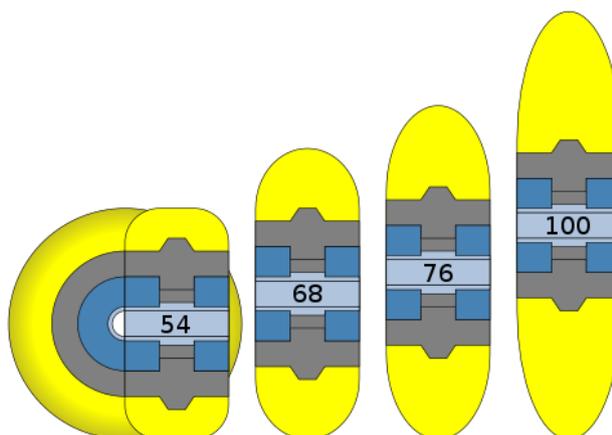


Abbildung 4: Aufbaustärke von verschiedenen Bauklassen (Beckedahl, 2010, Seite 209)

Solch ein Aufbau ist zwar den Belastungen des Radverkehrs leicht gewachsen, aber die mögliche Befahrung durch land- oder forstwirtschaftlichen Verkehr oder im Falle einer Baustelle bedeutet eine wesentlich höhere Belastung. Dazu kommt noch, dass oftmals die Spurbreite dieser Fahrzeuge nahezu gleich groß wie die eigentliche Breite des Radweges ist, und daher Randschäden vermehrt auftreten können. Man muss daher bei Radwegen davon ausgehen, dass die auftretenden Schäden entweder aufgrund der Befahrung durch Dritte, oder durch Witterung und Bewuchs (Durchwurzelung) auftreten. Die Durchwurzelungsproblematik ist in weiterer Folge einer der zentralsten Schadensursachen überhaupt.

Da es unterschiedliche Fahrradtypen und daher auch unterschiedliche Anforderungen an den Benutzungskomfort und die Benutzungssicherheit gibt, und auch die Benutzung der Radwege durch Inlineskater ein relevantes Thema darstellt, sind im Folgenden die Randbedingungen der einzelnen Benutzergruppen angeführt:

- Inlineskater: „*Inlineskates [...] sind eine Variante von Rollschuhen, bei der die Rollen in einer Reihe (engl. in-line) angeordnet sind. Der Inlineskate besteht aus einem Schuh sowie einer Schiene, die mit der Sohle fest verbunden ist, und darin montierten kugelgelagerten Kunststoffrädern (Rollen), die mittels Achsen an der Schiene befestigt sind.*“ Die Rollen messen je nach Bauart zwischen 54 und 100mm im Durchmesser. Durch ihre Form kann die Rolle eines Inlineskates leicht in Rissen steckenbleiben, und durch den geringen Durchmesser können die Rollen nicht leicht über Hindernisse rollen, weshalb schon niedrige Aufwölbungen, Abplatzungen udgl. zu einem Sturz des Inlineskaters führen können. Wenn ein Radweg für die Benutzung durch Inlineskater freigegeben ist, muss daher ein besonders strenger Maßstab an die Schäden angelegt werden. Alle Schäden, die in ihren Dimensionen den Rollen der Inlineskates entsprechen, sind daher in jedem Fall zu Vermeiden, Beispielsweise Einzelrisse breiter als 5mm. (Inlineskate - Wikipedia, 2011)



**Abbildung 5: Rollen von Inlineskates (Inlineskate - Wikipedia, 2011)**

- Rennradfahrer: Die Fahrradverordnung definiert ein Rennrad folgendermaßen:

*„§ 4 (1) Als Rennfahrrad gilt ein Fahrrad mit folgenden technischen Merkmalen:*

- 1. Eigengewicht des fahrbereiten Fahrrades höchstens 12 kg;*
- 2. Rennlenker (dieser ist jedoch nicht genau definiert);*
- 3. äußerer Felgendurchmesser mindestens 630 mm und*
- 4. äußere Felgenbreite höchstens 23 mm.“*

(Bundeskanzleramt; [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at), 2010)

Ein Rennrad verfügt in weiterer Folge über schmale Reifen (typischerweise bis zu 25mm Breite). Daraus resultiert, dass für einen Rennradfahrer Einzelrisse mit einer Breite über 10mm gefährlich sind, da sich der Reifen darin verfangen kann. Durch Ausbrüche und Aufwölbungen ist die Gefahr eines Reifenschadens größer als bei normalen Tourenrädern, wodurch es zu Stürzen kommen kann. Der Fahrkomfort ist mit einem Rennrad entsprechend weniger groß, weshalb Rennradfahrer auf möglichst gut erhaltene Radwege angewiesen sind.

- Trekkingradfahrer: Touren- bzw. Trekkingräder verfügen zumeist über eine breitere Bereifung, eine aufrechtere Sitzposition und oft auch über eine Federung. Solche Fahrräder sind zwar weniger anfällig darauf, sich mit dem Reifen in einem Einzeiriss zu verfangen, oder aufgrund der Schäden eine Reifenpanne zu erleiden, trotzdem ist gerade für diese Gruppe von Fahrrädern Komfort bei der Benutzung eines Radweges ein wichtiges Bedürfnis, da bei solch einem Fahrrad die Freude am Fahren eher im Vordergrund steht als Geschwindigkeit und Leistung. Des Weiteren werden Trekkingräder auch oftmals von weniger sportlichen bzw. älteren Personen gefahren, deren Radbeherrschung unter Umständen nicht in demselben Ausmaß gegeben ist wie bei einem Rennradfahrer.

### **Aufwölbungen:**

Aufwölbungen in Folge von Durchwurzeln sind eines der häufigsten Schadensbilder auf Radwegen. Oft gibt es Bepflanzung relativ nahe an den Radwegen, und viele Radwege verlaufen auch in Ufernähe (Donauradweg, Murtalradweg, Radwege in Wien entlang des Donaukanals und der Donauinsel, Drautalradweg etc.), was die Baumwurzeln dazu bringt, dem Gewässer entgegenzustreben. Der Asphalt bricht unter dem Druck der Wurzel auf, und es ergibt sich eine Aufwölbung. Eine weitere Ursache für Aufwölbungen kann ein schlecht verdichteter Unterbau und somit ein Versagen des Frostkoffers aufgrund von Eislinsenbildung sein. (Hoffmann, Dissertation - Instandsetzung von Straßen, 2006)

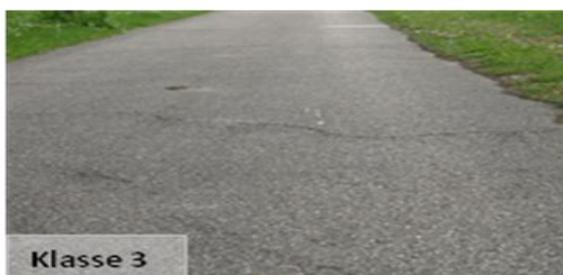
Aufwölbungen sind für Radfahrer in erster Linie ein Komfortproblem. Durch den verminderten Fahrkomfort kommt es des Weiteren zu einer reduzierten Fahrgeschwindigkeit und zu einem Zeitverlust für den Benutzer durch die angepasste Geschwindigkeit. Ab einem gewissen Ausmaß kann es speziell bei Rennradfahrern auch zu Schäden an Reifen bzw. Laufrädern oder sogar zu Stürzen kommen. Auch für Inlineskater sind Aufwölbungen gefährlich, und können bereits in relativ geringen Ausprägungen schon zum Sturz führen.

Zur Abschätzung der Notwendigkeit einer Maßnahme ist es zweckmäßig, die Aufwölbungen nach ihrer Höhe zu kategorisieren.

### **Länge in m/Abschnitt**

Eingestuft in Höhenklassen:

- Klasse 1: 0 mm
- Klasse 2: 1-5 mm
- Klasse 3: 6-10 mm
- Klasse 4: 11-20 mm
- Klasse 5: > 20 mm



**Abbildung 6: Aufwölbung in Folge von Durchwurzeln, Klasse 3**



**Abbildung 7: Aufwölbung in Folge von Durchwurzeln, Klasse 5**

### **Kornausbrüche und Schlaglöcher:**

Ausbrüche bzw. Schlaglöcher sind ein eher seltenes Phänomen bei Radwegen. Zumeist sind sie auf einen mangelhaften Schichtverbund bei einer Instandsetzungsmaßnahme zurückzuführen, aber auch ausgeprägte Netzrissbildung kann zu großflächigeren Ausbrüchen führen. Bei Schlaglöchern ist durch den progressiven Schadensverlauf und das Gefährdungspotential für Radfahrer und Inlineskater sofortiger Handlungsbedarf gegeben.

Die Kategorisierung erfolgt nach der Tiefe des Ausbruchs bzw. Schlagloches.

### **Fläche in m<sup>2</sup>/Abschnitt**

Eingestuft in Tiefenklassen:

- Klasse 1 : 0 mm
- Klasse 2: 1-5 mm
- Klasse 3: 6-10 mm
- Klasse 4: 11-20 mm
- Klasse 5: > 20 mm



**Abbildung 8: Ausbruch, Klasse 3**



**Abbildung 9: Ausbruch in Folge mangelhaften Schichtverbundes, Klasse 5**

### **Setzungen:**

Setzungen im Oberbau können durch Setzungen im Unterbau, durch mangelhafte Tragfähigkeit des Unterbaus in der Tauperiode oder durch eine Unterdimensionierung bzw. Überbelastung des Oberbaus entstehen. Für den Radfahrer ist eine Setzung nicht unbedingt ein bemerkenswertes Hindernis, aber sie führt zu Wasseransammlungen oder Schmutzansammlungen, unter denen Schlaglöcher übersehen werden können. Für Inlineskater gilt dies noch in größerem Ausmaß, außerdem können Inlineskater durch ihre kleinen Rollen leicht durch Verschmutzungen, die sich, wie in der unten folgenden Abbildung, in der Setzung ansammeln, hängenbleiben und zu Sturz kommen.

### **Fläche in m<sup>2</sup>/Abschnitt**



**Abbildung 10: Setzung, bereits verlegt mit Erde und Blättern**

### **Einzelrisse:**

Einzelrisse treten bevorzugt an Stellen auf, an denen der Anschluss von zwei aneinandergrenzenden Asphaltstücken nicht gut vorbereitet wurde. Eine weitere Ursache für Einzelrisse sind eine mangelhafte Verdichtung des Unterbaues am Rand und ein daraus resultierendes Absacken und Brechen des Asphalttes. Auch temperaturbedingte Zugrisse in Folge einer falschen Asphaltartenwahl oder alterungsbedingte Zugrisse können auftreten.

Eine Differenzierung erfolgt nach Längs- bzw. Querrissen. Während Querrisse für Radfahrer kein gesteigertes Sturzrisiko bedeuten, jedoch den Fahrkomfort und damit die Reisegeschwindigkeit beeinflussen, sind Einzelrisse, die längs zur Fahrtrichtung bzw. schräg zur Fahrtrichtung verlaufen, gefährlich, da sich hier der schmale Reifen eines Rennradfahrers verfangen kann, was in den meisten Fällen zum Sturz führt. Längsrissen ist daher besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Bei Querrissen können sich Höhenunterschiede in der Fahrbahn bilden, die auch, wieder speziell bei Rennradfahrern, zu Reifenschäden führen können. Bei einem entsprechenden Höhensprung ist auch Sturzgefahr für Inlineskater gegeben.

### **Länge in m/Abschnitt**

Eingestuft in Breitenklassen:

- Klasse 1: 0 mm
- Klasse 2: 1-5 mm
- Klasse 3: 6-10 mm
- Klasse 4: 11-20 mm
- Klasse 5: > 20 mm



**Abbildung 11: Einzelriss in Folge mangelhafter Unterbauverdichtung, Klasse 3**



**Abbildung 12: Einzelrisse mit unterschiedlichen Ursachen, Klasse 4**

### **Netzrisse:**

Die Ursachen für Netzrisse sind eine Unterdimensionierung der bituminösen Tragschicht, eine fehlerhafte Frostschutzschicht oder ein nicht ausreichend tragfähiger Unterbau. In jedem Fall handelt es sich um ein strukturelles Problem unterhalb der Tragschicht, wodurch jegliche Instandhaltungsmaßnahmen nur kosmetischer Natur sind und keine Wirkdauer aufweisen. Daher ist eine Sanierung in jedem Fall mit hohen Kosten für die Erhaltung des betroffenen Abschnittes verbunden. Netzrisse kommen auf Radwegen eher selten vor, stellen aber trotzdem im Einzelfall ein Problem dar und werden daher berücksichtigt. Problematisch im Sinne der Erhaltung ist, dass sich Netzrisse immer weiter verzweigen können, und so Ausbrüchen bzw. Schlaglöchern entstehen, langfristig ist eine Instandsetzung daher unausweichlich. Fraglich ist auch, ob im Fall von Netzlüssen die Frostsicherheit der ungebundenen Tragschicht noch gegeben ist.

### **Fläche in m<sup>2</sup>/Abschnitt**



**Abbildung 13: Netzrisse**

### **Randschäden:**

Randschäden deuten oft auf eine mangelhafte Entwässerung hin, aber auch eine Verkehrsbelastung mit zu großer Spurweite (z.B. LKW-Verkehr durch Forstwirtschaft auf manchen Radwegen) oder eine mangelhafte Verdichtung des Unterbaus in den Randbereichen können Ursachen für Randschäden sein. Für die Radfahrer oder Inlineskater werden solche Schäden zumeist keine Gefahr darstellen, aber im Sinne der dauerhaften Erhaltung des Weges sind solche Schäden relevant. Durch entsprechende Pflege der Bankette ist ein weiterer Schadensfortschritt hintanzuhalten. Dabei wird die Entwässerung durch Entfernung der überschüssigen organischen Anlagerungen bzw. des pflanzlichen Bewuchses verbessert und durchs wiederverfüllen hinterspülter Ränder eine Stabilisierung gegen weiteres Abbrechen der Kanten geschaffen.

### **Fläche in m<sup>2</sup>/Abschnitt**



**Abbildung 14: Randschaden**

### **Spurrinnen:**

Spurrinnen werden nicht von Radfahrern verursacht. Sie entstehen durch falsche Dimensionierung oder Asphaltartenwahl (Verdrängung der bituminösen Schicht), Verschleiß oder hohen Achslasten bei der Befahrung durch Dritte, sprich land- oder forstwirtschaftlicher Verkehr (Verdrängung der bituminösen Schicht/Setzung des Unterbaus). Im Allgemeinen werden solche Belastungen auf Radwegen eher selten auftreten, aber wenn Spurrinnen vorhanden sind, stellen diese ab einer gewissen Tiefe eine Gefahr für die Radfahrer dar.

### **Fläche in m<sup>2</sup>/Abschnitt**

Eingestuft in Tiefenklassen:

- Klasse 1 : 0 mm
- Klasse 2: 1-5 mm
- Klasse 3: 6-10 mm
- Klasse 4: 11-20 mm
- Klasse 5: > 20 mm



**Abbildung 15: Spurrinnen**

## 2.4 Schadenserfassung:

Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten, Schäden an Straßeninfrastruktur festzustellen. Eine grundsätzliche Unterscheidung trennt messtechnische und visuelle Zustandserfassung. Viele der messtechnischen Methoden sind jedoch zur Feststellung von Schäden entwickelt an Radwege zu aufwendig und teuer. Eine kurze Auswahl der messtechnischen Methoden und Hilfsmittel zeigt, dass die heute verfügbaren technischen Hilfsmittel sich nicht optimal für die Erfassung von Schäden auf Radwegen eignen.

### 2.4.1 Möglichkeiten zur Zustandserfassung:

- **Roadstar:** Ermittelt verschiedene Parameter, die den Straßenzustand beschreiben. In Österreich wird er auf Autobahnen und Schnellstraßen eingesetzt, nicht auf Landesstraßen, Gemeindestraßen und dem untergeordneten Straßennetz. Die Kosten für die Erfassung mittels Roadstar sind sehr hoch (15.000-20.000 € / 100 km excl. Auswertung) (Hoffmann, Erhaltungsmanagement von Straßen, 2010, Seite 54) und es werden nur wenige Parameter erfasst, die relevant sind (Spurrinnen, Fahrbahnrisse, Schlaglöcher, Makrotextur) aber auch viele, die bei Radwegen nicht relevant sind, wie Trassierungsparameter, Quer- und Längsneigung, Bodenmarkierungen und andere. Des Weiteren hat der Roadstar die Abmessungen eines mittelgroßen Lastwagens und ist daher nicht in der Lage, alle Radwege zu befahren, da diese häufig zu schmal sind, denn der Roadstar weist eine Breite von 2,50 m auf, und hat ein hohes Gewicht, welches auf dem für Radfahrer dimensionierten Oberbau Schäden hervorrufen kann. Außerdem ist die vorgesehene Messgeschwindigkeit etwa 60 km/h (Hoffmann, Erhaltungsmanagement von Straßen, 2010, Seite 54) und dies würde ein erhebliches Sicherheitsrisiko nach sich ziehen, oder die Sperre eines Radweges für die Aufnahme bedingen, was wiederum einen großen zusätzlichen Aufwand bedeuten würde.
- **Griffigkeit:** Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Griffigkeit einer Fahrhahnoberfläche zu testen. Zum Einen wird mit dem Roadstar selber ein Griffigkeitstest durchgeführt, zum Anderen gibt es einen Messanhänger mit dem Namen Griptester, der mit handelsüblichen PKW gezogen werden kann. Eine weitere Möglichkeit zur Messung der Griffigkeit ist das Skid Resistance Tester – Pendel, das stationär eingesetzt wird, und einen Anhaltspunkt für die Griffigkeit der Oberfläche bietet. Für Radwege ist allerdings die Griffigkeit der Oberfläche, wie in Abschnitt 2.3.1 beschrieben, nicht von hoher Relevanz.
- **Längsebenheit:** Die Längsebenheit wird auch mit dem Roadstar oder mit Hilfsmitteln wie dem Planographen, der hinter einem Fahrzeug gezogen wird, erfasst. Da die allgemeine Längsebenheit auf Radwegen aufgrund des kurzen Radstandes von Fahrrädern und den niedrigen Geschwindigkeiten eine geringe Rolle spielt, ist eine messtechnische Erfassung des Längsebenheit nicht relevant.
- **Tragfähigkeit:** Hier gibt es zwei gängige Prüfmethode – mittels Benkelmannbalken oder Fallgewichtsdeflektometer. Da Fahrräder im Vergleich zum normalen Straßenverkehr eine äußerst geringe Belastung der Tragschicht bzw. des Unterbaus verursachen, ist eine Messung der Tragfähigkeit allenfalls sinnvoll, wenn der Radweg noch eine Mischnutzung durch land- oder forstwirtschaftlichen Verkehr erfährt.

