

---

## Kurzfassung der Masterarbeit

---

Name: Danny Wauri  
Thema: Entwicklung einer Methode zur Identifikation geeigneter Winterdienstmaßnahmen für Radwege  
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze  
Dipl.-Ing. Moritz von Mörner

---

Die steigende Bedeutung des nicht motorisierten Individualverkehrs (NMIV) im Zuge eines stetig steigenden sozialen, ökonomischen sowie ökologischen Nachhaltigkeitsbewusstseins ist in den letzten Jahren immer deutlicher geworden, wobei gerade dem Fahrrad als tägliches Transportmittel, besonders auf kurzen Distanzen, dabei eine immer stärker einnehmende Rolle zukommt. Mit dem Sicherstellen der individuellen Mobilität auch ohne PKW, dem dadurch gleichzeitig entstehenden Beitrag zur Luftreinhaltung sowie der Unabhängigkeit gegenüber fossilen Brennstoffen seien nur Ansätze genannt, welche den enormen Zulauf des Fahrrads begründen. Besonders Städte müssen diesem Umdenken gerecht werden und die Verkehrssicherheit der schwächeren Verkehrsteilnehmer weiterhin gewährleisten sowie gleichzeitig die steigende Zahl der Radfahrer fördern. Neben dem Fokus auf einen Ausbau einer sicheren Infrastruktur, sollte dabei auch die ganzjährige Nutzbarkeit der errichteten Anlagen im Vordergrund stehen. Auch bei winterlichen bzw. widrigen Wetterbedingungen muss den Radfahrern der gleiche Fahrkomfort und die gleiche Verkehrssicherheit gewährleistet werden, wie zur sommerlichen Hauptsaison. Somit könnte der Radverkehrsanteil zu allen Jahreszeiten auf einem annähernd gleichem Niveau gehalten und gleichzeitig eine vermehrte Nutzung des MIV/ ÖV in der Wintersaison vermieden bzw. herabgesetzt werden, wodurch Staus und überlastete öffentliche Transportmittel reduziert werden könnten.

Im Rahmen dieser Arbeit wird daher eine Methodik entwickelt, mit der geeignete Winterdienstmaßnahmen für Radwege identifiziert und stadtspezifische Größen wie der Modal Split oder die Größe des Radwegenetzes sowie spezifische meteorologische Aspekte berücksichtigt werden. Das Ergebnis bietet eine Entscheidungshilfe, welche sensibel auf die genannten sowie weitere Einflussgrößen reagiert und gleichzeitig ein ganzjähriges Gesamtkonzept liefert. Mit Hilfe dessen ist es möglich, die zu erwartenden einzusetzenden Mittel abzuschätzen. Somit kann die Verkehrssicherheit der schwächeren Verkehrsteilnehmer auch im Winter gewährleistet und gleichzeitig das aufzuwendende Budget gering bzw. den Anforderungen entsprechend minimal gehalten werden.

---

Um die Methodik auch länderübergreifend anwendbar zu machen, wird zu Beginn der Arbeit der Begriff des Radweges genauer untersucht, wobei auf die landesspezifischen Regelbreiten sowie Führungsarten eingegangen wird. Erkennbar sind dabei die unterschiedlichen Mindest- und Regelbreiten innerhalb eines Landes sowie länderübergreifend.

Im Anschluss werden die vier Haupttypen der Winterglätte, die Eisglätte, die Schneeglätte sowie das Glatteis und die Reifglätte näher erläutert. Durch die Untersuchung der Entstehungsweise des jeweiligen Glätteereignisses werden mögliche resultierende Einflussgrößen abgeleitet, wobei zwischen meteorologischen und nichtmeteorologischen Parametern unterschieden wird. Mit deren Hilfe wird am Beispiel Deutschlands untersucht, ob es möglich ist, Gebietskategorien innerhalb eines Landes bezüglich der jeweiligen Einflussgrößen bilden zu können. Die Betrachtung der Einflussgrößen Temperatur, Eis- und Frosttage sowie Schneehöhen und Schneetage zeigt jedoch, dass es aufgrund starker Schwankungen, unter anderem hervorgerufen durch Unterschiede in den Höhenlagen auch bei geringen Entfernungen, nur bedingt möglich ist, ein vordefiniertes Koordinatensystem mit meteorologischen Daten für die Methodikentwicklung bereitzustellen.

