
Nachhaltige Förderung des Radverkehrs im Winter durch optimierten Winterdienst (WinRad)

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Verkehrstechnik Heft V 379

Nachhaltige Förderung des Radverkehrs im Winter durch optimierten Winterdienst (WinRad)

von

Christian Holldorb, Jan Riel, Tim Wiesler

Institut für Verkehr und Infrastruktur, Hochschule Karlsruhe

Thorsten Cypra, Niklas März

Institut für Technologietransfer an der Hochschule für

Technik und Wirtschaft des Saarlandes gGmbH, Saarbrücken

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Seit 2015 stehen die Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<https://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 77.0518
Nachhaltige Förderung des Radverkehrs im Winter
durch optimierten Winterdienst

Fachbetreuung:
Horst Badelt

Referat:
Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb

Herausgeber:
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

Redaktion:
Stabsstelle Presse und Kommunikation

Gestaltungskonzept:
MedienMélange: Kommunikation

Druck und Verlag:
Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53 | Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331 | ISBN 978-3-95606-787-7 | <https://doi.org/10.60850/bericht-v379>

Bergisch Gladbach, Juli 2024

Die dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden Arbeiten wurden im Auftrag des Bundesministers für Digitales und Verkehr im Rahmen des Forschungsprogramms Stadtverkehr (FoPS; www.fops.de) durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt ausschließlich beim Autor.

FoPS | Verbesserung der
Verkehrsverhältnisse
der Gemeinden
FORSCHUNGSPROGRAMM STADTVERKEHR

Kurzfassung - Abstract

Nachhaltige Förderung des Radverkehrs im Winter durch optimierten Winterdienst (WinRad)

Die Bereitstellung von durchgehenden sowie sicher und komfortabel befahrbaren Radverkehrsanlagen ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine breite Akzeptanz des Fahrrades als alltägliches Verkehrsmittel. Zahlreiche Kommunen haben in den letzten Jahren und Jahrzehnten eine dahingehende Transformation des Verkehrsnetzes begonnen und konnten innerhalb überschaubarer Zeiträume beachtliche Veränderungen des Modal Split erreichen. Radfahrende sind Witterungseinflüssen deutlich mehr ausgesetzt als die Nutzer von ÖV und Kfz. Dies schlägt sich auch in Verkehrszählungen nieder: So führt bereits in den Morgenstunden einsetzender Regen – unabhängig von der Jahreszeit – zu einem deutlichen Rückgang des Radverkehrsaufkommens.

Dies zeigt, dass gerade in den Wintermonaten die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der Radverkehrsinfrastruktur eine hohe Bedeutung hat und ein zuverlässiger Winterdienst neben Planung und Bau der Infrastruktur hierfür einen maßgeblichen Beitrag leisten kann.

Gesamtziel des FE-Vorhabens waren Empfehlungen, wie der Radverkehr im Winter durch einen optimierten Winterdienst gefördert werden kann. Grundlagen der zu erarbeitenden Maßnahmen waren umfassende Erhebungen und Untersuchungen zum Winterdienst und zum Radverkehr bei winterlicher Witterung in den drei ausgewählten Kommunen Karlsruhe, Köln und München. Mit Hilfe von Befahrungen bei winterlichen Bedingungen wurden Probleme sowohl aus Sicht der Radfahrenden als auch aus Sicht des Winterdienstes erkannt. Weiterhin wurde mit Hilfe einer durchgeführten Umfrage bei Radfahrenden das Entscheidungs- und Fahrverhalten bei winterlichen Bedingungen erfragt. Messungen zum zeitlichen und räumlichen Liegeverhalten von Streustoffen haben Erkenntnisse zur optimierten Streustrategie auf Radwegen gebracht.