All diese messtechnischen Erfassungsmethoden sind also nicht nötig für die zu erfassenden Schäden, oder erweisen sich als unwirtschaftlich und problematisch im Handling. Übrig bleibt also für die Erfassung der Schäden auf Radwegen noch die Methode der visuellen Zustandserfassung.

#### **2.4.2 Visuelle Zustandserfassung:**

Bei der visuellen Zustandserfassung wird der betreffende Radweg von 1-2 Personen abgegangen und auf Schäden visuell überprüft. Die Überprüfung erfolgt in Abschnitten, wobei ein Abschnitt in der Art und Häufung der Schäden möglichst homogen sein und eine Länge von 50 Metern nicht überschritten werden sollte. Die Zuordnung des Radwegabschnittes kann über die Kilometrierung des Radweges und dessen Wegnummer erfolgen, oder bei komplexeren Systemen auch per GPS. Die Schäden werden in händische Listen oder direkt in den Computer in Listen eingegeben, um die Verarbeitung der Daten zu ermöglichen. Eine Zuordnung von Fotos zu besonders repräsentativen Stellen ist sinnvoll, und kann über den Zeitpunkt des Fotos oder durch eine Kamera mit GPS-Empfänger erfolgen. Gleichzeitig mit der Aufnahme der vorher festgelegten Schäden erfolgt eine Aufnahme des Zustandes der Entwässerungseinrichtungen, da diese für die Dauerhaftigkeit des Radweges eine entscheidende Rolle spielen. Ein solches komplexes System mit GPS-Verortung wurde an der TU Wien unter der Leitung von Dr. Markus Hoffmann entwickelt.

Als Hilfestellung haben die Mitarbeiter, welche die Schadensaufnahme durchführen, einen Schadenskatalog, mit dessen Hilfe sie feststellen können, ob der entsprechende Schaden relevant für die Betrachtung im Rahmen des Erhaltungsmanagements ist, bzw. ob der Schaden aufzunehmen und zu bewerten ist. Ein Beispiel für einen solchen Schadenskatalog findet sich im Anhang.

#### **2.4.3 Praktische Durchführung:**

Bei der praktischen Durchführung der Aufnahme gibt es mehrere Möglichkeiten, die – je nach Größe des aufzunehmenden Radwegenetzes – sinnvoll einsetzbar sind.

- Bei kleineren Radwegenetzen kann die Aufnahme zu Fuß erfolgen. Die Schäden werden in Handlisten eingetragen und später auf einen PC zur Datenverarbeitung übertragen. Diese Methode ist zeitintensiv, und stark vom Wetter abhängig, aber sie ist bei kleinen Radwegenetzen sehr ökonomisch, da keine zusätzlichen Ressourcen außer der Arbeitszeit der Mitarbeiter benötigt werden. Die Aufnahmegeschwindigkeit liegt je nach Aufnahmeteam und Zahl der Schäden in etwa bei 5-15km/Tag und es besteht die Gefahr, dass die Tätigkeit die Mitarbeiter frustriert und letztendlich die Aufnahmequalität abnimmt, wenn man auf diese Art zu viele Kilometer Radweg aufnehmen möchte. Eine Aufnahme zu Fuß kann notfalls auch eine Person alleine durchführen.
- Bei größeren Radwegenetzen ist es sinnvoll, sich technischer Hilfsmittel zu bedienen. Nach Möglichkeit ist hier, um die Kosten niedrig zu halten, auf bestehendes Equipment zurückzugreifen. Die Eintragung erfolgt in so einem Fall zweckmäßigerweise direkt auf einem Laptop, zur Verortung der aktuellen Position kann ein spezielles Programm mit GPS-Tracking eingesetzt werden, bei dem die Kartendaten aus einem gängigen Online-

kartenarchiv (z. B. bing maps) mittels Grafikschnittstelle in die Programmdatenbank integriert wird. Auch Wetterschutz und ein schnelleres Vorankommen sind wichtige Punkte, um ein umfangreiches Netz in vertretbarer Zeit zu erfassen. Die Erfassung aus einem PKW heraus ist nicht zuverlässig, da viele Schäden durch die Windschutzscheibe und die Motorhaube übersehen werden können. Auch die Gefahr, dass mit einem PKW zu schnell gefahren wird, und Schäden nicht mehr wahrgenommen werden, ist gegeben. Daher ist eine sinnvolle Alternative zur Aufnahme zu Fuß eher die Modifikation eines Rasentraktors, Mähgerätes, Quads o.ä., welche Gemeinden oder andere Erhalter oftmals ohnehin in ihrem Fuhrpark haben. Hier muss mit den vorhandenen Mitteln gearbeitet werden, um eine möglichst ökonomisch sinnvolle Möglichkeit zu finden.

Die Aufnahmegeschwindigkeit liegt in so einem Fall höher als bei der Aufnahme zu Fuß, hängt aber auch stark von den Schäden, der Zusammenarbeit des Teams und der Erfahrung der Mitarbeiter ab. Eine konkrete Zahl anzugeben wäre daher sinnlos. Bei einer Aufnahme mit derartigen technischen Hilfsmitteln sind mindestens 2 Mitarbeiter, sinnvollerweise sogar 3 Mitarbeiter notwendig, damit ein Mitarbeiter den Laptop bedienen kann, und ein Mitarbeiter fahren und der Dritte zu Fuß nebenher geht und die Schäden abschätzen bzw. messen kann. Auf den Wetterschutz des Equipments ist großen Wert zu legen, auch die Stromversorgung für den Laptop und einen Blendschutz für den Bildschirm ist zu achten, da dieser in der Regel im Sonnenlicht anderenfalls kaum mehr ablesbar ist.

## 2.5 Zustandsbewertung:

In Abschnitt 2.2 wurde dargelegt, warum Radwege im Sinne von Sicherheit, Befahrungskomfort und Wirtschaftlichkeit in einem entsprechenden Zustand zu erhalten sind. Entscheidend für die Wirkung der einzelnen ermittelten Zustandsgrößen auf diese Ziele bzw. Vorgaben ist die Zustandsbewertung. Die Merkmale werden, je nach Schwere und Anzahl der Schäden, in Kategorien eingeteilt. Die Kategorien entsprechen dabei Schulnoten, also von Kategorie 1, die „sehr gut“ entspricht, bis zu Kategorie 5, die „sehr schlecht“ entspricht. Um den Zustand zu überwachen, bzw. als Alarmsignal für eine notwendige genauere Überprüfung, werden Warnwert bzw. Schwellenwert festgelegt. Man kann zum Beispiel festlegen, dass bei einer Überschreitung der Kategorie 3 eine nähere Untersuchung des Abschnittes hinsichtlich der Ursachen des schlechten Zustandes nötig ist (Warnwert) und bei Überschreitung der Kategorie 4 muss die Notwendigkeit konkreter baulicher Maßnahmen überprüft werden. (Beckedahl, 2010, Seite 69)

Die Zustandsbewertung erfolgt dann in mehreren Schritten:

- Erfassung des Schadensmerkmals mit Kategorie und Maßeinheit (z.B. 5 m<sup>2</sup> Ausbrüche der Kategorie 2) → Zustandsgrößen
- Normierung der Zustandsgrößen (z.B. Bezug auf 1 m<sup>2</sup> Radwegfläche)
- Verknüpfung der Zustandswerte
- Gesamtwert

(Beckedahl, 2010, Seite 70)

### 2.5.1 Zustandsgrößen:

Bei der visuellen Zustandserfassung erfolgt die Kategorisierung nicht jedes Mal durch Nachmessen der Schäden, z.B. Rissbreite, da dies zu aufwändig wäre. Ein Leitfaden bzw. der Schadenskatalog hilft beim Einschätzen der Schäden. Als Beispiel dient die vorher erwähnte Rissbreite bei Einzelrissen:

- |                |         |                                 |
|----------------|---------|---------------------------------|
| • Kategorie 1: | 0mm     | kein Schaden/Neuzustand         |
| • Kategorie 2: | 1-5mm   | minimaler Schaden               |
| • Kategorie 3: | 6-10mm  | deutlich ausgeprägter Schaden   |
| • Kategorie 4: | 11-20mm | stark ausgeprägter Schaden      |
| • Kategorie 5: | >20mm   | sehr stark ausgeprägter Schaden |

(Beckedahl, 2010, Seite 70f)

Die konkreten Zustandsgrößen sind je nach Projekt festzulegen, ein Vorschlag findet sich in Kapitel 3 bei der Umsetzung der Erkenntnisse fürs Erhaltungsmanagement bei Radwegen in einem einfachen Programm, das Erhalter von Radwegen als Hilfestellung nutzen können.

### **2.5.2 Normierung der Zustandsgrößen:**

Um eine gleichbleibende Bewertung der Zustandsgrößen zu gewährleisten, muss diese noch auf eine bestimmte Einheit bezogen werden. Im Fall der Radwege ist eine sinnvolle Bezugsgröße 1 m<sup>2</sup> Radweg. Das bedeutet, dass dann z.B. die normierte Größe von den Einzelrissen die Einheit [l<sub>fm</sub> Einzelriss\*Klasse/m<sup>2</sup> Abschnitt] aufweist. Zusammen mit Grenzen für diese neue normierte Größe, die vorher festgelegt werden, kann man eine Normierungsfunktion erzielen (Beckedahl, 2010, Seite 75). Im Programm gibt es für die normierten Zustandsgrößen wieder eine Skala von Zustand 1 bis 5, die farblich abgestimmt einen schnellen Aufschluss über den Zustand liefert. Liegt zum Beispiel ein großer Schaden vor, und der Schwellwert ist überschritten, zeigt das Programm rot für diesen Abschnitt an. Diese Normierung bietet eine einfache gesamthafte Beurteilung der Schadenssituation, gibt allerdings keine Auskunft über die Schwere der Schäden, bzw. ob es viele Schäden kleineren Ausmaßes oder weniger Schäden größeren Ausmaßes beinhaltet. Um diese Unterscheidung zu treffen, stehen jedoch die Aufnahmedaten und eine etwaige Fotodokumentation zur Verfügung.

### **2.5.3 Gesamtzustand:**

Um zu einer Gesamtbewertung der Fahrbahn zu kommen, müssen die einzelnen normierten Zustandswerte miteinander verknüpft werden. So kann am Ende auch der Gesamtzustand klassifiziert und visuell dargestellt werden. Eine Möglichkeit der Verknüpfung ist beispielsweise, aus dem Produkt der normierten Zustandswerte mit Gewichtungsfaktoren die Wurzel zu ziehen (Beckedahl, 2010, Seite 76f).

Eine weitere, in Österreich gebräuchlichere Möglichkeit der Erstellung eines Gesamtzustandes ergibt sich aus der Gewichtung der Zustandsklassen zu Teilwerten und die Kombination der Teilwerte mit Kombinationsbeiwerten zu einem Gesamtzustand (Weninger-Vycudil & Litzka, 2010, Seite 22)

Daraus ergibt sich ein normierter Gesamtwert, der mittels Grenzen wieder in 5 Klassen bzw. Kategorien eingeteilt werden kann.

Zur Beurteilung, welche Art der Sanierungsmaßnahmen wirtschaftlich sinnvoll ist, hat der Gesamtwert jedoch wenig Aussagekraft. Er eignet sich daher gut, um eine grobe Situation der Zustände des Gesamtnetzes für politische Entscheidungsträger darzustellen, eignet sich aber nicht für eine konkrete Maßnahmenplanung (Hoffmann, Dissertation - Instandsetzung von Straßen, 2006).

## 2.6 Maßnahmenplanung:

Wenn man die Zustände erfasst und bewertet hat, kommt der nächste Schritt – die Planung konkreter Maßnahmen. Jede Maßnahme hat eine gewisse Wirkdauer, und bestimmte Kosten, die auch im Laufe der Jahre anhand bereits abgeschlossener Sanierungen kalibriert werden können. Daraus ergibt sich mittels der Annuitätenrechnung eine Summe an jährlichen Kosten je nach Maßnahmenpaket. Um Maßnahmen planen zu können, muss man zunächst die möglichen Maßnahmen kennen, bzw. ermitteln, ob Instandhaltungsmaßnahmen oder eine Instandsetzung eines Abschnittes wirtschaftlich sinnvoller sind.

### 2.6.1 Annuitätenrechnung:

Um die jährlichen Kosten einer Maßnahme oder einer Kombination aus Maßnahmen in Zusammenhang mit der Wirkdauer einer Maßnahme gegenüberzustellen, können diese Kosten in Form der Annuität ermittelt werden. (In die Annuität gehen Investitionskosten, Wirkdauer und effektiver Zinssatz ein. Im Rahmen des hier verwendeten einfachen Berechnungsmodells kann man auf folgende Formel zurückgreifen:

$$A=I*(i*q^n)/(q^n-1)$$

Formel 1

A=Annuität [€/a]

I=Investition [€]

i=effektiver Zinssatz [%/a]

$q=1+i$

n=Wirkdauer der Maßnahme [a]

Verwendung findet der effektive Zinssatz, das bedeutet, dass man vom Zinssatz, der am Kapitalmarkt angeboten wird, die Inflation abziehen muss. Der Zinssatz hat eine große Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, daher sollte man in den Berechnungen immer Augenmerk auf plausible Eingangsdaten legen, und den Zinssatz in der Berechnung auch variieren, um eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen. Bei staatsnahen Betrieben, wie der ASFINAG, oder bei öffentlichen Netzbetreibern, die durch ihre Bonität Kredite mit entsprechend günstigen Zinsen bekommen, ist ein Zinssatz von 4% p.a. ein guter Ausgangswert, der in der Berechnung noch variiert werden sollte, um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit unter geänderten Randbedingungen zw. der Stabilität der errechneten Ergebnisse zu erhalten.

Die Wirkdauer einer Maßnahme ist ein Erfahrungswert aus vergangenen Projekten, ebenso wie die Investitionskosten, die sich im Wesentlichen an Einheitskosten [€/m<sup>2</sup>] bzw. [€/lfm] aus vorangegangenen Projekten orientieren. Wenn man durchgeführte Projekte evaluiert und die entstandenen Kosten wieder als neue Eingangsdaten für zukünftige Maßnahmenplanungen verwendet, erhält man ein selbstjustierendes System.

(Hoffmann, Erhaltungsmanagement von Straßen, 2010, Kapitel 4 Seite 15ff)

### **2.6.2 Maßnahmenmatrix:**

Zunächst wurden für die Erhaltung von Radwegen alle Maßnahmen herausgesucht, die für die Schäden an Radwegen wirksam sind. Dadurch fallen schon etliche Maßnahmen weg, die am Straßennetz für den motorisierten Individualverkehr von Belang sind. Im Gegenzug macht es Sinn, sich für radwegespezifische Schadensbilder, vor allem die Aufbrüche, die durch Durchwurzungen ergeben, sinnvolle kleinflächige Instandhaltungsmaßnahmen zu überlegen, bzw. aus der Praxis zu ermitteln.

Hier ist zu erkennen, dass im Falle von Spurrinnen, die für die Erhaltung relevant sind, oder bei Netzkissen, keine Instandhaltungsmaßnahmen mehr anwendbar sind, da hier bereits tiefgreifende strukturelle Schäden zu befürchten sind. Eine generelle Erneuerung beseitigt naturgemäß jegliche Schäden, die anderen gewählten Instandsetzungsmaßnahmen zielen auf spezifische Schadensgruppen ab.

Mittels der Dünnschichtdecke heißt werden nur Kornausbrüche und Spurrinnen beseitigt, die anderen Schäden betreffen den Unterbau bzw. tiefliegendere Probleme (wie etwa bei den Aufbrüchen durch Durchwurzungen) und für diese Schäden ist die Dünnschichtdecke heißt daher nicht geeignet.

Eine letzte Möglichkeit bietet die Erneuerung der Trag- und Deckschicht, die außer Setzungen und Aufbrüche alle Schäden beseitigen kann.

Aufbrüche können nur durch gezielte Sanierung einzelner Teilflächen als Instandhaltungsmaßnahme erfolgen, oder im Rahmen einer generellen Erneuerung, da die Ursache des Schadens – die Wurzel – gründlich aus dem Unterbau entfernt werden muss.

	Instandhaltung				Instandsetzung		
	Einzelrisse vergießen	Teilflächen flicken	Sanierung Teil- flächen Wurzel- schäden	Abfräsen der Oberfläche	Generelle Erneuerung	Dünnschicht- decke Heiss	Trag/Deckschicht erneuerung
Aufbrüche			X		X		
Kornausbrüche		X			X	X	X
Schlaglöcher		X			X		X
Setzungen		X			X		
Randschäden		X			X		X
Spurrinnen				X	X	X	X
Einzelrisse	X				X		X
Netzrisse		X			X		X

**Tabelle 2: Maßnahmenmatrix**

### **2.6.3 Instandhaltungsmaßnahme:**

Grundsätzlich können allen bei Radwegen auftretenden Schäden eine Instandhaltungsmaßnahme zugeordnet werden. Das sind kleinflächige Maßnahmen, die den weiteren Schadensverlauf aufhalten sollen, aber keine Verbesserung der baulichen Substanz bieten.

Bei großflächigen Netzkissen sind Instandhaltungsmaßnahmen technisch bzw. wirtschaftlich nicht sinnvoll. Ebenso ist bei Spurrinnen, die über einen ganzen Abschnitt oder große Teile eines Abschnittes gehen, eine Instandhaltung nicht sinnvoll, weil die Kleinflächigkeit der Maßnahmen nicht mehr gegeben ist.