Mit Hilfe der Kenntnis der Einflussfaktoren zur Entstehung der verschiedenen Winterglättearten werden im weiteren Verlauf der Arbeit die verschiedenen Behandlungsmethoden auf Radverkehrsflächen genauer untersucht, wobei im einzelnen auf die Räumung sowie die Streuung der Fahrbahnen eingegangen wird und bei letztgenannten zwischen Streuung mittels abstumpfenden und auftauenden Stoffen unterschieden wird. Hierbei werden jeweils genauere Vorbetrachtungen durchgeführt und im Anschluss in Frage kommende Fahrzeuge und Techniken untersucht. Neben einem Räumbeginn erst bei einer Neuschneehöhe zwischen zwei und zehn Zentimetern wird gerade auf Verkehrsflächen der Dringlichkeitsstufe I eine vorbeugende Streuung mit Salzen angestrebt, um somit für eine hohe Verkehrssicherheit und einen hohen Fahrkomfort zu sorgen. Radwege niedrigerer Dringlichkeitsstufe sollten aus Kostengründen sowie bezüglich eines ökologischen Nachhaltigkeitsbewusstseins mit abstumpfenden Streustoffen behandelt werden, wenngleich die Feinstaubbelastung dadurch erhöht wird. Bei dieser Streumethode leidet jedoch der Fahrkomfort sowie auch die Verkehrssicherheit, weswegen diese bei den Radfahrern als unzureichend betitelt wird. Ein abschließender Direktvergleich beider Streumethoden bewertet die Einsatzbereiche und verdeutlicht zudem ökologische sowie auch ökonomische Unterschiede.

Weiterführend werden im Anschluss organisatorische Aspekte der Winterglättebehandlung dargestellt, wobei unter anderem auf anzustrebende Niveaus der Fahrbahnqualität bei gegebenen Witterungsverhältnissen eingegangen wird. Grundlagen der Organisation bezüglich aufzuwendenden Personal und Fahrzeugen sowie Kapazitäten der Streustofflager, inklusive Streustoffmanagement, stehen dabei ebenso im Vordergrund, wie die hinreichende Dokumentation der durchgeführten Einsätze und der Informationsgewinnung möglicher eintretender Wetterlagen und deren kurzzeitige Änderungen.

---

Um die theoretische Betrachtungsweise der vorherigen Abschnitte mit der Praxis zu vergleichen, wurden Städte ausgewählt, welche bezüglich ihrer Einsatzmethoden, aufzuwendender Fahrzeuge und einzusetzenden Personal sowie weiteren Aspekten, wie beispielsweise Dringlichkeitsplänen und Streumittelarten untersucht werden. Großstädte wie Berlin und Kopenhagen werden dabei unter Berücksichtigung ihrer spezifischen meteorologischen und radwegespezifischen Parameter aufgeführt, wie kleinere Orte. Hierbei ist erkennbar, dass gerade im deutschen Raum, zumeist aus Kostengründen, ein Streuen der Radverkehrsflächen ausschließlich mit abstumpfenden Mitteln bevorzugt wird. Lediglich Kopenhagen mit seinem sehr hohen Radverkehrsanteil versteht den zielgerichteten Einsatz vorbeugender Streuung mittels Salzen und kann somit sein gesamtes Budget für die Infrastruktur deutlich senken, da sämtliche Straßen weniger vom motorisierten Verkehr belastet werden.