Die Empfehlungen umfassen neben Konzeption und Durchführung des Winterdienstes auch die winterdienstfreundliche Planung und Gestaltung von Radverkehrsanlagen sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Radverkehr im Winter und basieren bei einzelnen Maßnahmen auf Grundlage von differenzierten Nutzen-Kosten-Bewertungen. Die konsequente Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen in Kombination mit der Information der Radfahrenden hierüber können den Radverkehrsanteil im Winter nachhaltig steigern. Wie die Nutzen-Kosten-Analysen deutlich gemacht haben, sind die hiermit verbundenen Kosten im Vergleich zum Nutzen durch gesteigerte Sicherheit und verbesserte Befahrbarkeit der Radwegeverbindungen verbunden mit einer Steigerung des Radverkehrsanteils im Winter insgesamt nur gering.

Sustainable promotion of cycling in winter through optimised winter road maintenance (WinRad)

The provision of continuous, safe and comfortable cycling facilities is one of the essential pre-requisites for a broad acceptance of cycling as an everyday means of transport. In recent years and decades, numerous municipalities have begun to transform their transport networks in this direction and have been able to achieve considerable changes

in the modal split within a reasonable period of time. Cyclists are much more exposed to weather conditions than public transport and car users. However, this is only reflected to a limited extent in traffic counts: rain that starts in the morning hours - regardless of the season - leads to a significant decrease in the volume of cycling traffic.

This shows that especially in the winter months, maintaining the functionality of the cycling infrastructure is of great importance and that a reliable winter service can make a significant contribution to this, in addition to the planning and construction of the infrastructure.

The overall objective of the research project was to make recommendations on how to promote cycling in winter through optimised winter services. The measures to be developed were based on comprehensive surveys and studies on winter road maintenance and cycling in winter weather in the three selected municipalities of Karlsruhe, Cologne and Munich. With the help of cycling tours in wintry conditions, problems were identified both from the point of view of cyclists and from the point of view of the winter road maintenance services. Furthermore, a survey of cyclists was carried out to find out about their decision-making and riding behaviour in winter conditions. Measurements of the temporal and spatial lying behaviour of gritting materials have provided insights into the optimised gritting strategy on cycle paths.

In addition to the conception and implementation of winter road maintenance, the recommendations also include the winter road maintenance-friendly planning and design of cycling facilities as well as the legal framework conditions for cycling in winter and are based on differentiated benefit-cost assessments for individual measures. Consistent implementation of the recommended measures in combination with informing cyclists about them can sustainably increase the share of cycling in winter. As the benefit-cost analyses have made clear, the costs associated with this are only low in comparison to the benefits through increased safety and improved navigability of the cycle path connections combined with an increase in the cycling mode share in winter.

Summary

Sustainable promotion of cycling in winter through optimised winter road maintenance (WinRad)

Task

The provision of continuous, safe and comfortable cycling facilities is one of the essential prerequisites for a broad acceptance of cycling as an everyday means of transport. In recent years and decades, numerous municipalities have begun a transformation of the transport network to this end and have been able to achieve considerable changes in the modal split within a reasonable period of time. For example, the share of cycling in Karlsruhe could be increased from 16% in 2002 to 25% in 2012 to currently over 30% (according to preliminary results of the latest survey of 2018/2019).

Cyclists are much more exposed to weather conditions than public transport and car users. However, this is also reflected in traffic counts: rain that starts in the morning - regardless of the season - leads to a significant decrease in the volume of cycling traffic (e.g. permanent counting point Karlsruhe Erbprinzenstraße). From a seasonal point of view, the differences are mainly due to the lower leisure traffic by bicycle in winter. On the other hand, everyday journeys, especially for work, education and training purposes, are always made by bicycle, provided that road conditions permit.

This shows that maintaining the functionality of the cycling infrastructure is particularly important in the winter months and that a reliable winter service can make a significant contribution to this, in addition to the planning and construction of the infrastructure.