Zu diesen ausgewählten Maßnahmen zählen:

- Vergießen von Einzelrissen
- Flicken von Teilflächen
- Reparatur von durchwurzelteten Teilflächen
- Abfräsen von Unebenheiten

(Hoffmann, Erhaltungsmanagement von Straßen, 2010)

### **2.6.4 Instandsetzungsmaßnahmen:**

Wenn das Schadensausmaß sehr groß ist, kann es wirtschaftlicher sein, den gesamten Abschnitt zu erneuern, indem man eine Instandsetzungsmaßnahme durchführt. (Hoffmann, Dissertation - Instandsetzung von Straßen, 2006)

Manche der üblichen Instandsetzungsmaßnahmen sind für Radwege wenig sinnvoll, weil sie Schäden beseitigen, die für die Radfahrer nicht relevant sind. (Jereb, 2010)

Deshalb wurden folgende Maßnahmen ausgewählt:

- Generelle Erneuerung des Radweges
- Dünnschichtdecke heiß
- Erneuerung des Trag- und Deckschicht (bei Radwegen zumeist eine kombinierte Tragdeckschicht)

(Hoffmann, Erhaltungsmanagement von Straßen, 2010)

## 2.6.5 Beschreibung und Arbeitsschritte der Maßnahmen:

### 2.6.5.1 Vergießen von Einzelrissen:

- Nachschneiden der Risse, Reinigung mittels Druckluftlanze zur ausreichenden Haftung (3-5cm Tiefe)
- Erhitzen mittels Hitzelanze – optimale Bindungsfähigkeit, Haftgrund für die Versiegelung
- Versiegelung mit dauerelastischer Fugenmasse – verschiedene Geräte zur Einbringung der Fugenmasse möglich (Kleingeräte, mobile Geräte mit Lanzen)

Die Einheitskosten betragen etwa 2-3€/lfm. Je nach Wirkdauer der Maßnahme kann man mittels der jährlichen Kosten (Annuität) über die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entscheiden.

(Hoffmann, Erhaltungsmanagement von Straßen, 2010, Kapitel 3 Seite 16)



**Abbildung 16: Vergießen von Einzelrissen (Sabev, 2009, Seite 21)**

#### 2.6.5.2 Flicken von Teilflächen:

- Schneiden/Fräsen der Fahrbahndecke
- lokaler Austausch der Frostschuttschicht und Nachverdichten
- Vorbehandeln der Anschlussstellen zur Vermeidung von Folgeschäden (Risse...)
- Aufbringen der Trag-/Deckschicht – incl Verdichtung
- Kennzeichen: Einsatz von kleinem Gerät zur lokalen Sanierung

Die Einheitskosten hängen vom Einsatzort ab, bei (Sabev, 2009) werden für Gemeindestraßen 115€/m<sup>2</sup> genannt, was eine passende Größenordnung für die Instandhaltung von Radwegen sein dürfte. Im Einzelfall sind die tatsächlichen Einheitskosten anhand der vorhandenen Schäden abzuschätzen, da fixe Kosten wie Baustelleneinrichtungskosten je nach Umfang der Sanierungsarbeiten unterschiedliche Auswirkungen auf den Einheitspreis haben. Als Wirkdauer werden etwa drei bis maximal fünf Jahre angenommen.

(Sabev, 2009, Seite 22ff)



**Abbildung 17: Abfräsen kleiner Teilfläche (Sabev, 2009, Seite 23)**



**Abbildung 18: Verdichten der Tragdeckschicht (Sabev, 2009, Seite 23)**

#### 2.6.5.3 Sanierung Teilflächen Wurzeln:

- Schneiden/Fräsen der Fahrbahndecke im Bereich der Aufwölbungen
- Boden tiefgreifend auffräsen
- Wurzeln sowie Fräsmaterial entfernen
- Einbringen eines geeigneten Materials als Unterbau, Verdichtung
- Vorbehandlung der Anschlüsse an die verbleibende Tragdeckschicht
- Aufbringen der Trag-/Deckschicht – incl. Verdichtung

Im Großen und Ganzen handelt es sich um ein ähnliches Verfahren wie das Flickern der Teilflächen, nur dass eine gründliche Entfernung der Wurzeln erfolgen muss, und das organische Material ausgetauscht werden muss. Die Kosten für dieses Verfahren liegen daher etwas über dem Flickern von Teilflächen. Als Anhaltspunkt sind hier in den Beispielen 120€/m<sup>2</sup> verwendet worden, auch dieser Wert ist bei einem konkreten Projekt von der Anzahl der zu sanierenden Stellen und den lokalen Preisen für die Arbeitskraft sowie den Rohstoffpreisen abhängig.

Die Wirkdauer ist in diesem Fall länger als beim Flickern kleiner Teilflächen, da sich für die erneute Durchwurzelung erst neue Triebe bilden müssen, hängt aber von der Art des Bewuchses sowie der Reichweite der Instandhaltungsmaßnahme ab. Diese sollte sich auch auf den Bereich seitlich des eigentlichen Radweges erstrecken.

(viadonau, 2008)

#### 2.6.5.4 Abfräsen von Unebenheiten:

Zur Beseitigung von Spurrinnen kann lokal ein geringfügiges Abfräsen der Oberfläche mit einem geeigneten Gerät erfolgen. Je nachdem, ob die Ursache der Spurrinnen beseitigt wurde, oder weiterhin besteht, beispielsweise Befahrung durch landwirtschaftlichen Verkehr mit Schneeketten, welche zum Verschleiss der Tragdeckschicht führt, kann die Maßnahme eine relativ lange Wirkdauer aufweisen. Die Kosten belaufen sich auf etwa 20€/m<sup>2</sup>.

#### 2.6.5.5 Generelle Erneuerung:

Eine generelle Erneuerung reicht von einer Überbauung des Bestandes bis hin zu einer Stabilisierung des Untergrundes und Ersatz der ungebundenen und gebundenen Tragschichten, wobei auch Recyclingverfahren zum Ersatz kommen und das vorhandene Material wiederverwendet werden kann.

Arbeitsschritte:

- Abtragen/Fräsen der alten Schichten
- Einbau ungebundener Schichten samt Verdichtung
- Einbau Mischgut in entsprechender Zusammensetzung und erforderlicher Dicke
- Verdichten

(Hoffmann, Dissertation - Instandsetzung von Straßen, 2006, Seite 178)

Eine generelle Erneuerung weist eine Wirkdauer von 20-30 Jahren auf und durch die größeren zum Einsatz kommenden Geräte ist der Einheitspreis in € pro m<sup>2</sup> geringer als beim Flickern von Teilflächen. Im Gegenzug müssen jeweils mehrere Abschnitte hintereinander erneuert werden, damit sich der Einsatz des Asphaltfertigers finanziell lohnt. Durch die lange Wirkdauer weist die generelle Erneuerung eine verhältnismäßig geringe Annuität auf.

#### 2.6.5.6 Dünnschichtdecke heiß (DDH):

- Reinigen der Oberfläche von gebundenen Schichten mit Hochdruck
- Abfräsen von Unebenheiten > 10 mm, Entfernen des Fräsgutes
- Vorspritzen mit Bitumenemulsion
- DDH- Mischgut liefern und auf die Unterlage profilgemäß aufbringen (~2cm Einbaudicke - in einem Arbeitsgang mit Vorspritzen)
- Mischgut verdichten

(Sabev, 2009, Seite 35)

Die Dünnschichtdecke heiß hat ein sehr enges Einsatzgebiet. Sie wirkt unter den für Radwege relevanten Schäden lediglich auf die Kornausbrüche und Spurrinnen, kann im Einzelfall aber eine wirtschaftlich interessante Alternative darstellen. Die Einheitskosten belaufen sich auf etwa 12€/m<sup>2</sup> und die Wirkdauer ist im Vergleich zur generellen Erneuerung relativ beschränkt, 8 Jahre ist eine vorsichtige Annahme und bedingt eine ausreichende Resttragfähigkeit ohne Netzrisse und dergleichen.



**Abbildung 19: Abfräsen der Unebenheiten >10mm (Sabev, 2009, Seite 35)**



**Abbildung 20: Einbau des Mischgutes mittels Fertiger (Sabev, 2009, Seite 35)**

#### 2.6.5.7 Erneuerung der Tragdeckschicht:

- Abfräsen der bestehenden Tragdeckschicht
- Vorspritzen mit Bitumenemulsion
- Einbau der neuen Tragdeckschicht
- Verdichten der Tragdeckschicht

(Sabev, 2009, Seite 45)

Die Erneuerung der Tragdeckschicht ist eine kostengünstige Alternative zur generellen Erneuerung, sofern der Unterbau noch nicht in Mitleidenschaft gezogen wurde. Die Einheitskosten liegen bei etwa 35€/m<sup>2</sup> und die Wirkdauer ist auch eher beschränkt im Vergleich zur generellen Erneuerung, und wird sich im Bereich von 10 bis maximal 20 Jahre bewegen.



**Abbildung 21: Vorspritzen mit Bitumenemulsion (Sabev, 2009, Seite 44)**



**Abbildung 22: Einbau und Verdichtung Tragdeckschicht (Sabev, 2009, Seite 44)**

### **3. UMSETZUNG EINES EMS IM PROGRAMM**

Um Erhalten von Radwegen die Umsetzung der vorher angeführten wirtschaftlichen Überlegungen in möglichst einfacher Form zu ermöglichen, wurde im Tabellenkalkulationsprogramm Excel ein Programm erstellt, mit dessen Hilfe die Schäden erfasst und automatisiert mittels einstellbarer Kriterien bewertet werden. Anschließend wird, basierend auf den Schäden, eine Handlungsempfehlung für eine bestimmte Maßnahme und eine Kostenabschätzung ausgegeben.

#### **Aufbau des Programms**

Das Programm ist grundsätzlich in 5 Arbeitsblätter gegliedert.

- Eingabe Zustandsdaten
- Visualisierung Zustände
- Einstellungen
- Annuitätenberechnung
- Maßnahmenempfehlung

Im jeweiligen Abschnitt befindet sich ein Screenshot der Programmoberfläche, eine große Version findet sich bei den Anwendungsbeispielen.

### 3.1 Eingabe Zustandsdaten

Schadenserfassung																										
Region		Mödling																								
Datum		20.05.2011																								
Bearbeiter		Max W.																								
Radweg ID		Fantasiaweg																								
Teilstück		ab km 3.5																								
		Positionierung		Querschnitt		Oberbau		Aufwölbungen		Kornausbrüche		Schlaglöcher		Setzungen		Randschäden		Spurrinnen		Risse			Entwässerung		Foto Zeitpunkt	Anmerkungen
Abschnitt #	Start	Länge Abschnitt[m]	Breite [m]	Aufbau	Alter[a]	Länge[lfm]	Kategorie	Fläche[m²]	Kategorie	Fläche[m²]	Kategorie	Fläche[m²]	Fläche[m²]	Länge[lfm]	Kategorie	Einzelrisse[lfm]	Kategorie	Netzrisse[m²]	links	rechts	hh:mm					
1	0																									
2	0																									
3	0																									
4	0																									
5	0																									

Abbildung 23: Eingabe Zustandsdaten

Am Arbeitsblatt für die Zustandsdaten gibt es links oben einen Abschnitt für allgemeine Informationen. Es werden bei einem größeren Radwegenetz die Bezeichnung der Region, Datenerfasser, Erfassungsdatum und eine Zuordnung des Radweges festgehalten, sowie, wenn die Erfassung eines langen Radweges auf mehrere Etappen erfolgt, eine Zuordnung des Teilstückes.

**Abschnitte:** Der Radweg wird bei der Aufnahme in Erfassungsabschnitte zerteilt, wobei die Erfassungsabschnitte in ihrem Schadensbild möglichst homogen sein sollten. Die Länge dieser Abschnitte sollte dabei in einem Rahmen bleiben, der eine sinnvolle Planung und Zuordnung der Schäden noch zulässt. Ein guter Richtwert ist eine Länge von maximal 50 m, sollten die Abschnitte jedoch extrem homogen sein, kann dieser Wert auch auf maximal 100 m ausgedehnt werden. Eine Untergrenze ist Ermessenssache, die Abschnittslänge sollte 5 m allerdings nicht unterschreiten, weil dann der Erfassungsaufwand zu hoch sein würde.

**Positionierung:** Mittels Startpunkt und Länge des Abschnittes ist seine Lage im gesamten Radwegenetz eruierbar. Der folgende Startpunkt wird jeweils automatisch mittels des vorangegangenen Startpunktes und der vorherigen Abschnittslänge ermittelt. Als Hilfsmittel zur Messung der zurückgelegten Distanz ist in diesem Fall ein Messrad empfehlenswert.

**Querschnitt:** Die Messung der Oberbaubreite des aufgenommenen Radweges dient der Ermittlung der Flächen bei der Berechnung der Instandsetzungskosten.

**Oberbau:** Falls genaueres über den Oberbau bekannt ist, können hier das Alter und der Oberbauaufbau festgehalten werden. Dieses Feld ist optional und wird zur weiteren Berechnung nicht mehr benötigt.

### 3.1.1 Schäden:

Die Zuordnung erfolgt mit Hilfe des Schadenskatalogs, siehe Anhang.

Einheiten der Aufnahme und die Kategorisierungen können dem Kapitel 2.3.2 entnommen werden.

**Aufwölbungen:** Hier werden alle linienförmigen Aufwölbungen und ihre Größenordnung festgehalten. Für die Instandhaltung kann den linienförmigen Aufwölbungen eine Sanierungsbreite zugeordnet werden, die im Programmbereich Einstellungen zu finden ist.

**Kornausbrüche:** Die Kornausbrüche, die vorgefunden werden, sollten großzügig auf rechteckige Flächen umgerechnet werden. Ein kreisförmiges Schlagloch mit einem Durchmesser von 80 Zentimetern wird beispielsweise als 1 m<sup>2</sup> ausgewiesen, da bei der Sanierung auch immer ein Bereich rund um die schadhafte Stelle ausgebessert werden muss. Des Weiteren erfolgt eine Kategorisierung der Schadensschwere laut der Einteilung im Schadenskatalog.

**Schlaglöcher:** Die Schlaglöcher, die vorgefunden werden, sollten großzügig auf rechteckige Flächen umgerechnet werden. Ein kreisförmiges Schlagloch mit einem Durchmesser von 80 Zentimetern wird beispielsweise als 1 m<sup>2</sup> ausgewiesen, da bei der Sanierung auch immer ein Bereich rund um die schadhafte Stelle ausgebessert werden muss. Des Weiteren erfolgt eine Kategorisierung der Schadensschwere laut der Einteilung im Schadenskatalog.

**Setzungen:** Hier sind Setzungen aufzunehmen, die die Sicherheit der Radfahrer gefährden können, weil sie entsprechend tief sind, und beispielsweise Wasser nicht mehr abfließen kann. Eine Erfassung ist Ermessenssache und hängt von der Lage und Tiefe der Setzung ab.

**Randschäden:** Bei Randschäden sollte immer ein neuer Erfassungsabschnitt begonnen werden. So wird sichergestellt, dass der gesamte Abschnitt betroffen ist, und man kann anhand der betroffenen Fläche ableiten, inwieweit die Befahrbarkeit des Radweges eingeschränkt ist. Dies kann man im Anschluss am Verhältnis Randschäden/Abschnitt feststellen.

**Spurrinnen:** Auch beim Auftreten von Spurrinnen sollte ein neuer Abschnitt begonnen werden. Die Länge der Spurrinnen in dem Abschnitt und der Kategorie werden aufgenommen, wobei die Kategorien im Schadenskatalog festgehalten sind.

**Risse:** Hier werden Einzelrisse samt ihrer Rissbreite, sowie die Fläche von Netzrissen festgehalten. Beim Auftreten von Netzrissen ist ein neuer Abschnitt zu beginnen, damit im Verhältnis zur Abschnittsgröße festgestellt werden kann, ob die Netzrisse bereits hinderlich für den Radverkehr sein können.

**Entwässerung:** Hier ist der Zustand der Entwässerungseinrichtungen mit einem Notensystem von 1 bis 5 zu bewerten, wobei 1 einen tadellosen Zustand und 5 ein sofort sanierungsbedürftigen Zustand bedeutet.

**Foto Zeitpunkt:** Beim Punkt Foto Zeitpunkt geht es darum, Fotos, die den Zustand dokumentieren, später zuordnen zu können. Hier kann also der Zeitpunkt, zu dem ein Foto zu einem Abschnitt gemacht wurde, festgehalten werden. Dieser Zeitpunkt wird bei den meisten Digitalkameras angezeigt, wenn man ein Foto öffnet oder nach dem fotografieren das Foto noch ein paar Sekunden angezeigt wird. Im Nachhinein findet sich der Zeitpunkt des Fotos dann bei dessen Eigenschaften bzw. im EXIF Anhang in der Fotodatei.

**Anmerkungen:** Im Feld Anmerkungen ist Platz für Bemerkungen zu den örtlichen Gegebenheiten, Notizen und dergleichen.

### 3.2 Visualisierung Zustände:

Zustand																												
Kategorie 1																												
Kategorie 2																												
Kategorie 3																												
Kategorie 4																												
Kategorie 5																												
Positionierung	Abschnitt #	QS	Aufwölbungen			Kornausbrüche			Setzungen			Randschäden			Spurrinnen			Risse			Entwässerung							
			Start	Länge [m]	Breite [m]	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Kategorie	Wertung	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Wertung	links	rechts	
0	33	1	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe		
33	50	2	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe		
83	50	3	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe		
133	50	4	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe		
183	49	5	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe		
232	13	6	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe		
245	5	7	2,5	0,16	5	0,08	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe		
250	44	8	2,5	0,0272727	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,045454545	0	0	0	0	0	0	0	0,56	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe		
294	20	9	2,5	0,04	3	0,06	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,22727	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
314	50	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	4	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
364	11	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	5	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
375	46	12	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,27273	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
421	50	13	2	0,15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24155	2	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
471	35	14	2	0,1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
506	9	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35714	4	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
515	50	16	2	0,15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
565	48	17	2	0,0625	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35714	4	0	Keine Angabe	Keine Angabe
613	50	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe	
663	47	19	2	0,0851064	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,125	4	0	Keine Angabe	Keine Angabe
710	39	20	2	0,1282051	4	0,025641	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04255	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe
749	46	21	2	0,0217391	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05128	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe

Abbildung 24: Visualisierung der Zustände

Bei der Visualisierung der Zustände werden keine Daten eingegeben, sondern die Zustände analysiert. Links am Blatt stehen wieder Startpunkt, Abschnittsnummer und Länge, um den jeweiligen Abschnitt eindeutig zuordnen zu können. Die Breite des Querschnittes ist ebenfalls angegeben, sodass im Anschluss die Fläche des Abschnittes ausgegeben werden kann. Danach folgen die jeweiligen Schäden, bei denen die das Schadensausmaß auf die Größe des Abschnittes bezogen wird.