Auf Grundlage aller durchgeführten Vorbetrachtungen wird eine Methodik entwickelt, um geeignete Winterdienstmaßnahmen auf Radverkehrsflächen identifizieren zu können. Hierbei werden sämtliche in den Vorbetrachtungen gewonnenen Annahmen und definierten Werte aufgegriffen, wobei dem möglichen Anwender der Methodik durch geeignete Nutzeroberflächen die Möglichkeit gegeben wird, seine radwegespezifischen sowie meteorologischen Kenngrößen individuell anzugeben. Neben weiteren Nutzeroberflächen beinhaltet die Methodik Berechnungsmatrizen, welche Auskünfte über meteorologische Daten, radwegespezifische Werte sowie den individuellen Werten des jeweiligen Winterdienstes beinhalten. Weiterhin gibt eine weitere Matrix Auskunft über einzusetzende Fahrzeuge in Abhängigkeit der wahrscheinlich auftretenden Schneemenge. Kernstück der Methodik bildet die Matrix der Streuung, wobei zwischen abstumpfenden und auftauenden Stoffen unterschieden wird und neben einer erforderlichen Mindestfahrzeuganzahl und möglichen einzusetzenden mobilen Silos, auch die mindesterforderliche Menge an Streumittel berechnet wird.

Durch die Ermittlung der Fahrzeugzahlen und der mittleren Streugutmengen, unter Berücksichtigung sämtlicher Parameter, kann somit eine Basis geschaffen werden, mit der auf sämtliche Glättegefahren hinreichend entgegengewirkt werden kann. Es ist zu erkennen, dass es nicht nur eine richtige Lösung zur optimalen Winterglättebehandlung gibt, sondern es vielmehr gilt, die verschiedenen Ansätze den Witterungsverhältnissen zielgerichtet anzupassen.

Durch das Bilden von Szenarien am Beispiel der Stadt Darmstadt kann gezeigt werden, inwieweit sich eine Änderung der jeweiligen Eingangsgrößen auf die Anzahl einzusetzender Fahrzeuge und Mitarbeiter auswirkt. Dabei zielt die Methodik darauf ab, eine langfristige Empfehlung zu geben, welche die jeweiligen Radwege, unter Berücksichtigung der Dringlichkeitsstufen, auch bei widrigen, winterlichen Bedingungen verkehrssicher halten kann und den Radfahrern einen ganzjährigen hohen Fahrkomfort gewährleistet.

---

---

## Abstract

---

Name: Danny Wauri  
Topic : Development of a Method to identify suitable Winter Services for Bicycle Tracks  
Tutors : Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze  
Dipl.-Ing. Moritz von Mörner

---

Non-motorised individual transport particularly in view of an increasing social, economic and environmental sustainability has become a focus in recent years. Even the bicycle as a daily means of transport especially over short distances is gaining more usage. The ensurance of individual mobility even without a car, the contribution to minimizing air pollution as well as the independence from fossil fuels, just present a few approaches promoting the rise of the bicycle use. For this reason cities are forced to rethink and continue ensuring the safety of these vulnerable road users while enhancing the modal split of cyclists. In addition to expanding secure infrastructure, an all year usability of these facilities should be prioritized. The aim is to keep cyclists safe even in inclement winter conditions as well as in summer season.

Thus, the number of cyclists could maintain at nearly same level and an increasing use of MIT/ PT could be avoided or reduced simultaneously during the winter season. In this way congestions and overcrowded public transport systems could also be avoided.

Due to this, this thesis outlines a methodology, which identifies suitable winter services for bicycle tracks. City specific variables such as the modal split or the size of the network of bicycle lanes as well as meteorological aspects are considered. The result provides a decision aid, which is sensitive to these and other factors and provides an overall concept valid throughout the entire year. This concept makes it possible to estimate the resources expected to be used. Thus, the safety of vulnerable road users can also be guaranteed in winter while simultaneously the expended budget is maintained at a low level or minimal according to the requirements.

To make this methodology transnational applicable, first the concept of cycle tracks is further examined while dealing with country specific rule widths. It can be recognized that there are different minimum widths within a country and across countries.