For this reason, the Institute for Transport and Infrastructure (IVI) at Karlsruhe University of Applied Sciences, together with the Institute for Technology Transfer at the Saarland University of Applied Sciences (fitt), was commissioned in May 2020 by the Federal Ministry of Digital Affairs and Transport (BMDV), represented by the Federal Highway Research Institute (BASt), with the research project 77.0518/2019 "Sustainable promotion of cycling in winter through optimised winter services". The overall objective of the research project is to make recommendations on how to promote cycling in winter by optimising winter services. In addition to the conception and implementation of winter services, the recommendations also include the winter service-friendly planning and design of cycling facilities as well as the legal framework conditions for cycling in winter and are based on differentiated benefit-cost assessments for individual measures. The measures to be developed were based on comprehensive surveys and studies on winter road maintenance and cycling in wintery weather in three selected municipalities as well as measurements on the optimised application of gritting materials on cycle paths.

Research method

Within the framework of a literature and basic research, national and international publications regarding winter maintenance on cycling infrastructure and cycling in winter were compiled in detail. The applicable legal requirements, guidelines and technical standards were also compiled. Available vehicles for winter services on cycle paths were compared in a market analysis. The designated cycle networks and winter cycle networks of major German cities were examined. In addition, expert workshops were held with representatives of European and North American cities and regions.

For the two winter periods 2020/2021 and 2021/2022, investigations were carried out in the three municipalities of Karlsruhe, Munich and Cologne. First of all, the structures and winter service practices were examined. In this context, discussions were held with various stakeholders, e.g. in the form of workshops with the operating personnel. In each of the municipalities, routes with a total length of approx. 50 km were selected to be travelled in winter conditions, documented with a camera and evaluated. Connections from outer city districts or suburbs to the city centre were considered, which also run across jurisdictional boundaries and include different forms of guidance. For selected days, the entire winter road maintenance and cycling infrastructure in the municipalities was analysed. Individual winter maintenance operations were recorded with cameras and evaluated.

In order to systematise the practical experiences made with cycling in winter and the attitudes towards it, an online questionnaire was developed for cyclists in the three municipalities, which was answered completely by a total of 2944 people. Due to the high number of participants and the broad demographic spectrum, the responses were representative for the respective municipalities. The questionnaire was divided into 7 topic areas, each with several question groups and questions:

1st topic area: Introductory question on general bicycle use

2nd topic area: Bicycle use and mobility behaviour

3rd topic area: Pictogram for winter cycle networks

4th topic area: Winter cycle networks

5th topic area: Experiences of cycling in winter

6th topic area: Reporting poor conditions on cycle paths

7th topic area: Demographics

Based on data from a road weather station with sensors on a roadway as well as the adjacent roadside cycle path, the surface temperature and condition (water film thickness and state of road surface) of the respective surfaces were analysed and compared over the duration of two winter periods. In Karlsruhe and Cologne, the BAST's rinsing-suction device was used to measure the duration of lying on cycle paths. The temporal and spatial spreading distribution after spreading FS 100, FS 30 and FS 0 with use of the cycle path by cycle traffic was examined at several time intervals after spreading.

Whether and to what extent the winter road maintenance of cycle routes had an influence on the overall volume of cycle traffic on the one hand and on the choice of a specific cycle route on the other hand was to be determined by comparative counts of the volume of cycle traffic on three popular, parallel routes in Karlsruhe. In order to be able to make a statement on shifts in the volume of cycling traffic between the alternative routes compared to the normal situation, the counts were carried out (at intervals) over several months both in winter (2020/2021 and 2021/2022) and in summer 2021.

Together with the operational service, a road in Karlsruhe was examined with regard to the compatibility of the requirements of cyclists and operational service. The route was travelled by bicycle and narrow-gauge vehicle at the same time and critical or problem-prone points in the road space were discussed together with regard to the optimal winter service implementation.