Wenn beispielsweise in der Schadenserfassung 16 Laufmeter Aufbrüche wegen Durchwurzelung mit Kategorie 4 festgestellt werden, und der Abschnitt eine Länge von 20 Metern und eine Breite von 3 Metern aufweist, dann ergibt sich dadurch ein Wert von 0,2666 [lfm/m<sup>2</sup> Abschnitt]. Dieser Wert wird dann bei Schäden ohne Kategorisierung (Setzungen, Randschäden, Netzrisse) direkt in eine Visualisierung umgesetzt.

Bei den Schäden, die auch eine Kategorisierung bei der Schadensaufnahme haben, wird der Wert des Schadensausmaß, der schon auf die Abschnittsgröße bezogen ist, mit der Kategorie multipliziert.

Im Feld mit der Wertung wird dann das auf die Abschnittsgröße bezogene Schadensausmaß bzw. dessen Produkt mit der Kategorie, falls vorhanden, abgefragt und mit den Werten für die Abschnittskategorisierung verglichen, die oberhalb der jeweiligen Schäden voreingestellt werden können. Entsprechend der Abschnittskategorisierung werden dann die Felder eingefärbt. Die Entwässerungseinrichtungen werden anhand ihrer Beurteilung direkt visualisiert.

Die Kategorisierungen erfolgen nach folgendem farblichen Schema:

Kategorie 1: **Grün**

Kategorie 2: **Hellgrün**

Kategorie 3: **Gelb**

Kategorie 4: **Orange**

Kategorie 5: **Rot**

Die Visualisierung der Zustände dient dem Überblick, und als Hilfsmittel, welche Abschnitte vorrangig beachtet werden müssen. Sie gibt allerdings keine Aussage darüber, ob eine große Schadensfläche mit kleiner Schadensschwere oder ein schwerer Schaden mit kleinen Abmessungen vorliegt. Ein Vorschlag, welche Schäden zu beheben sind, wird jedoch im Modul Maßnahmenempfehlungen abgegeben.

### 3.3 Einstellungen:

Wirksamkeit von Maßnahmen								
	Aufwölbungen	Kornausbrüche	Schlaglöcher	Setzungen	Randschäden	Spurrinnen	Einzelrisse	Netzrisse
Einzelrisse vergießen	-	-	-	-	-	-	X	-
Teilflächen flicken	-	X	X	X	X	-	-	X
Sanierung Teilflächen Wurzelschäden	X	-	-	-	-	-	-	-
Abfräsen Oberfläche	-	-	-	-	-	X	-	-
Generelle Erneuerung	X	X	X	X	X	X	X	X
Dünnschichtdecke Heiss	-	X	-	-	-	X	-	-
Asphaltpaket Erneuerung	-	X	X	-	X	X	X	X
<b>Sanierung Wurzelschäden:</b>	<b>1,5</b>	Breite Aufgrabung [m]						
<b>Zinssatz Annuitätenberechnung</b>	<b>4</b>	[%/a]						
<b>Eingriffsgrenzen:</b>								
Aufwölbungen	3	[Klasse]						
Kornausbrüche	3	[Klasse]						
Schlaglöcher	2	[Klasse]						
Setzungen	0,05	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]						
Randschäden	0,2	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]						
Spurrinnen	4	[Klasse]						
Einzelrisse	2	[Klasse]						
Netzrisse	0,2	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]						

Abbildung 25: Einstellungen

Im Programmbereich Einstellungen wird zunächst für den Benutzer die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen für die relevanten Schäden dargestellt, sodass der Benutzer einen Überblick über die Möglichkeiten bekommt.

Aufbrüche durch Durchwurzungen sind linienförmige Schäden, die in [lfm] angegeben werden. Bei der Sanierung dieser Schäden werden rechteckige Flächen aufgefräst, saniert und neu asphaltiert. Im Feld „Sanierung Wurzelschäden“ ist die Breite der Sanierung einstellbar, wodurch man in Zusammenhang mit der Längserstreckung des Schadens und dem Einheitspreis die Kosten der Maßnahme ermitteln kann.

Beim Feld „Zinssatz Annuitätenberechnung“ wird der jährliche Zinssatz, auf dem die Berechnung der Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten beruhen, eingegeben. Durch Änderung des Wertes in diesem Feld kann die Berechnung der Kosten in ihrer Sensitivität auf zukünftige Schwankungen am Kapitalmarkt untersucht werden.

Bei den Eingriffsgrenzen kann festgelegt werden, ab welchem Schadensausmaß eine Instandhaltung oder Instandsetzung erfolgen muss.

Bei Aufwölbungen, Kornausbrüchen, Schlaglöchern, Spurrinnen und Einzelrissen wird dabei die Kategorie der erhobenen Schäden mit der Kategorie, die durch die Eingriffsgrenze festgelegt wird, verglichen und danach entschieden, ob eine Maßnahme notwendig ist.

Bei den verbleibenden Schäden (Setzungen, Randschäden, Netzrisse) wird die Eingriffsgrenze als Prozentsatz des Abschnittes definiert. Wenn die Eingriffsgrenze für Randschäden beispielsweise einen Wert von 0,2 beträgt, bedeutet das, dass eine Maßnahme zu treffen ist, wenn die Randschäden mehr als 20% der Abschnittsfläche betragen.

### 3.4 Annuitätenberechnung:

	Wirkdauer [a]	Kosten [€/m <sup>2</sup> ] bzw. [€/lfm]	effektiver Zinssatz [%/a]	Annuität [€/m <sup>2</sup> *a] bzw. [€/lfm*a]
<b>Instandhaltung</b>				
Einzelrisse vergießen	2	3	4	1,6
Teilflächen flicken	4	115	4	31,7
Sanierung Teilflächen Wurzelschäden	10	120	4	14,8
Abfräsen Oberfläche	10	20	4	2,5
<b>Instandsetzung</b>				
Generelle Erneuerung	30	100	4	5,8
Dünnschichtdecke heiss	8	12	4	1,8
Austausch Asphaltpaket	15	35	4	3,1

Abbildung 26: Annuitäten

Im Programmpunkt Annuitätenberechnung werden zu den einzelnen Maßnahmen die jährlichen Kosten pro Sanierungseinheit [m<sup>2</sup>] bzw. [lfm] ermittelt. Die Berechnung erfolgt mittels Annuitätenrechnung, analog zu Kapitel 2.6.1. Der Zinssatz wird dabei dem Programmteil Einstellungen entnommen. Für die Aussagekraft der Berechnungen sind gute Eingangsdaten aus der Praxis unumgänglich.

**Einheitskosten:** Diese sind anhand von vorangegangenen Sanierungsmaßnahmen zu evaluieren, und immer wieder an den aktuellen Kostenverlauf anzupassen.

Ein wesentliches Problem ist die Teuerung im Bereich der Erdölprodukte. Dies betrifft in erster Linie die bituminösen Bindemittel, welche Preisschwankungen, die wesentlich größer ausfallen als die Inflationsrate, unterliegen. Deshalb ist es unumgänglich, vor der Planung noch die veranschlagten Einheitskosten eine gesonderten Überprüfung zu unterziehen.

**Wirkdauer:** Die Wirkdauer beschreibt die Zeitspanne von der Ausführung einer Maßnahme bis zum erneuten Erreichen der Eingriffsgrenze der Schäden in diesem Abschnitt. Die Wirkdauer hängt zum Einen von der Nutzung durch Dritte ab (Spurrinnen auf Radwegen zum Beispiel), zum Anderen von den Witterungsbedingungen und der Sorgfalt bei der Durchführung der Maßnahmen.

### 3.5 Maßnahmenempfehlung:

Abschnitt #	Länge Abschnitt [m]	Breite [m]	Kosten Instandhaltung[€/a]									Kosten Instandsetzung[€/a]			Handlungsempfehlung	
			Einzelrisse vergießen	Kornausbr. Teilflächen flicken	Schlaglöcher Teilflächen flicken	Setzungen Teilflächen flicken	Randschäden Teilflächen flicken	Netzrisse Teilflächen flicken	Sanierung Wurzelschäden	Oberfläche abfräsen	Gesamtkosten	Kosten Generelle Erneuerung	Kosten Dünnenschichtdecke heiss	Kosten Asphaltpaket Erneuerung	Handlungsempfehlung	Kosten/Abschnitt [€/a]
1	5	2,5	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	76,1	72,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Erneuerung Gesamt	72,3
2	44	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,6	0,0	66,6	636,1	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	66,6
3	20	2,5	0,0	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	123,3	139,4	289,2	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	139,4
4	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,0	0,0	578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
5	11	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	127,2	39,2	69,3	Keine Reperaturen notwendig	0,0
6	46	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	478,8	147,6	260,6	Keine Reperaturen notwendig	0,0
7	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	332,9	0,0	332,9	578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	332,9
8	35	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	155,3	123,3	155,3	404,8	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	155,3
9	9	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,1	Nicht Möglich	56,7	Keine Reperaturen notwendig	0,0

Abbildung 27: Maßnahmenempfehlung

Im Abschnitt Maßnahmenempfehlungen wird die Möglichkeit aller Maßnahmen überprüft, und anhand der vorher getroffenen Einstellungen eine ungefähre Kostenabschätzung abgegeben.

Ganz links werden wieder Abschnittsnummer und Länge bzw. Breite des Abschnittes ausgegeben.

Bei den Punkten „Einzelrisse vergießen“, „Kornausbrüche Teilflächen flicken“, „Schlaglöcher Teilflächen flicken“, „Setzungen Teilflächen flicken“, „Randschäden Teilflächen flicken“, „Netzrisse Teilflächen flicken“, „Sanierung Wurzelschäden“ und „Oberfläche abräsen“ wird jeweils abgefragt, ob das Schadensausmaß oberhalb der Eingriffsgrenze aus dem Abschnitt Einstellungen liegt.

Ist die Eingriffsgrenze nicht erreicht, ist keine Maßnahme notwendig, und es wird der Wert „0“ ausgegeben. Liegt das Schadensausmaß oberhalb der Eingriffsgrenze, wird die Annuität der Maßnahme ermittelt, indem das Schadensausmaß aus der Zustandserfassung mit der Annuität pro Einheit der jeweiligen Instandhaltungsmaßnahme multipliziert wird.

Bei den Wurzelschäden wird noch, wie bereits erwähnt, die im Teil „Einstellungen“ vorgeählte Breite der Aufgrabung multipliziert, um zur Annuität zu kommen, beim Oberflächen abräsen wird in Bereichen mit Spurrinnen die gesamte Fahrbahnbreite gefräst.

Anschließend werden die Kosten der einzelnen Instandhaltungsmaßnahmen addiert, um eine gesamte Annuität für das Maßnahmenpaket in diesem Abschnitt zu erhalten. Diese Gesamtannuität aller Instandhaltungsmaßnahmen scheint das in dem Feld Gesamtkosten auf.

Im folgenden Feld werden die Kosten für eine gesamte Erneuerung des Abschnittes dargestellt. Diese sind nicht an Bedingungen geknüpft, da eine gesamte Erneuerung unabhängig vom Schadensbild immer möglich ist. Dabei wird die Annuität der Einheitskosten für die Maßnahme „gesamte Erneuerung“ mit der Fläche des Abschnittes multipliziert.

Im Feld „Kosten Dünnenschichtdecke heiß“ wird zunächst abgefragt, ob andere Schäden als Ausbrüche oder Spurrinnen enthalten sind, welche die Eingriffsgrenzen im Abschnitt Einstellungen überschreiten. Ist dies der Fall, wird die Meldung „Nicht möglich“ ausgegeben, andernfalls wird die Annuität des gesamten Abschnittes wieder mit der Annuität der Einheitskosten und der Fläche des Abschnittes ermittelt.

Beim Feld „Kosten Asphaltpaket Erneuerung“ funktioniert die Abfrage analog zum vorherigen Feld, außer, dass in diesem Fall nur die Schäden „Aufbrüche“ und „Setzungen“ nach Überschreitung der Eingriffsgrenzen überprüft werden.

Im Feld Kosten/Abschnitt sind die minimalen Kosten der Felder Gesamtkosten Instandhaltung bzw. der Kosten der Instandsetzungsmaßnahmen abgefragt. Diese Kosten werden angezeigt. Danach wird bei den Handlungsempfehlungen das Feld mit Kosten/Abschnitt mit den anderen Maßnahmen abgeglichen, und ausgegeben, welche Maßnahme im Endeffekt die geringste Annuität aufweist und daher ausgewählt wurde.

Im Fall, dass die Schäden allesamt unter der Eingriffsgrenze liegen, kommt im Feld Gesamtkosten der Instandhaltungsmaßnahmen 0 € heraus, und im Feld Handlungsempfehlung kommt die Meldung „Keine Reparaturen notwendig“. Andernfalls wird die kostengünstigste mögliche Maßnahme vorgeschlagen, und deren Annuität ausgegeben.