Following this examination, four major types of icy road conditions are explained (black ice, hoarfrost, packed snow and icy roads). Based on the examination of the occurrence of each event the resulting factors are derived. Doing so a distinction between meteorological and non-meteorological parameters is made.

---

Using these parameters within the context of Germany, it will be investigated whether it is possible to form categories specifying certain areas within a country with regard to the relevant factors. The analyzing of the factors temperature, number of ice- and frost days as well as the number of snow days and snow depths revealed, that due to strong variations caused by geographical differences regarding altitudes even at short distances, it is hardly possible to predefine a coordinate system with meteorological data for the development of this methodology.

Taking into account the knowledge of the factors influencing the formation of these types of wintry slipperiness, various treatment methods used for bicycle lanes are examined in more detail in the course of this work. Especially the snow clearing and scattering methods will be explained, while a distinction is made between scattering by grit and by thawing substances. Therefore, a more detailed analysis is conducted and suitable gritting vehicles and techniques are defined. As a result, snow should only be cleared when its depth has reached a level between two and ten centimeters. Additionally the preventive scattering of salt on traffic areas marked as urgency category I is advisable. In this way it is possible to ensure high traffic safety as well as driving comfort for the cyclists. Bicycle tracks of lower urgency categories should be treated with gritting materials because of costs and environmental sustainability although the particulate air pollution is increased. However, this scattering method notably reduces ride comfort as well as road safety, which is the reason why this method is titled inadequate by cyclists. A final comparison of both scattering methods evaluates their fields of application and limitations and also demonstrates differences regarding the ecological as well as the economic point of view.

In addition organizational aspects of the slipperiness treatment are examined and further discussed in order to determine the aspired levels of road quality at given weather conditions.

Theoretical principles of organization are considered with regard to expended personnel and vehicles necessary as well as the capacity of scattering materials storage including scattering material management. Furthermore the adequate documentation of the deployments and the acquisition of information regarding possible weather patterns and their short-term changes is conducted.

To compare the theoretical principles established within the previous sections with reality, certain cities were selected and examined with regard to their use of typical methods, the utilization of vehicles and personnel as well as other aspects such as urgency plans and types of spreading material.

---

Thereby, major cities such as Berlin and Copenhagen are considered, taking into account their specific meteorological data and specific properties of bicycle lanes, as well as smaller places like Norderstedt. It can be determined that especially in the German area (mostly for reasons of costs) a scattering of bicycle lanes exclusively with gritting substances is preferred. Solely Copenhagen with its fairly high bicycle share considers the targeted use of preventive scattering with salts and can therefore reduce its total budget on infrastructure significantly. This is the case because all roads are burdened less by motorized traffic.

Based on all the information gathered a methodology is developed to identify suitable winter services for bicycle tracks. In this way, all assumptions and values defined in the preliminary considerations come to use again. The potential user of the methodology is given a user interface that allows him to enter his specific parameters on bike paths and his meteorological parameters individually. In addition to further user interfaces, the methodology matrix includes notations, which inform about meteorological data values on infrastructure and individual values for each winter maintenance department. Furthermore another matrix informs about vehicles to be used depending on the amount of snow likely to occur.

The core of the methodology is the matrix of scattering, which distinguishes between gritting and thawing substances. In both cases and in addition to a required minimum number of vehicles and potentially established mobile silos, the minimum amount of required spreading materials is calculated. By determining the number of vehicles and average amount of spreading materials necessary, taking into account all parameters, a framework can be created with which it is possible to sufficiently counteract on all hazards. By creating scenarios based on the city of Darmstadt it is shown to what extent a change in the respective input variables affects the employed vehicles and the number of staff necessary. The methodology aims at providing a long-term recommendation which is able to keep the respective cycling routes free of snow and ice even during a period of harsh winter conditions, so that cyclists are ensured a high standard of comfort throughout the entire year.