Based on the findings, possible measures for improving winter maintenance on cycle paths were described. These are divided into three clusters: winter maintenance;

planning, construction and equipment of cycling facilities; and lastly, cycling traffic. Selected measures were evaluated in a benefit-cost analysis. The basis of the evaluation is the probability of occurrence of winter weather conditions. The costs were generally considered as annual costs in the benefit-cost analysis. In order to estimate the costs of possible measures, cost rates from the participating municipalities of Karlsruhe, Cologne and Munich were used where available. This applies in particular to the costs for winter road maintenance. The higher costs for an improved winter service are offset by two significant economic benefit components:

- Improved accessibility of cycling facilities in winter can lead to trips being made by bicycle instead of by car (modal shift). This directly results in savings of vehicle-specific emissions, benefits through lower route-dependent operating costs of bicycles compared to passenger cars, and health benefits through the additional exercise.
- Accidents (especially falls due to slippery conditions) can be avoided.

The methodology was applied to seven scenarios:

- Scenario 1: Separate management of cycle lanes and protective lanes.
- Scenario 2: Continuous care of barriers
- Scenario 3: Use of semi-mobile recharging stations
- Scenario 4: Use of an additional winter service vehicle
- Scenario 5: Maintenance of cycle paths of lower priority
- Scenario 6: Integration of cycle lane connections on service roads
- Scenario 7: Pictogram for signposting routes in a winter cycle network

Research Results

On the basis of the studies on winter road maintenance in the three study cities of Karlsruhe, Cologne and Munich, the survey of cyclists and the analyses of the spatial and temporal distribution of gritting material as well as the temperature and drying preservation on cycle paths, corresponding recommendations were developed in the last step.

The results of the inspections and the expert discussions in the study cities have made clear the problem areas in the implementation of winter road maintenance on cycle paths. Examples include insufficient passage widths due to bollards, wrong parking spaces, construction site equipment, etc., or sections that are difficult to navigate due to snow deposits.

The results of the online survey make it clear that people who regularly cycle in winter or at least do not reduce their frequency of use tend to be insensitive to typical winter weather conditions. Rather, the condition of the cycle path connections is criticised. In contrast, the wintry weather is cited as a reason by many who rarely use a bicycle in winter.

Deficiency reports, if known, are also frequently used. Designated mail addresses, web portals and apps should serve as channels.

The existence of a winter cycle network, on the other hand, was only known by a small minority of less than 10% of the local respondents, even in a cycling-savvy field of participants in this survey. Although the way of presentation via the internet corresponds to the preference of the respondents, the corresponding website must not be difficult to find.

Heavy snow cover, both on cycle paths and cycle lanes, as well as icy roads, i.e. situations that occur in rare weather situations or when winter service activities are greatly reduced, are also rated as particularly dangerous by experienced cyclists. However, snow on protective strips or cycle lanes is also rated particularly negatively; this situation occurs particularly frequently in cities with a large network of marked guidance forms and even with small amounts of snow, which are then pushed from the wider carriageway onto the protective strip/cycle lane. Lighter snow residues or even a closed but thin snow cover are seen less critically.

Of the measurement results for analysing the spatial and temporal lying behaviour, only for FS 100 spreading can be used. It was found that in the case of brine spreading, the brine is not carried away by the wheeled traffic and thus a long-lasting effect can be achieved to prevent icy roads until the onset of precipitation. When spreading prewetted and dry salt on dry cycle paths, no salt transmission by cycle traffic could be observed either. This means that both methods could also be used as a preventive winter service. However, dry salt should only be used at low spreading widths and speed, as otherwise a sufficiently equal distribution is not possible. FS100 use should be prioritised when salt demand is low, as it allows for better distribution.

The cost-benefit assessments carried out for some of the measures have made it clear that in many cases the direct benefit for cycling during winter weather events already clearly exceeds the costs. This benefit, which was determined exemplarily for the city of Karlsruhe with only a few winter service events, will be significantly higher in other regions of Germany where, due to the climatic boundary conditions, significantly more winter weather events occur. Furthermore, it can be assumed that if as many of the recommended measures as possible are comprehensively implemented, the proportion of cyclists will increase overall in winter, not only on days with wintry weather and not only on the cycle path connections directly affected.