#### 4. AUSWERTUNGSBEISPIELE ZU DEM PROGRAMM

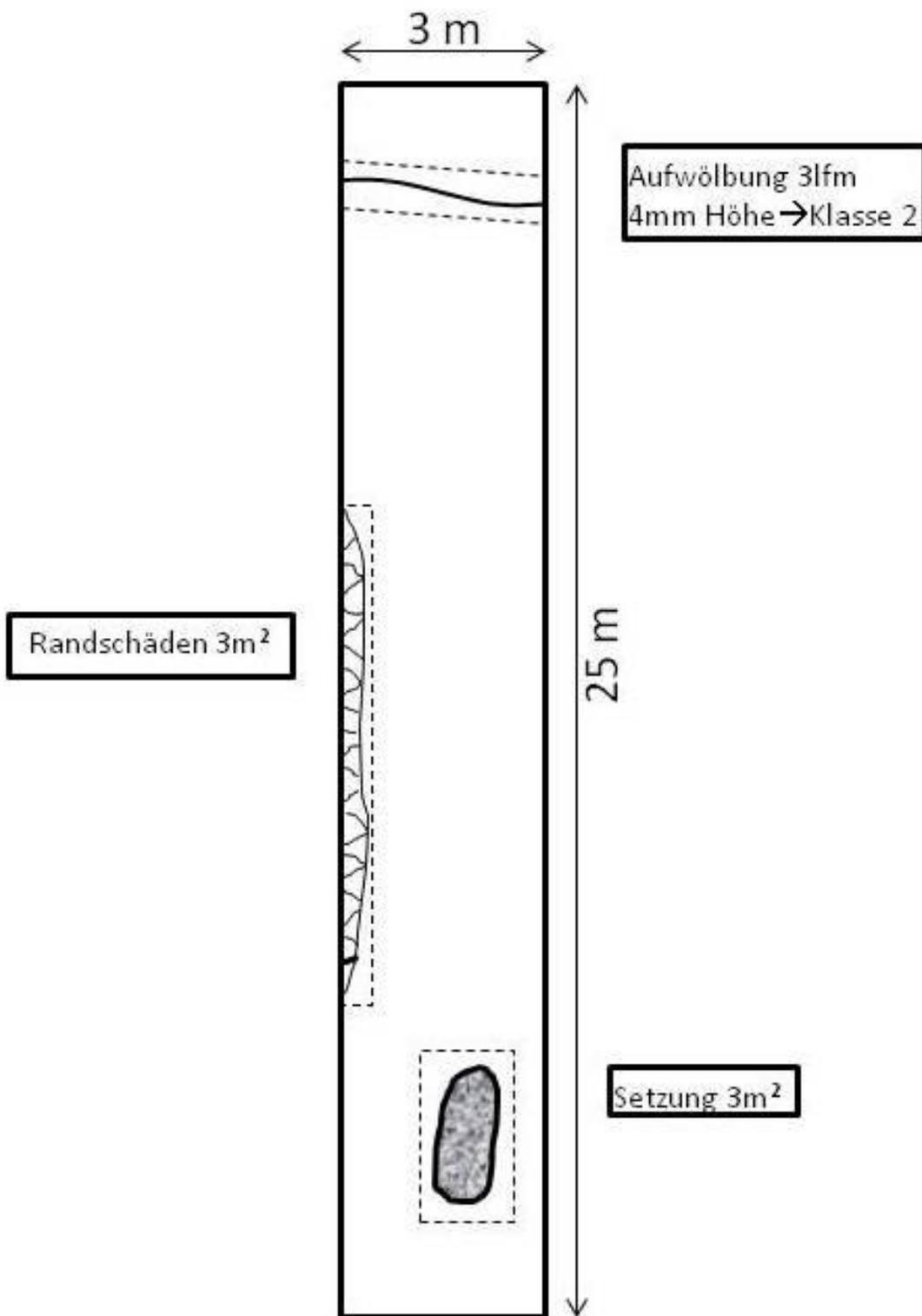


Abbildung 28: Abschnitt # 1

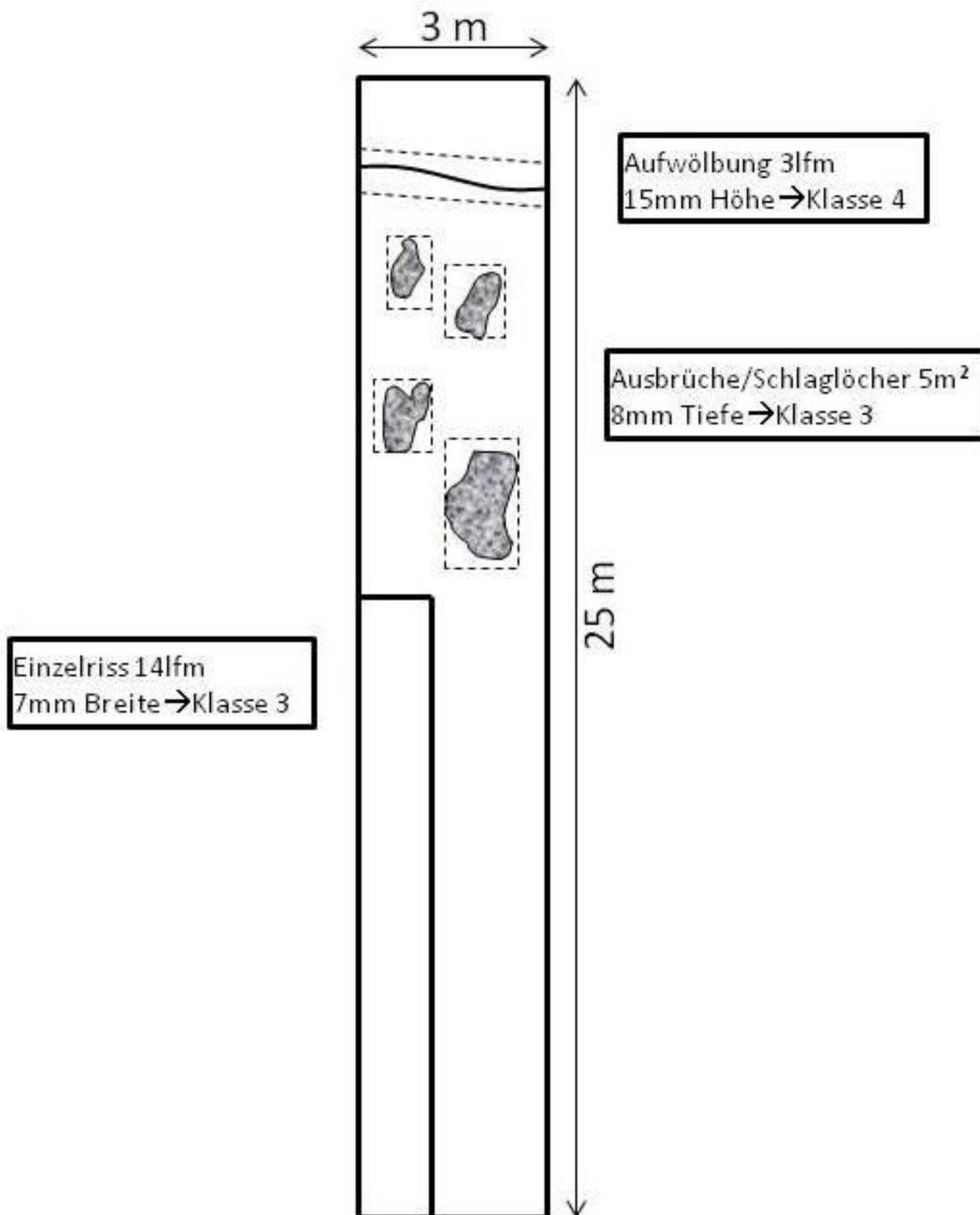


Abbildung 29: Abschnitt # 2

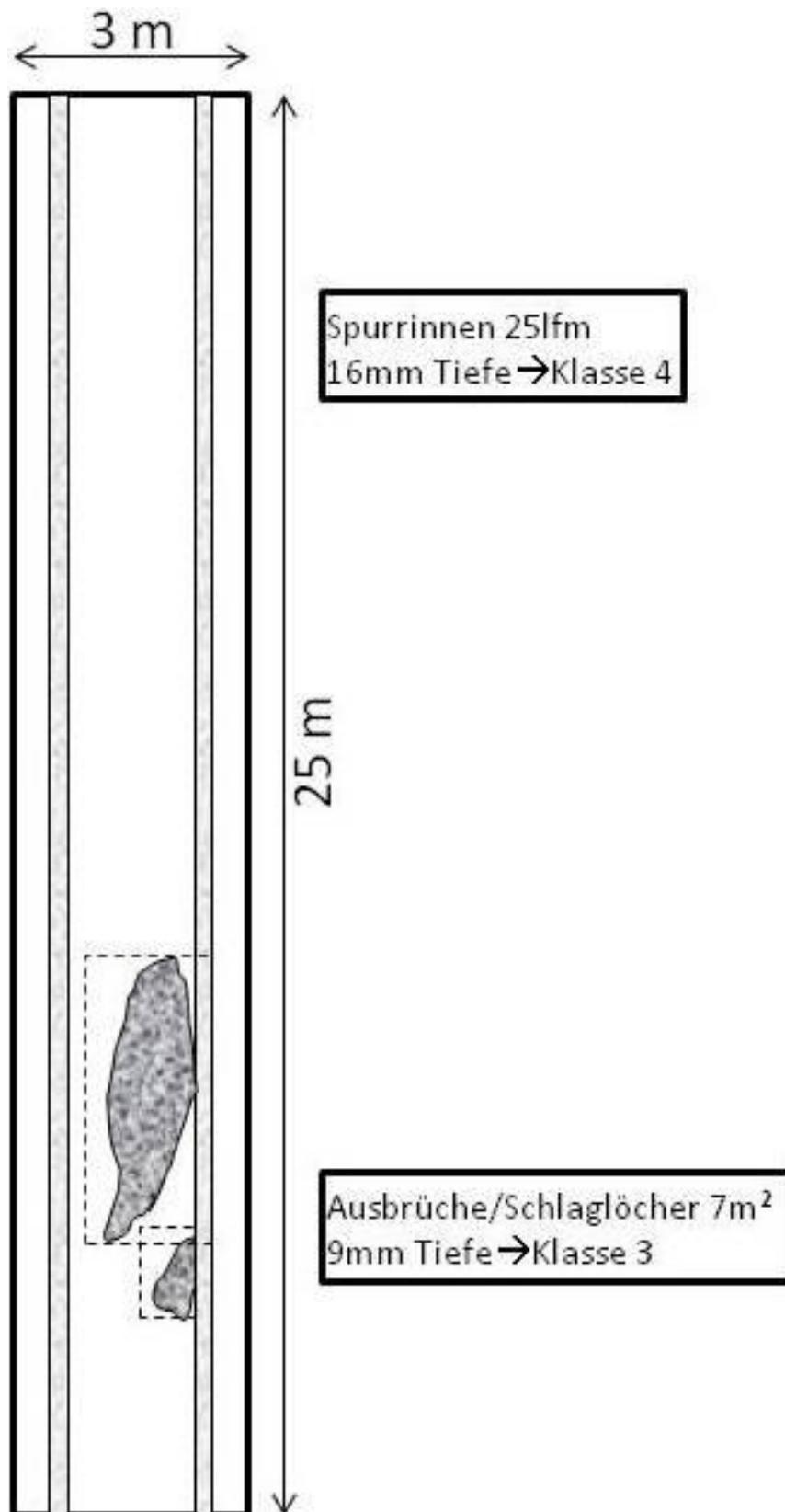


Abbildung 30: Abschnitt # 3

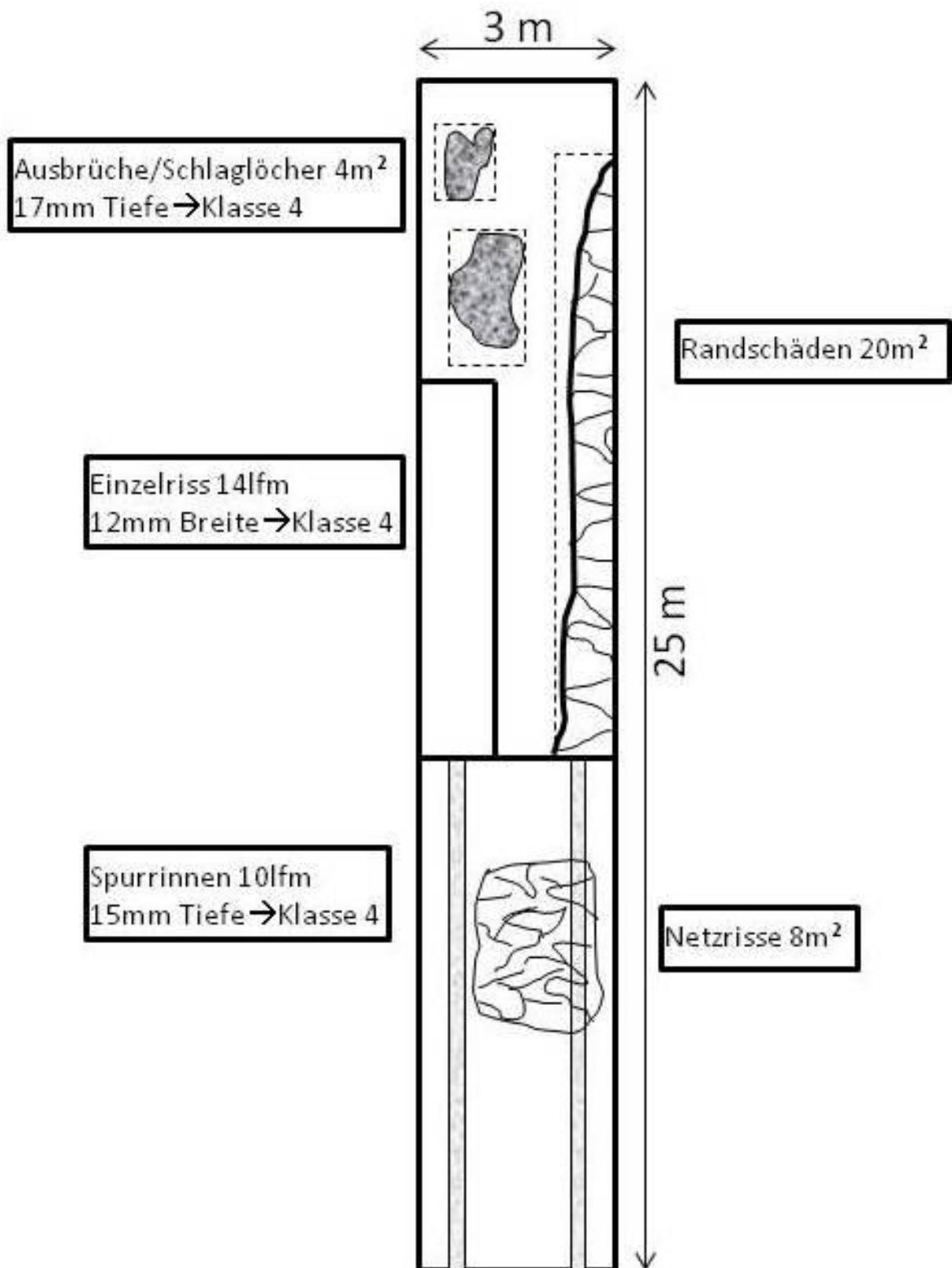


Abbildung 31: Abschnitt # 4

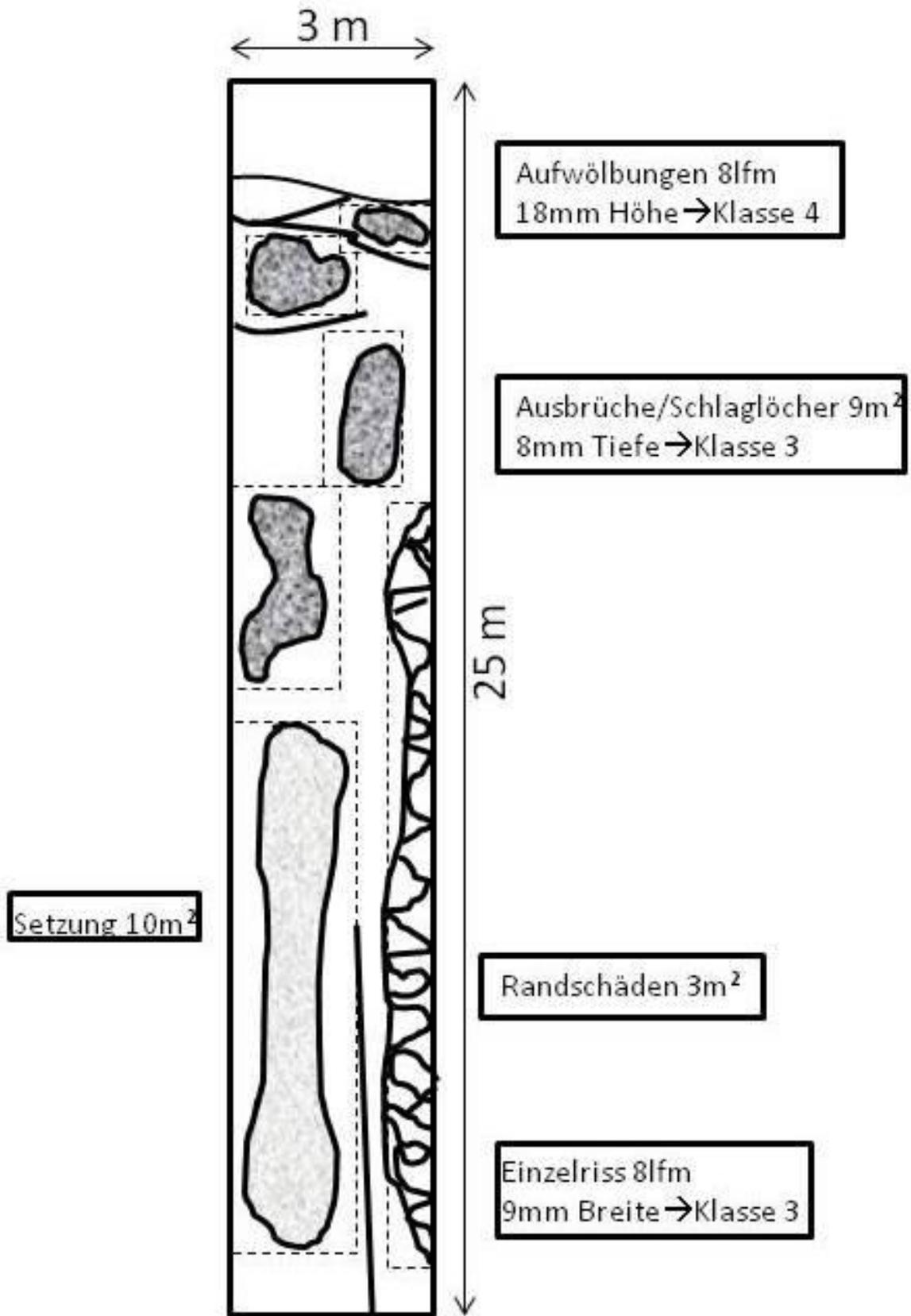


Abbildung 32: Abschnitt # 5

Anhand dieser 5 beispielhaften Radwegabschnitte wird nun Schritt für Schritt gezeigt, wie die Eingabe ins Programm aussieht, und welche Empfehlungen das Programm ausgibt.

Als erster Schritt müssen die Schäden in die Schadenserfassung eingegeben werden.

Alle Felder, in die Daten eingegeben werden sollen, sind olivgrün hinterlegt.

<b>Schadenserfassung</b>												
Region		Mödling										
Datum		20.05.2011										
Bearbeiter		Max W.										
Radweg ID		Fantasiaweg										
Teilstück		ab km 3.5										
Abschnitt #	Positionierung		Querschnitt	Oberbau		Aufwölbungen		Kornausbrüche		Schlaglöcher		Setzungen
	Start	Länge Abschnitt[m]		Breite [m]	Aufbau	Alter[a]	Länge[lfm]	Kategorie	Fläche[m²]	Kategorie	Fläche[m²]	
1	0	25	3			3	2					3
2	25	25	3			3	4	5	3			
3	50	25	3					7	3			
4	75	25	3					4	4			
5	100	25	3			8	4			9	3	10

Abbildung 33: Eingabe der Schäden – 1

Randschäden	Spurrinnen		Risse			Entwässerung		Foto Zeitpunkt	Anmerkungen
	Fläche[m²]	Länge[lfm]	Kategorie	Einzelrisse[lfm]	Kategorie	Netzrisse[m²]	links		
3									
			14	3					
	25	4							
20	10	4	14	4	8				
3			8	3					

Abbildung 34: Eingabe der Schäden - 2

Pro Abschnitt wurden alle vorgefundenen Schäden, wie Eingangs skizziert, eingetragen. Da es sich in diesem Fall nicht um reale Abschnitte eines existierenden Radweges handelt, wurden keine Fotos oder Schäden der Entwässerungseinrichtungen zugeordnet.

Im zweiten Programmabschnitt werden die Schäden visualisiert, hier sind keine Eingaben erforderlich, außer die Grenzen für die Kategorisierung sollen verschoben werden.

														Zustand			
														< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,01
														< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,02
														< 0,6	< 0,3	< 0,3	< 0,03
														< 0,8	< 0,4	< 0,4	< 0,05
														> 0,8	> 0,4	> 0,4	> 0,05
Positionierung	Abschnitt #	QS	Aufwölbungen				Kornausbrüche			Schlaglöcher			Setzungen				
			Start	Länge [m]	Breite [m]	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS		Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Wertung
0	25	1	3	0,04	2	0	0	0	0	0	0	0	0,04				
25	25	2	3	0,04	4	0,066667	3	0	0	0	0	0	0				
50	25	3	3	0	0	0,093333	3	0	0	0	0	0	0				
75	25	4	3	0	0	0,053333	4	0	0	0	0	0	0				
100	25	5	3	0,106667	4	0	0	0	0,12	3	0,13333	0	0,13333				

Abbildung 35: Visualisierung – 1

												< 0,05	< 0,1	< 0,03	< 0,03
												< 0,1	< 0,2	< 0,06	< 0,06
												< 0,2	< 0,4	< 0,1	< 0,1
												< 0,3	< 0,6	< 0,2	< 0,2
												> 0,3	> 0,6	> 0,2	> 0,2
Randschäden	Spurrinnen				Risse				Entwässerung						
	m'/m' AS	Wertung	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Wertung	links	rechts			
0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe				
0	0	0	0	0	0,18667	3	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe				
0	0,33333	4	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe				
0,266666667	0,13333	4	0,18667	4	0,10667	0,10667	0,10667	0,10667	0,10667	Keine Angabe	Keine Angabe				
0,04	0	0	0,10667	3	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe				

Abbildung 36: Visualisierung - 2

Im Abschnitt Einstellungen sind die hier angewandten Eingriffsgrenzen, sowie der effektive Zinssatz für die Annuitätenrechnung und die Sanierungsbreite der Wurzelschäden festgehalten. Die Eingabefelder sind wiederum olivgrün hinterlegt.

Wirksamkeit von Maßnahmen							
	Aufwölbungen	Ausbrüche/Schlaglöcher	Setzungen	Randschäden	Spurrinnen	Einzelrisse	Netzrisse
Einzelrisse vergießen	-	-	-	-	-	X	-
Teilflächen flicken	-	X	X	X	-	-	X
Sanierung Teilflächen Wurzelschäden	X	-	-	-	-	-	-
Abfräsen Oberfläche	-	-	-	-	X	-	-
Generelle Erneuerung	X	X	X	X	X	X	X
Dünnschichtdecke Heiss	-	X	-	-	X	-	-
Asphaltpaket Erneuerung	-	X	-	X	X	X	X
<b>Sanierung Wurzelschäden:</b>	<b>1,5</b>	Breite Aufgrabung [m]					
<b>Zinssatz Annuitätenberechnung</b>	<b>4</b>	[%/a]					
<b>Eingriffsgrenzen:</b>							
Aufwölbungen	<b>3</b>	[Klasse]					
Kornausbrüche	<b>3</b>	[Klasse]					
Schlaglöcher	<b>2</b>	[Klasse]					
Setzungen	<b>0,05</b>	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]					
Randschäden	<b>0,2</b>	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]					
Spurrinnen	<b>4</b>	[Klasse]					
Einzelrisse	<b>2</b>	[Klasse]					
Netzrisse	<b>0,2</b>	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]					

**Abbildung 37: Einstellungen**

Im Abschnitt Annuitätenrechnung werden die Annuitäten analog zu Kapitel 2.6.1 berechnet. Hier wurden Werte, die in der Literatur zu finden waren, verwendet, auf die Verwendung aktueller Eingangsdaten sei noch einmal verwiesen.

	Wirkdauer [a]	Kosten [€/m <sup>2</sup> ] bzw. [€/lfm]	effektiver Zinssatz [%/a]	Annuität [€/m <sup>2</sup> *a] bzw. [€/lfm*a]
<b>Instandhaltung</b>				
Einzelrisse vergießen	2	3	4	1,6
Teilflächen flicken	4	115	4	31,7
Sanierung Teilflächen Wurzelschäden	10	120	4	14,8
Abfräsen Oberfläche	10	20	4	2,5
<b>Instandsetzung</b>				
Generelle Erneuerung	30	100	4	5,8
Dünnschichtdecke heiss	8	12	4	1,8
Austausch Asphaltpaket	15	35	4	3,1

Abbildung 38: Annuitätenberechnung

Eingabefelder sind in Olivgrün markiert, wie bei den übrigen Programmteilen.

Im letzten Programmteil, den Maßnahmenempfehlungen, wird für jeden Abschnitt die optimale Maßnahme ermittelt.

Abschnitt #	Länge Abschnitt [m]	Breite [m]	Kosten Instandhaltung[€/a]								
			Einzelrisse vergießen	Kornausbr. Teilflächen flicken	Schlaglöcher Teilflächen flicken	Setzungen Teilflächen flicken	Randschäden Teilflächen flicken	Netzrisse Teilflächen flicken	Sanierung Wurzelschäden	Oberfläche abfräsen	Gesamtkosten
1	25	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	25	3	22,3	158,4	0,0	0,0	0,0	0,0	66,6	0,0	247,3
3	25	3	0,0	221,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	184,9	221,8
4	25	3	22,3	126,7	0,0	0,0	633,6	0,0	0,0	74,0	782,6
5	25	3	12,7	0,0	285,1	316,8	0,0	0,0	177,5	0,0	792,2

Abbildung 39: Maßnahmenempfehlung - 1

Kosten Instandsetzung[€/a]			Handlungsempfehlung	
Kosten Generelle Erneuerung	Kosten Dünnenschichtdecke heiss	Kosten Asphaltpaket Erneuerung	Handlungsempfehlung	Kosten/Abschnitt [€/a]
433,7	133,7	236,1	Keine Reparaturen notwendig	0,0
433,7	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	247,3
433,7	133,7	236,1	Dünnenschichtdecke heiss	133,7
433,7	Nicht Möglich	236,1	Erneuerung Asphaltpaket	236,1
433,7	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Erneuerung Gesamt	433,7

Abbildung 40: Maßnahmenempfehlung – 2

Die eingestellten Eingriffsgrenzen sind in Abbildung 37: Einstellungen zu finden.

#### 4.1 Abschnitt 1:

Keine Schäden oberhalb der Eingriffsgrenzen vorhanden

- Aufwölbungen Klasse 2 < Eingriffsgrenze (Klasse 3)
- Randschäden 3m<sup>2</sup> entspricht 0,04 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> Abschnittsfläche (siehe Abbildung 35: Visualisierung – 1) < Eingriffsgrenze (0,2m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> Abschnitt)
- Setzung 3m<sup>2</sup> entspricht 0,04 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> Abschnittsfläche (siehe Abbildung 35: Visualisierung – 1) < Eingriffsgrenze (0,05m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> Abschnitt)

→keine Sanierungsmaßnahmen nötig, siehe Abbildung 40: Maßnahmenempfehlung – 2

#### 4.2 Abschnitt 2:

Es sind nur Schäden, die für Instandhaltungsmaßnahmen in Frage kommen, vorhanden, keine Spurrinnen oder Netzrisse. Konkret sind das Aufwölbungen, Ausbrüche/Schlaglöcher und Einzelrisse.

Die Schäden sind größer als ihre jeweilige Eingriffsgrenze→Annuitäten der einzelnen Instandhaltungsmaßnahmen wurden berechnet.

Die Instandsetzungsmaßnahmen wären teurer als die Summe der Instandhaltungsmaßnahmen, daher wird die Instandhaltung vorgeschlagen.

#### 4.3 Abschnitt 3:

Es sind Spurrinnen im Ausmaß größer als die Eingriffsgrenze vorhanden, daher kommen Instandhaltungsmaßnahmen nicht in Frage. Des Weiteren sind Kornausbrüche oberhalb der Eingriffsgrenze vorhanden.

Grundsätzlich kommen in diesem Fall Instandsetzungsmaßnahmen in Form von Flickern von Teilflächen für die Kornausbrüche und Abfräsen der Oberfläche für die Spurrinnen sowie eine Instandhaltung in Frage. Da jedoch die Annuität bei der Dünnschichtdecke heiss am geringsten ist, wird diese Maßnahme vom Programm vorgeschlagen.

#### 4.4 Abschnitt 4:

Es sind Spurrinnen vorhanden wie im vorhergehenden Abschnitt. Des Weiteren sind Randschäden, Einzelrisse, Kornausbrüche sowie Netzrisse vorhanden.

Eine Dünnschichtdecke heiss als Instandsetzungsmaßnahme ist in diesem Fall nicht möglich, da diese nicht zu Behebung der Netzrisse geeignet ist.

Das Programm schlägt also die nächstgünstigere Instandsetzungsmaßnahme vor, in diesem Fall die Erneuerung des gesamten Asphaltpaketes. Die Annuität der Instandhaltungsmaßnahmen liegt wieder über der Annuität der Instandsetzungsmaßnahme.

## **4.5 Abschnitt 5:**

Hier sind Aufwölbungen, Aufbrüche/Schlaglöcher, Setzungen, Randschäden und Einzelrisse vorhanden, wobei alle Schäden die jeweiligen Eingriffsgrenzen überschreiten. Alle Schäden wären mit Instandhaltungsmaßnahmen reparabel, während bei den Instandsetzungsmaßnahmen nur die komplette Erneuerung geeignet ist, alle Schäden zu beseitigen.

Da die Summe der Annuitäten der Instandhaltungsmaßnahmen jedoch höher ist als die Annuität der Instandsetzungsmaßnahme „komplette Erneuerung“, gibt das Programm diese Maßnahme als Vorschlag aus.

## 5. DIAGRAMM ZUR FUNKTIONSWEISE:

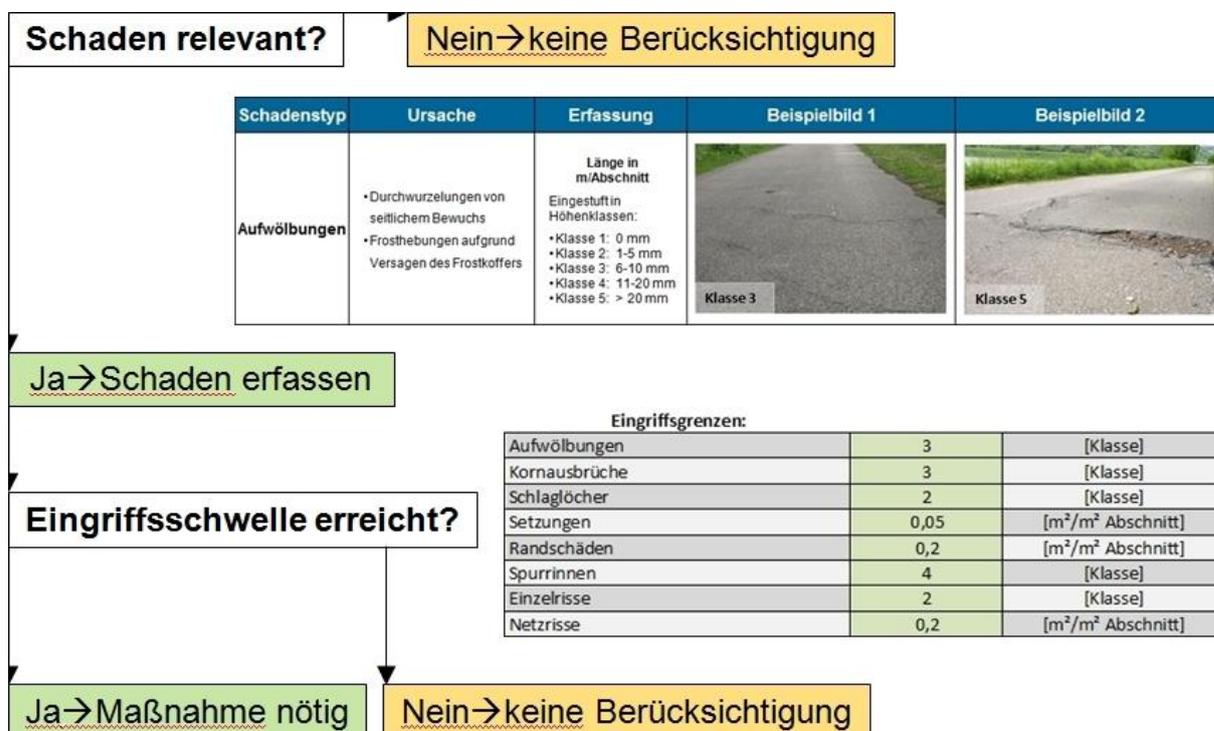


Abbildung 41: Diagramm Teil 1



→ Annuitätenrechnung  $A = I * (i * q^n) / (q^n - 1)$

i... Investitionskosten (i.A. abgeleitet aus Einheitspreis der jeweilige Maßnahme) [€]  
 i... effektiver Zinssatz [%/a] n... Wirkdauer der Maßnahme in Jahren [a]

Abbildung 42: Diagramm Teil 2

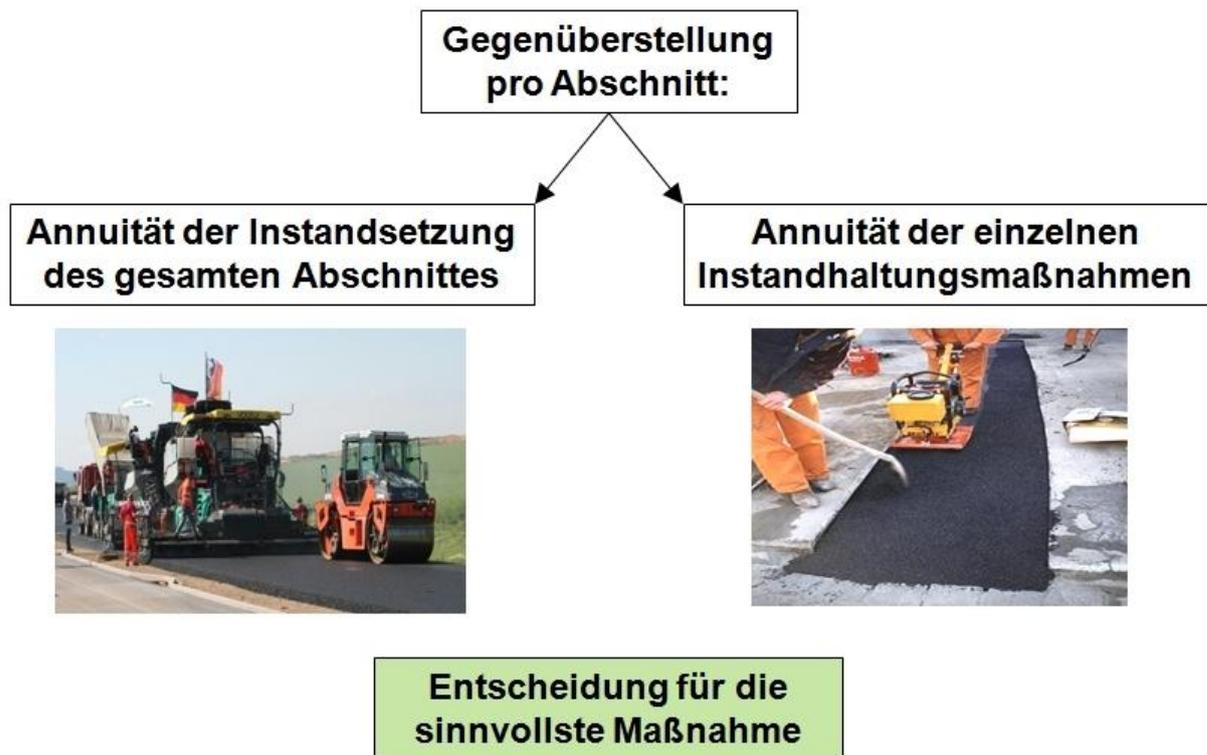


Abbildung 43: Diagramm Teil 3

## 6. ERPROBUNG IM RAHMEN EINER ERFASSUNG:

Um die korrekte Funktion des Programmes zu testen und die Plausibilität der Ergebnisse zu überprüfen, wurde es einer Überprüfung in Form einer Schadenserfassung eines Teilstückes des Thermenradweges in Niederösterreich unterzogen. Die Aufnahme erfolgte händisch, eine Person schrieb die Schäden mit, die andere Person bediente das Messrad und maß auch das Schadensausmaß im Zweifelsfall nach.

Erstes Fazit des Tests war, dass die veranschlagte Aufnahmegeschwindigkeit von bis zu 15 km/Tag durchaus realistisch ist. Das aufgenommene Teilstück von knapp 4 km Länge war in etwas über 2 Stunden bewerkstelligt, was hochgerechnet auf einen Arbeitstag von 8 Stunden mit den veranschlagten 15 km übereinstimmt. Ohne Hilfe, also bei einer Person alleine, sinkt die Aufnahmegeschwindigkeit mit Sicherheit beträchtlich.

Die Zuordnung der Fotos anhand des Aufnahmezeitpunktes war problemlos möglich, und die Ergebnisse der Aufnahme bestätigten den subjektiven Eindruck vom Zustand des aufgenommenen Abschnittes.

Die Auswertung der Schäden erfolgt mit denselben Schätzwerten für Einheitskosten und Wirkdauer, die im vorderen Teil der Arbeit bei den Maßnahmen angenommen wurden. Als Zinssatz wurden 4% angenommen, wobei alle Berechnungen einer Variation der Werte unterzogen wurden, um die Aussagekraft der Ergebnisse zu überprüfen.

Die Eingaben ins Programm, die Ergebnisse des Programms und die einige Fotos, passend zu den schadhafte Abschnitten, finden sich im Anhang. Vom dritten Abschnitt gibt es keine verwertbaren Fotos, da es hier die Witterung ein weiteres fotografieren nicht mehr ermöglichte.

Die Aufnahme des Teilabschnittes des Thermenradweges in Niederösterreich startete in Guntramsdorf an der Bundesstraße 17 mit Bewegungsrichtung Baden.

Auf den folgenden 4 km Radweg gab es Abschnitte, die in der näheren Vergangenheit bereits saniert worden waren. Gleich am Anfang befand sich ein etwa 230m langes Teilstück, dessen Sanierung erst vor kurzem erledigt worden war. Auch zwischendurch fanden sich immer wieder Abschnitte, deren Asphaltoberfläche noch weitgehend schadlos war.

In den anderen Abschnitten fanden sich unterschiedliche Schadensbilder, unter anderem auch großflächige Ausmagerungen des alten Asphaltes, die allerdings noch weit unterhalb des Eingriffswertes lagen. Das Programm schlägt bei den meisten schadhafte Abschnitten, die einer Sanierung bedürfen, eine Instandhaltungsmaßnahme vor (jeweils passend zu den vorkommenden Schäden).

Nur bei wenigen Abschnitten ist die Annuität der Instandsetzungsmaßnahme geringer als die Annuität der Instandhaltungsmaßnahmen, nämlich bei Abschnitt Nummer 9,16 und 17 in Teilstück 1 und Abschnitt Nummer 21 in Teilstück 2.