Conclusions for Practice

Based on the results of the study, measures to promote cycling in winter were compiled and recommended for implementation.

- **Supervision of continuous cycle path connections in winter service, regardless of the responsibility for the construction and the type of routing.** This requires the definition of a winter cycle network that is serviced before the start of rush hour. This should include both segregated cycle paths and combined footpaths/cycle paths as well as forms of guidance on the carriageway (cycle lanes, protective lanes). The winter cycle network should also include carriageways on which cycle traffic is routed in mixed traffic, e.g. cycle lanes, residential roads or agricultural roads. If possible, the carriageways should be maintained by winter service vehicles with a larger clearing width in order to ensure sufficient passability for motor vehicle traffic.
- **Repeated clearing of the winter cycle network during snowfall events,** whereby the cycle path connections do not have to be cleared over their entire width during snowfall, but clearing is sufficient according to the clearing width of the vehicles used (approx. 1.50 m). In the case of cycle paths on both sides, the cycle paths in the direction with the heaviest traffic (morning rush hour) should be prioritised.
- **After the end of the snowfall event, clearing of further cycle path connections** (secondary network) if a longer snow cover is otherwise to be expected due to the forecast weather.

- **At junctions, clearing of all traffic areas used by cyclists:** At junctions, in addition to a continuous connection, turning connections, cycle lane entrances and exits and approaches to push buttons at traffic lights are to be given equal priority in the operational planning. Small areas that cannot be cleared by machine should be cleared manually if necessary.
- **Depending on the situation, snow should be deposited on the right or left:** If there is sufficient space, snow should be deposited to the right of the cycle path. If a narrow pavement runs directly to the right of a cycle track, the snow must be deposited on the cycle track, so that the usable width is reduced. In this case, snow deposition on the left can also be useful to allow sufficient distance for cyclists from the kerb and motor vehicle traffic. Snow storage in the immediate root area of trees should be avoided in order to minimise the salt load on the trees; here, storage behind the root area or - if there is sufficient space - on the side away from the tree is recommended. Snow deposition on open green spaces, on the other hand, is generally not critical. In the case of cycle lanes and protective lanes on the carriageway, snow should be deposited to the right of the cycle lane or protective lane. If parking spaces are located next to them, the dividing strip is usually wide enough. In regions with heavy snowfall, the dividing strips may need to be wider in order to provide sufficient snow storage areas.
- **Protective lanes and cycle lanes on the carriageway** are to be maintained in separate clearing passes: As a rule, the clearing width of the winter road maintenance vehicle that clears the carriageway for motor vehicle traffic is not sufficient to completely clear protective lanes and cycle lanes. Therefore, these must be cleared either in a second pass or with a separate vehicle. This clearing pass should be carried out as soon as possible after the motor vehicle lane has been cleared, as the first clearing pass can cause the cycle lane or protective lane to become blocked and thus no longer passable for cycle traffic. This results in a considerable potential hazard, as cyclists have to swerve onto the carriageway. It is particularly urgent to clear the road immediately afterwards if rails are laid on the carriageway, as cyclists then have to swerve into the rail area, which results in considerable risks of falling in winter weather.
- **As a rule, snow removal with sweeping rollers is to be preferred,** as the clearing result is considerably better than with ploughs. Sweeper rollers can be used in dry snow cover up to 10 cm snow depth, which is sufficient in many regions with a high volume of bicycle traffic, as these tend to have little snow. In the case of heavier snowfall events, early and repeated clearing is expedient, so that additional snow ploughs are not usually necessary for winter service vehicles, but ploughs should also be kept on hand, e.g. only for individual vehicles.
- **Spreading is usually done preventively with de-icing materials:** As thawing gritting materials are not transported into the lateral space by the bicycle traffic, they remain on the cycle path for a long time if they are not washed away by precipitation. This applies to dry salt as well as wet salt or the spreading of pure brine (FS 100). Due to the more even spreading and the lower salt content, the use of brine is generally recommended. Repeat the spreading process when it starts to rain. During periods of weather with recurring light frost in the morning hours, repeat operations on the following day can be dispensed with due to the amount of residual salt on the cycle path.
- **Sufficient passage width for winter maintenance vehicles:** In order to enable continuous maintenance of coherent cycle connections, a continuous width of 1.60 m must be guaranteed. This width should not be restricted by removable bollards, as the