Bei Abschnitt Nummer 9 ist die Annuität der Instandhaltungsmaßnahme fast identisch mit der Annuität der Instandsetzungsmaßnahme. Es handelt sich hierbei aber um einen kurzen, isolierten schadhafte Abschnitt von nur 5 Metern Länge, wodurch eine Erneuerung obsolet ist und eine Instandhaltungsmaßnahme zielführender wäre, da es sich um eine kleinflächige Maßnahme handelt.

Bei Abschnitt 16 und 17 sind die Schäden so weit fortgeschritten, dass eine generelle Erneuerung wirtschaftlich die günstigste Variante darstellt. Man muss dabei beachten, dass der betreffende Abschnitt nur eine Breite von 2 m aufweist, und daher Einschränkungen hinsichtlich der Geräte, die zur Sanierung verwendet werden können, bestehen. Hinsichtlich der gesamten Sanierungslänge von nur 98 m muss abgewogen werden, ob eine aufwändige Baustelleneinrichtung mit entsprechenden Großgeräten wirtschaftlich in Betracht kommt oder ob hier auch eine Möglichkeit besteht, mit kleineren Geräten zu arbeiten, wenn dies ev. schon zum kleinflächigen Flickern in Nachbarabschnitten vorhanden sind.

Insgesamt werden zum Beheben der entsprechenden Schäden jährliche Kosten von rund 5000 € / Jahr für diesen knapp 4km langen Abschnitt fällig sein, was rund 1,25 € / lfm Radweg entspricht.

## 6.1 Konkretes Beispiel:

Teilstück 1 Abschnitt 17:

In diesem 48 m langem und 2 m breitem Abschnitt sind Aufwölbungen mit insgesamt 6 m Länge der Kategorie 3, 20 m<sup>2</sup> Randschäden und 12 lfm Einzelrisse der Kategorie 4 vorhanden.

Aufgrund der Aufwölbungen kommt in diesem Fall nur die generelle Erneuerung als Instandsetzungsmaßnahme in Frage. Die Annuität für diese Maßnahme im Abschnitt 17 beträgt 555,2 €/ Jahr.

Die Summe der Annuitäten für die Instandhaltungsmaßnahmen der einzelnen Schäden beträgt 785,9€, und somit ist die Instandsetzung des gesamten Abschnittes in diesem Fall die wirtschaftlich günstigere Maßnahme, und wird daher vom Programm vorgeschlagen.



**Abbildung 44: Abschnitt 17 - verschiedene Schäden**

## 7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

### 7.1 Anwendungsmöglichkeiten

Das Erhaltungsmanagement, bzw. das Programm, das in dieser Arbeit vorgestellt wurde, stellt sozusagen den Einstieg ins Erhaltungsmanagement dar. Es ist ein einfaches Tool, das jeder Mitarbeiter eines Radwegeerhalters leicht bedienen kann, und es liefert eine plausible Empfehlung für die Wahl der Sanierungsmaßnahmen. Das Einsatzgebiet sind vor allem Erhalter von kleinen, übersichtlichen Radwegenetzen, die zwar ihre Erhaltungstätigkeiten überblicken und optimieren möchten, aber für eine umfangreiche Lösung nicht die finanziellen Mittel aufbringen können.

Das Programm ist mitsamt dieser Diplomarbeit und dem Schadenskatalog frei zugänglich per Email an:

**ems\_radwege@gmx.at**

### 7.2 Anwendungsgrenzen

Das Programm vereinfacht viele komplizierte Zusammenhänge, um beispielsweise einem Mitarbeiter einer kleinen Gemeinde die Möglichkeit zu geben, zu verstehen, was das Programm macht, und wie die Ergebnisse verwertbar sind. Bei komplexen Radwegenetzen, wo umfangreiche Investitionen in ein umfangreiches Erhaltungsmanagementsystem sich finanziell lohnen, weil die Erhaltungskosten für das Gesamtnetz sehr hoch sind, zahlt sich ein Erhaltungsmanagementsystem aus, das mehr Features aufweist. Einige dieser Features könnten sein:

- Aufzeichnung der Radwege per GPS, um die Schäden auf einem Netzplan darstellen zu können
- integrierter Schadensverlauf für alle aufgenommenen Radwege
- Restlebensdauerkalkulation,
- Integration der Kunstbauwerke (Stützmauern , Problembäume, Brücken, Einlaufbauwerke, Unterführungen...) und Entwässerungen ins Erhaltungskonzept
- Automatisierungsfeatures, wie eine automatisierte Erstellung von Leistungsverzeichnissen, Zuordnung der Fotos per GPS Tag

Ein solches System wurde von Hoffmann (Hoffmann, Dissertation - Instandsetzung von Straßen, 2006) entwickelt und steht ab 2012 zur Verfügung.

All diese Funktionen in ein Programm zu integrieren, bedeutet für einen Informatiker viele Monate Entwicklungszeit, wodurch die Entwicklungs- bzw. Anschaffungskosten eines solchen Programmes für eine kleine Gemeinde wirtschaftlich nicht rentabel sind. In diesen Fällen kann das vorliegende Programm ein hilfreiches Tool in der Entscheidungsfindung bei der Radwegeerhaltung sein.

### **7.3 Blick in die Zukunft:**

Da, wie schon in der Einleitung erwähnt, die Neubaumaßnahmen bei Radwegenetzen nicht mehr so einen großen Stellenwert haben, wird in Zukunft die Erhaltung der bestehenden Infrastruktur zur zentralen Aufgabe der Radwegenetzbetreiber. Die Rohölpreise steigen beständig, und mit ihnen die Preise für Rohölzeugnisse. Insofern steigt der wirtschaftliche Druck, die Radwege möglichst sparsam und nachhaltig zu erhalten und eine systematische Planung dieser Erhaltungstätigkeiten durchzuführen.

Langfristig werden sicher neue Verfahren, Baustoffe und Bauweisen dazu beitragen, die Erhaltung noch effizienter und nachhaltiger zu gestalten.

Bis dahin soll diese Arbeit einen kleinen Beitrag dazu liefern, dass vor allem kleinere Erhalter von Radwegenetzen wirtschaftlich sinnvolle Entscheidungen treffen können.

## 8. VERZEICHNISSE:

### 8.1 Literaturverzeichnis

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, F. 1. (2008). Strategie Radverkehr Steiermark 2008-2012. Graz: Medienfabrik Graz.

Barta, U.-P. D. (2004). zivilrecht.online Kapitel 10. Abgerufen am 15. April 2011 von [http://www.uibk.ac.at/zivilrecht/buch/kap10\\_0.xml](http://www.uibk.ac.at/zivilrecht/buch/kap10_0.xml)

Beckedahl, P. H.-J. (2010). Schlagloch/Straßenerhaltung. Hilden: Otto Elsner Verlagsgesellschaft.

Blab, R. (2010). Konstruktiver Straßenbau. Wien: TU Wien.

Bundeskanzleramt; [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at). (2010). [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at). Abgerufen am 6. September 2010 von Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem: [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at)

Bundesministerium für Verkehr, I. u. (2011). bmvit - Ziele und Maßnahmen zur Förderung der sanften Mobilität. Abgerufen am 13. April 2011 von <http://www.bmvit.gv.at/verkehr/ohnemotor/ziele.html>

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. (2010). Radverkehr in Zahlen. Wien: Ueberreuter print GmbH.

Gemeinde Wien. (kein Datum). Radfahren in Wien (MA46). Abgerufen am 13. April 2011 von <http://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren>

Hoffmann, D. M. (Februar 2006). Dissertation - Instandsetzung von Straßen. Graz.

Hoffmann, D. M. (2010). Erhaltungsmanagement von Straßen. Wien.

Inlineskate - Wikipedia. (30. August 2011). Abgerufen am 19. September 2011 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Inlineskates>

Jereb, J. (2010). Erhaltungsmanagement für Gemeindestraßen in der Steiermark. Graz: Diplomarbeit.

JUSLINE GmbH. (kein Datum). Straßenverkehrsordnung (StVO) - JUSLINE Österreich. Abgerufen am 12. 9 2011 von [http://www.jusline.at/Strassenverkehrsordnung\\_%28StVO%29.html](http://www.jusline.at/Strassenverkehrsordnung_%28StVO%29.html)

Krug, H. (2005). Räumliche Wahlmöglichkeiten als Effizienzkriterium für Siedlung und Verkehr. Kassel: Universität Kassel.

Meschik, M. (2008). Planungshandbuch Radverkehr. Wien: SpringerWienNewYork.

Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr. (2008). RVS 12.01.12. Wien.

Sabev, D. (2009). Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmenkatalog für Asphaltstraßen. Wien, Wien.

viadonau. (2008). Leistungsverzeichnis Sanierung Treppelwege.

Weninger-Vycudil, A. (2003). Entwicklung von Systemelementen für ein Österreichisches Pavement Management System. Wien: Technische Uni Wien, Inst. f. Straßenbau u. Straßenerhaltung.

Weninger-Vycudil, A., & Litzka, J. (2010). Bauliche Straßenerhaltung in Kommunen. Wien: PMS Consult.

Wien, S. (2011). Radwegbauprogramm 2011. Abgerufen am 13. April 2011 von <http://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/bauen/programm/index.html>

Wien, S. (2011). Zahlen und Fakten zum Wiener Radverkehrsnetz. Abgerufen am 13. April 2011 von <http://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/radnetz/fakten.html>

## 8.2 Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Trennung oder Mischung von Radverkehr und MIV (Meschik, 2008, Seite 57).....	5
Abbildung 2: Entscheidungspyramide nach Weninger-Vycudil(Weninger-Vycudil, 2003, Seite 112f) .....	8
Abbildung 3: Kausalitätsspektrum (Barta, 2004) .....	10
Abbildung 4: Aufbaustärke von verschiedenen Bauklassen (Beckedahl, 2010, Seite 209) .....	13
Abbildung 5: Rollen von Inlineskates (Inlineskate - Wikipedia, 2011) .....	14
Abbildung 7: Aufwölbung in Folge von Durchwurzelung, Klasse 5 .....	16
Abbildung 6: Aufwölbung in Folge von Durchwurzelung, Klasse 3 .....	16
Abbildung 8: Ausbruch, Klasse 3.....	17
Abbildung 9: Ausbruch in Folge mangelhaften Schichtverbundes, Klasse 5.....	17
Abbildung 10: Setzung, bereits verlegt mit Erde und Blättern .....	18
Abbildung 11: Einzelriss in Folge mangelhafter Unterbauverdichtung, Klasse 3 .....	19
Abbildung 12: Einzelrisse mit unterschiedlichen Ursachen, Klasse 4 .....	19
Abbildung 13: Netzrisse.....	20
Abbildung 14: Randschaden.....	21
Abbildung 15: Spurrinnen .....	22
Abbildung 16: Vergießen von Einzelrissen (Sabev, 2009, Seite 21) .....	32
Abbildung 17: Abfräsen kleiner Teilfläche (Sabev, 2009, Seite 23).....	33
Abbildung 18: Verdichten der Tragdeckschicht (Sabev, 2009, Seite 23) .....	33
Abbildung 19: Abfräsen der Unebenheiten >10mm (Sabev, 2009, Seite 35) .....	35
Abbildung 20: Einbau des Mischgutes mittels Fertiger (Sabev, 2009, Seite 35) .....	35
Abbildung 21: Vorspritzen mit Bitumenemulsion (Sabev, 2009, Seite 44) .....	36
Abbildung 22: Einbau und Verdichtung Tragdeckschicht (Sabev, 2009, Seite 44) .....	36
Abbildung 23: Eingabe Zustandsdaten.....	38
Abbildung 24: Visualisierung der Zustände .....	41
Abbildung 25: Einstellungen .....	43
Abbildung 26: Annuitäten.....	45
Abbildung 27: Maßnahmenempfehlung.....	46
Abbildung 28: Abschnitt # 1 .....	48
Abbildung 29: Abschnitt # 2 .....	49
Abbildung 30: Abschnitt # 3.....	50
Abbildung 31: Abschnitt # 4 .....	51
Abbildung 32: Abschnitt # 5 .....	52
Abbildung 33: Eingabe der Schäden – 1 .....	53
Abbildung 34: Eingabe der Schäden - 2 .....	53
Abbildung 35: Visualisierung – 1 .....	54

Abbildung 36: Visualisierung - 2 ..... 54  
Abbildung 37: Einstellungen ..... 55  
Abbildung 38: Annuitätenberechnung..... 56  
Abbildung 39: Maßnahmenempfehlung - 1 ..... 57  
Abbildung 40: Maßnahmenempfehlung – 2..... 57  
Abbildung 41: Diagramm Teil 1 ..... 60  
Abbildung 42: Diagramm Teil 2 ..... 60  
Abbildung 43: Diagramm Teil 3 ..... 61  
Abbildung 44: Abschnitt 17 - verschiedene Schäden ..... 63

**8.3 Tabellenverzeichnis:**

Tabelle 1: Relevanz von Zustandsmerkmalen (Jereb, 2010, Seite 86) ..... 12  
Tabelle 2: Maßnahmenmatrix ..... 30

**8.4 Formelverzeichnis:**

Formel 1 ..... 28

## 9. ANHANG:

### 9.1 Schadenskatalog:

Schadenstyp	Ursache	Erfassung	Beispielbild 1	Beispielbild 2
<b>Aufwölbungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchwurzelungen von seitlichem Bewuchs</li> <li>• Frosthebungen aufgrund Versagen des Frostkoffers</li> </ul>	<p><b>Länge in m/Abschnitt</b></p> <p>Eingestuft in Höhenklassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasse 1: 0 mm</li> <li>• Klasse 2: 1-5 mm</li> <li>• Klasse 3: 6-10 mm</li> <li>• Klasse 4: 11-20 mm</li> <li>• Klasse 5: &gt; 20 mm</li> </ul>		
<b>Ausbrüche Schlaglöcher</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangelhafter Schichtverbund</li> <li>• Inhomogenität der Schichten</li> <li>• Ausgeprägte Rissbildung</li> </ul>	<p><b>Fläche in m²/Abschnitt</b></p> <p>Eingestuft in Tiefenklassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasse 1 : 0 mm</li> <li>• Klasse 2: 1-5 mm</li> <li>• Klasse 3: 6-10 mm</li> <li>• Klasse 4: 11-20 mm</li> <li>• Klasse 5: &gt; 20 mm</li> </ul>		
<b>Setzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Setzungen im Unterbau</li> <li>• Mangelhafte Tragfähigkeit</li> <li>• Unterdimensionierung des Oberbaus</li> </ul>	<p><b>Fläche in m²/Abschnitt</b></p>		
<b>Einzelrisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechte Nahtanschlussstelle</li> <li>• Zugrisse aus Temperatur und Alterung</li> <li>• Mangelhafte Verdichtung am Rand</li> </ul>	<p><b>Länge in m/Abschnitt</b></p> <p>Eingestuft in Breitenklassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasse 1: 0 mm</li> <li>• Klasse 2: 1-5 mm</li> <li>• Klasse 3: 6-10 mm</li> <li>• Klasse 4: 11-20 mm</li> <li>• Klasse 5: &gt; 20 mm</li> </ul>		

Schadenstyp	Ursache	Erfassung	Beispielbild 1	Beispielbild 2
<b>Netzrisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterdimensionierung</li> <li>• Mangelhafte Frostschutzschicht</li> <li>• Nicht tragfähiger Unterbau</li> </ul>	Fläche in m <sup>2</sup> /Abschnitt		
<b>Randschäden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangelhafte Entwässerung</li> <li>• Zu geringe Spurbreite für Belastung</li> <li>• Mangelhafte Verdichtung am Rand</li> </ul>	Länge in m/Abschnitt		
<b>Spurrinnen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterdimensionierung</li> <li>• Verschleiss</li> <li>• Hohe Achslasten sowie Verkehrsbelastung</li> </ul>	Fläche in m <sup>2</sup> /Abschnitt Eingestuft in Tiefenklassen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasse 1 : 0 mm</li> <li>• Klasse 2: 1-5 mm</li> <li>• Klasse 3: 6-10 mm</li> <li>• Klasse 4: 11-20 mm</li> <li>• Klasse 5: &gt; 20 mm</li> </ul>		

## 9.2 Dokumentation Programm Erprobung:

### 9.2.1 Eingabe Schadenserfassung:

Teilstück 1:

Schadenserfassung	
Region	Guntramsdorf
Datum	08.06.2011
Bearbeiter	Max W.
Radweg ID	Neustädter Kanal
Teilstück	ab Guntr. Hauptstr

Abschnitt #	Positionierung		Querschnitt	Oberbau		Aufwölbungen		Kornausbrüche		Schlaglöcher	
	Start	Länge [m]		Breite [m]	Aufbau	Alter[a]	Länge[lfm]	Kategorie	Fläche[m²]	Kategorie	Fläche[m²]
1	0	33	2,5								
2	33	50	2,8								
3	83	50	2,8								
4	133	50	2,8								
5	183	49	2,8								
6	232	13	2,3								
7	245	5	2,5			2	5	1	3		
8	250	44	2,5			3	4				
9	294	20	2,5			2	3	3	4		
10	314	50	2								
11	364	11	2								
12	375	46	1,8								
13	421	50	2			15	4				
14	471	35	2			7	4				
15	506	9	2								
16	515	50	2			15	4				
17	565	48	2			6	3				
18	613	50	2								
19	663	47	2			8	3				
20	710	39	2			10	4	2	5		
21	749	46	2			2	3				
22	795	39	2			2	3				
23	834	50	2					1	3		
24	884	46	2			8	4				
25	930	50	2								
26	980	33	2							1	4
27	1013	50	2								
28	1063	50	2								
29	1113	50	2								
30	1163	50	2								

Setzungen	Randschäden	Spurrinnen	Risse			Entwässerung		Foto Zeitpunkt	Anmerkungen			
			Fläche[m²]	Fläche[m²]	Länge[lfm]	Kategorie	Einzelrisse[lfm]			Kategorie	Netzrisse[m²]	links
												Foto 1
								5	5			Problem Entwässerung
	5											Foto 2
	10											Foto 3
	20											
	20											Foto 4
6												
	8											
												Foto 5

Teilstück 2:

## Schadenserfassung

Region	Guntramsdorf
Datum	08.06.2011
Bearbeiter	Max W.
Radweg ID	Neustädter Kanal
Teilstück	Teilstück 2

Abschnitt #	Positionierung		Querschnitt	Oberbau		Aufwölbungen		Kornausbrüche		Schlaglöcher	
	Start	Länge [m]	Breite [m]	Aufbau	Alter[a]	Länge[fm]	Kategorie	Fläche[m²]	Kategorie	Fläche[m²]	Kategorie
1	1213	50	2								
2	1263	50	2								
3	1313	38	2								
4	1351	50	2								
5	1401	50	2								
6	1451	50	2								
7	1501	50	2								
8	1551	46	2								
9	1597	48	2								
10	1645	50	2								
11	1695	50	2								
12	1745	47	2			8	3				
13	1792	28	2			10	4	2	5		
14	1820	50	2			2	3				
15	1870	50	2			2	3				
16	1920	50	2					1	3		
17	1970	50	2			8	4				
18	2020	50	2								
19	2070	50	2					1	4		
20	2120	50	2							1	3
21	2170	38	2								
22	2208	12	2								
23	2220	50	2								
24	2270	50	2								
25	2320	50	2								
26	2370	50	2								
27	2420	50	2								
28	2470	50	2								
29	2520	50	2								
30	2570	40	2			8	3				

Setzungen	Randschäden	Spurrinnen		Risse			Entwässerung		Foto Zeitpunkt	Anmerkungen
				Einzelrisse[lfm]	Kategorie	Netzrisse[m²]	links	rechts		
Fläche[m²]	Fläche[m²]	Länge[lfm]	Kategorie							
										Übergang Straße
										Übergang Straße
2				6	3					
				4	2					Foto 6
				2	2					
				4	3					
				4	3					Foto 7
	8									
				2	3					
	12									Verschmutzungen
										Laub
				2	3					Foto 8
2										

Teilstück 3:

## Schadenserfassung

Region	Guntramsdorf
Datum	08.06.2011
Bearbeiter	Max W.
Radweg ID	Neustädter Kanal
Teilstück	Teilstück 3

Abschnitt #	Positionierung		Querschnitt	Oberbau		Aufwölbungen		Kornausbrüche		Schlaglöcher	
	Start	Länge [m]		Breite [m]	Aufbau	Alter[a]	Länge[fm]	Kategorie	Fläche[m²]	Kategorie	Fläche[m²]
1	2610	8	2								
2	2618	50	2								
3	2668	50	2								
4	2718	50	2								
5	2768	50	2								
6	2818	50	2								
7	2868	50	2								
8	2918	50	2								
9	2968	50	2								
10	3018	50	2								
11	3068	50	2			15	4				
12	3118	35	2			7	4				
13	3153	9	2								
14	3162	50	2			12	4				
15	3212	48	2			6	3				
16	3260	50	2								
17	3310	47	2			8	3				
18	3357	39	2			7	3			2	5
19	3396	46	2			2	3				
20	3442	39	2								
21	3481	50	2								
22	3531	50	2								
23	3581	50	2					1	4		
24	3631	50	2					1	3		
25	3681	38	2								
26	3719	26	2								
27	3745	50	2								
28	3795	50	2								
29	3845	50	2								
30	3895	50	2								



## 9.2.2 Visualisierung Zustände:

Positionierung	Abschnitt #	QS	Aufwölbungen		Kornausbrüche		Schlaglöcher		Setzungen		Randschäden		Spurrinnen		Risse		Entwässerung						
			Start	Länge [m]	Breite [m]	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Kategorie	Wertung	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Wertung	links
0	33	1	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
33	50	2	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
83	50	3	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
133	50	4	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
183	49	5	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
232	13	6	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
245	5	7	2,5	0,16	5	0,08	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,56	3	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
250	44	8	2,5	0,0272727	4	0	0	0	0	0	0	0,045454545	0	0	0	0	0	0,22727	3	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
294	20	9	2,5	0,04	3	0,06	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	4	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
314	50	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	5	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
364	11	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,27273	3	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
375	46	12	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24155	2	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
421	50	13	2	0,15	4	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,35	3	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
471	35	14	2	0,1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35714	4	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
506	9	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
515	50	16	2	0,15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
565	48	17	2	0,0625	3	0	0	0	0	0	0	0	0,208333333	0	0	0	0	0,125	4	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
613	50	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
663	47	19	2	0,0851064	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04255	3	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
710	39	20	2	0,1282051	4	0,025641	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05128	3	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
749	46	21	2	0,0217391	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
795	39	22	2	0,025641	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
834	50	23	2	0	0	0,01	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
884	46	24	2	0,0869565	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
930	50	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
980	33	26	2	0	0	0	0	0	0,0152	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1013	50	27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1063	50	28	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1113	50	29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1163	50	30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe

Positionierung	Abschnitt #	QS	Aufwölbungen			Kornausbrüche			Schlaglöcher			Setzungen			Randschäden			Spurrinnen			Risse			Entwässerung	
			Start	Länge [m]	Breite [m]	lf/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Wertung	lf/m' AS	Kategorie	Wertung	lf/m' AS	Kategorie	Wertung	m'/m' AS	Wertung	links
1213	50	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1263	50	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1313	38	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1351	50	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1401	50	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1451	50	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1501	50	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1551	46	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1597	48	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02083	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1645	50	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0625	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1695	50	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	2	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1745	47	12	2	0,0851064	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	2	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1792	28	13	2	0,1785714	4	0,035714	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04255	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1820	50	14	2	0,02	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07143	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1870	50	15	2	0,02	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1920	50	16	2	0	0	0	0,01	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
1970	50	17	2	0,08	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2020	50	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2070	50	19	2	0	0	0	0,01	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2120	50	20	2	0	0	0	0	0	0,01	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2170	38	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,157894737	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2208	12	22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2220	50	23	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2270	50	24	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2320	50	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	3	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2370	50	26	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2420	50	27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2470	50	28	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2520	50	29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2570	40	30	2	0,1	3	0	0	0	0	0	0	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe

Positionierung	Abschnitt #	QS	Aufwölbungen	Kornausbrüche	Schlaglöcher	Setzungen	Randschäden	Spurrinnen	Risse	Entwässerung											
											links	rechts									
Start	Länge [m]	Breite [m]	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	m/m' AS	Kategorie	Wertung	m/m' AS	Kategorie	Wertung	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	lfm/m' AS	Kategorie	Wertung	m/m' AS	Wertung	links	rechts
2610	8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,375	0	0	0	0,125	3	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2618	50	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2668	50	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2718	50	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2768	50	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2818	50	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2868	50	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2918	50	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
2968	50	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3018	50	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3068	50	11	2	0,15	4	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,13	3	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3118	35	12	2	0,1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35714	4	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3153	9	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3162	50	14	2	0,12	4	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3212	48	15	2	0,0625	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,125	4	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3260	50	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3310	47	17	2	0,0851064	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04255	3	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3357	39	18	2	0,0897436	3	0	0	0,0256	5	0	0	0	0	0	0,0641	3	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3396	46	19	2	0,0217391	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3442	39	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3481	50	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3531	50	22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3581	50	23	2	0	0	0,01	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3631	50	24	2	0	0	0,01	3	0	0	0	0	0	0	0	0,02	3	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3681	38	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,171052632	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3719	26	26	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3745	50	27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3795	50	28	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3845	50	29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe
3895	50	30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Keine Angabe	Keine Angabe

### 9.2.3 Einstellungen:

Wirksamkeit von Maßnahmen								
	Aufwölbungen	Kornausbrüche	Schlaglöcher	Setzungen	Randschäden	Spurrinnen	Einzelrisse	Netzrisse
Einzelrisse vergießen	-	-	-	-	-	-	X	-
Teilflächen flicken	-	X	X	X	X	-	-	X
Sanierung Teilflächen Wurzelschäden	X	-	-	-	-	-	-	-
Abfräsen Oberfläche	-	-	-	-	-	X	-	-
Generelle Erneuerung	X	X	X	X	X	X	X	X
Dünnschichtdecke Heiss	-	X	-	-	-	X	-	-
Asphaltpaket Erneuerung	-	X	X	-	X	X	X	X
<b>Sanierung Wurzelschäden:</b>	1,5	Breite Aufgrabung [m]						
<b>Zinssatz Annuitätenberechnung</b>	4	[%/a]						
<b>Eingriffsgrenzen:</b>								
Aufwölbungen	3	[Klasse]						
Kornausbrüche	3	[Klasse]						
Schlaglöcher	2	[Klasse]						
Setzungen	0,05	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]						
Randschäden	0,2	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]						
Spurrinnen	4	[Klasse]						
Einzelrisse	2	[Klasse]						
Netzrisse	0,2	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> Abschnitt]						

### 9.2.4 Annuitäten:

	Wirkdauer [a]	Kosten [€/m <sup>2</sup> ] bzw. [€/lfm]	effektiver Zinssatz [%/a]	Annuität [€/m <sup>2</sup> *a] bzw. [€/lfm*a]
<b>Instandhaltung</b>				
Einzelrisse vergießen	2	3	4	1,6
Teilflächen flicken	4	115	4	31,7
Sanierung Teilflächen Wurzelschäden	10	120	4	14,8
Abfräsen Oberfläche	10	20	4	2,5
<b>Instandsetzung</b>				
Generelle Erneuerung	30	100	4	5,8
Dünnschichtdecke heiss	8	12	4	1,8
Austausch Asphaltpaket	15	35	4	3,1

## 9.2.5 Maßnahmenempfehlungen:

Teilstück 1:

Abschnitt #	Länge Abschnitt [m]	Breite [m]	Kosten Instandhaltung[€/a]								Gesamtkosten
			Einzelrisse vergießen	Kornausbr. Teilflächen flicken	Schlaglöcher Teilflächen flicken	Setzungen Teilflächen flicken	Randschäden Teilflächen flicken	Netzrisse Teilflächen flicken	Sanierung Wurzelschäden	Oberfläche abräsen	
1	33	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	50	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	50	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	50	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	49	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	13	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	5	2,5	11,1	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	87,2
8	44	2,5	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,6	0,0	106,3
9	20	2,5	31,8	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	171,2
10	50	2	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,9
11	11	2	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5
12	46	1,8	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,8
13	50	2	55,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	332,9	0,0	388,6
14	35	2	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	155,3	0,0	195,1
15	9	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	633,6	0,0	332,9	0,0	966,5
17	48	2	19,1	0,0	0,0	0,0	633,6	0,0	133,2	0,0	785,9
18	50	2	0,0	0,0	0,0	190,1	0,0	0,0	0,0	0,0	190,1
19	47	2	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,5	0,0	183,9
20	39	2	6,4	63,4	0,0	0,0	0,0	0,0	221,9	0,0	291,6
21	46	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	44,4
22	39	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	44,4
23	50	2	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7
24	46	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,5	0,0	177,5
25	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	33	2	0,0	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7
27	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Kosten Instandsetzung[€/a]			Handlungsempfehlung	
Kosten Generelle Erneuerung	Kosten Dünnschichtdecke heiss	Kosten Asphaltpaket Erneuerung	Handlungsempfehlung	Kosten/Abschnitt [€/a]
477,1	147,0	259,7	Keine Reperaturen notwendig	0,0
809,6	249,5	440,7	Keine Reperaturen notwendig	0,0
809,6	249,5	440,7	Keine Reperaturen notwendig	0,0
809,6	249,5	440,7	Keine Reperaturen notwendig	0,0
793,4	244,5	431,9	Keine Reperaturen notwendig	0,0
172,9	53,3	94,1	Keine Reperaturen notwendig	0,0
72,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Erneuerung Gesamt	72,3
636,1	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	106,3
289,2	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	171,2
578,3	Nicht Möglich	314,8	Instandhaltung	23,9
127,2	Nicht Möglich	69,3	Instandhaltung	9,5
478,8	Nicht Möglich	260,6	Instandhaltung	31,8
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	388,6
404,8	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	195,1
104,1	32,1	56,7	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Erneuerung Gesamt	578,3
555,2	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Erneuerung Gesamt	555,2
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	190,1
543,6	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	183,9
451,1	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	291,6
532,0	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	44,4
451,1	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	44,4
578,3	178,2	314,8	Instandhaltung	31,7
532,0	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	177,5
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
381,7	117,6	207,8	Instandhaltung	31,7
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0

Teilstück 2:

Abschnitt #	Länge Abschnitt [m]	Breite [m]	Kosten Instandhaltung[€/a]								Gesamtkosten
			Einzelrisse vergießen	Kornausbr. Teilflächen flicken	Schlaglöcher Teilflächen flicken	Setzungen Teilflächen flicken	Randschäden Teilflächen flicken	Netzrisse Teilflächen flicken	Sanierung Wurzelschäden	Oberfläche abfräsen	
1	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	38	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	46	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	48	2	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5
10	50	2	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4
11	50	2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
12	47	2	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,5	0,0	183,9
13	28	2	6,4	63,4	0,0	0,0	0,0	0,0	221,9	0,0	291,6
14	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	44,4
15	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	44,4
16	50	2	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7
17	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,5	0,0	177,5
18	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	50	2	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7
20	50	2	3,2	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9
21	38	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	12	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	50	2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
26	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	40	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,5	0,0	177,5

Kosten Instandsetzung[€/a]			Handlungsempfehlung	
Kosten Generelle Erneuerung	Kosten Dünnschichtdecke heiss	Kosten Asphaltpaket Erneuerung	Handlungsempfehlung	Kosten/Abschnitt [€/a]
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
439,5	135,5	239,2	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
532,0	164,0	289,6	Keine Reparaturen notwendig	0,0
555,2	Nicht Möglich	302,2	Instandhaltung	9,5
578,3	Nicht Möglich	314,8	Instandhaltung	6,4
578,3	Nicht Möglich	314,8	Instandhaltung	3,2
543,6	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	183,9
323,8	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	291,6
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	44,4
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	44,4
578,3	178,2	314,8	Instandhaltung	31,7
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	177,5
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Instandhaltung	31,7
578,3	Nicht Möglich	314,8	Instandhaltung	34,9
439,5	135,5	239,2	Keine Reparaturen notwendig	0,0
138,8	42,8	75,6	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	Nicht Möglich	314,8	Instandhaltung	3,2
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reparaturen notwendig	0,0
462,6	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	177,5

Teilstück 3:

			Kosten Instandhaltung[€/a]								
Abschnitt #	Länge Abschnitt [m]	Breite [m]	Einzelrisse vergießen	Kornausbr. Teilflächen flicken	Schlaglöcher Teilflächen flicken	Setzungen Teilflächen flicken	Randschäden Teilflächen flicken	Netzrisse Teilflächen flicken	Sanierung Wurzelbeschäden	Oberfläche abfräsen	Gesamtkosten
1	8	2	3,2	0,0	0,0	0,0	190,1	0,0	0,0	0,0	193,3
2	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	50	2	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	332,9	0,0	353,6
12	35	2	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	155,3	0,0	195,1
13	9	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	266,3	0,0	266,3
15	48	2	19,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	133,2	0,0	152,2
16	50	2	0,0	0,0	0,0	190,1	0,0	0,0	0,0	0,0	190,1
17	47	2	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,5	0,0	183,9
18	39	2	8,0	0,0	63,4	0,0	0,0	0,0	155,3	0,0	226,7
19	46	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	44,4
20	39	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	50	2	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7
24	50	2	3,2	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9
25	38	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	26	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	50	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Kosten Instandsetzung[€/a]			Handlungsempfehlung	
Kosten Generelle Erneuerung	Kosten Dünnschichtdecke heiss	Kosten Asphaltpaket Erneuerung	Handlungsempfehlung	Kosten/Abschnitt [€/a]
92,5	Nicht Möglich	50,4	Erneuerung Asphaltpaket	50,4
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	353,6
404,8	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	195,1
104,1	32,1	56,7	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	266,3
555,2	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	152,2
578,3	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	190,1
543,6	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	183,9
451,1	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	226,7
532,0	Nicht Möglich	Nicht Möglich	Instandhaltung	44,4
451,1	139,0	245,5	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Instandhaltung	31,7
578,3	Nicht Möglich	314,8	Instandhaltung	34,9
439,5	135,5	239,2	Keine Reperaturen notwendig	0,0
300,7	92,7	163,7	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0
578,3	178,2	314,8	Keine Reperaturen notwendig	0,0

---

**9.2.6 Fotos der Abschnitte:**

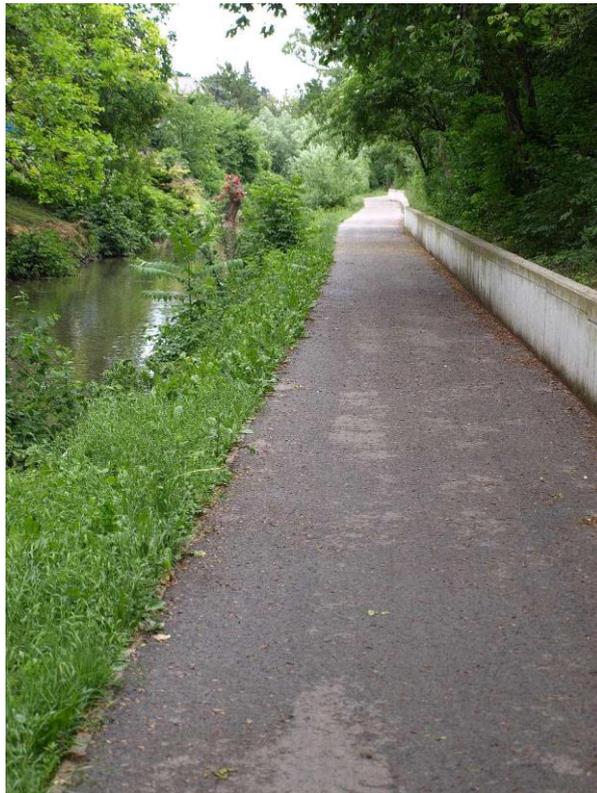


Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8