removal and reinsertion of the bollards during the winter road maintenance operation is time-consuming. Even if these are of little importance from an economic point of view, new cycle paths should be constructed with clearances that prevent the passage of motor vehicles but allow narrow-gauge vehicles to pass.

- **Regularly check the passability for winter service vehicles:** Especially in construction areas with temporary traffic routing, the available cross-sections for cycling are reduced due to a lack of space. It must be ensured that these areas can still be used by winter service vehicles, as cyclists cannot avoid the roadway or can only do so with considerable risk potential. This trafficability must also be guaranteed continuously during the construction period and must not be interrupted by constrictions caused by the construction process. If necessary, the construction companies are to be requested by the site management to remove the bottlenecks immediately.
- **Installation of decentralised temporary storage facilities for gritting materials:** As the narrow-gauge vehicles used on cycle paths only have small gritting container volumes, it can be useful to set up decentralised temporary storage facilities for gritting materials (salt or brine) in order to reduce the number of empty roads in larger municipalities or also for road maintenance depots. This can reduce deployment costs and operating times, especially in the case of repeated deployment, which leads both to cost savings for winter road maintenance and to an improvement in the quality of cycling.
- **Awarding contracts for winter services across all public authorities:** In order to ensure the continuous maintenance of high-priority cycle routes, even with different authorities, e.g. at municipal borders, the joint awarding of contracts in a tender with corresponding cost sharing can make sense. As a rule, not only individual routes but interconnected networks or sub-networks should be considered in order to define an attractive scope of services for private service providers. When awarding contracts, long contract periods should be aimed for. The quality standards to be provided by the private service providers should be clearly defined in the tender and regularly checked during the contract period. It can be assumed that this may be associated with higher costs; depending on the availability of potential service providers, different contract models are appropriate.
- **Quality assurance with the involvement of cyclists and through staff control journeys:** Quality assessment tools are recommended for both outsourced and in-house services. Cyclists should be involved in this process, as they can easily be won over for this purpose out of their own interest. For this purpose, close cooperation with associations, e.g. ADFC, but also companies, universities or schools should be sought in order to win over interested cyclists. Furthermore, it makes sense to check the quality of the service by having your own staff cycle regularly, ideally by bicycle, which must also be taken into account in duty rosters and deployment schedules.
- **Continuous lighting of cycle path connections:** As the survey among cyclists made clear, in addition to wintry weather and poor passability in winter road conditions, long periods of darkness during the winter are also a cause of reduced use of the bicycle. Although bicycles are increasingly equipped with good lighting, many cyclists avoid cycle paths that are not illuminated, also due to a lack of subjective feeling of safety in the dark. Therefore, it is recommended that high-ranking cycle paths outside of built-up areas be equipped with fixed lighting. The investments required for this are particularly useful if only short sections are to be equipped, e.g. between two parts of a town that run outside the town and are not illuminated, but the cycle path connection is otherwise routed within the town. In order to take nature conservation

aspects into account, innovative solutions are possible in which the lighting is only switched on in the vicinity of the cyclist depending on requirements.

- **Consideration of sufficient areas for winter maintenance and snow deposition:** It is recommended that in the further development of technical regulations, in particular the guidelines for the construction of urban roads (RASt), sufficient areas for the deposition of cleared snow be provided in addition to cycle paths, cycle lanes and protective lanes when defining standard cross-sections. When dimensioning cycling areas in junction areas, the accessibility for winter service vehicles must also be taken into account.
- **Designation of winter cycle networks with a pictogram:** In order to increase the level of awareness of the winter cycle networks among cyclists, it is recommended to signpost these cycle path connections with a pictogram. This pictogram can be placed next to the destination information. Existing signposts can easily be equipped with retrofitted stickers. However, signposting should only take place if the routes are actually reliably maintained in winter. A supplementary information campaign for this signposting is recommended.
- **Real-time information on the passability of cycle routes:** For the decision to cycle in wintry weather, the assessment of the navigability of cycle path connections is of great importance. For this purpose, real-time information on winter road maintenance operations combined with information on the weather can be helpful. Therefore, it is recommended to develop a corresponding app for the internet and smartphone that uses available data from winter road maintenance operators and road weather stations. The prerequisites for this are automated operational data collection in the winter service vehicles as well as road weather stations. At least some of these should also have sensors on separately guided cycle paths, but transmission of parameters measured in the carriageway is possible to a limited extent. The application is to be designed across all construction authorities and should map all cycle path connections in a region. Alternatively, these functions can also be integrated into existing apps for cycle route planning.
- **Keeping cycle paths free of temporary obstacles:** In some municipalities, temporary obstacles make it difficult for winter service vehicles to drive along cycle paths. These can be e-scooters, for example, which are parked on cycle paths by users and obstruct traffic. If this occurs frequently, seasonal parking bans for e-scooters are recommended, which can be implemented by digitally defining restricted areas. On the other hand, these can also be waste or recyclable material collection containers that are made available for collection at the roadside on cycle paths. If this occurs more frequently, alternative parking spaces should be defined in consultation with waste disposal companies and residents.

In general, it is recommended to accompany the implementation of the aforementioned measures with information campaigns. Both classic print media and information stands as well as online formats and social media are suitable for this. In addition to cyclists who are active during the winter season, cyclists who only use their bikes regularly outside the winter months should also be targeted. The consistent implementation of the recommended measures in combination with informing cyclists about them can sustainably increase the share of cycling in winter. As the benefit-cost analyses have made clear, the costs associated with this are only low in comparison to the benefits through increased safety and improved navigability of the cycle path connections combined with an increase in the overall cycling mode share in winter.

Inhalt

Abkürzungen	16
1 Einleitung	17
2 Grundlagenrecherche	19
2.1 Rechtliche und technische Anforderungen an den Winterdienst auf Radwegeverbindungen in Deutschland	19
2.1.1 Rechtliche Grundlagen	19
2.1.2 Technisches Regelwerk zu Planung und Entwurf von Radverkehrsanlagen	22
2.1.3 Baulast bei Radwegen und Radschnellverbindungen	23
2.2 Literaturanalyse	25
2.2.1 Radverkehr unter winterlichen Bedingungen	25
2.2.2 Ziele, Leistungen und Besonderheiten des Winterdienstes auf Radwegeverbindungen	26
2.2.3 Winternetze für den Radverkehr	28
2.2.4 Streustoffe	28
2.2.5 Beheizte Radwege als Alternative zum Winterdienst	31
2.2.6 Korrosion als Folgeschaden der Radnutzung im Winter	31
2.3 Winterdienstpraxis	32
2.3.1 Umfang des Winterdienstes	32
2.3.2 Organisation	33
2.3.3 Qualitätsmanagement	34
2.3.4 Öffentlichkeitsarbeit und Maßnahmen zur Motivation	36
2.4 Marktanalyse	36
2.4.1 Trägerfahrzeuge	36
2.4.2 Auswirkung der Fahrzeuge auf die Geh- und Radwege	38
2.4.3 Gerätetechnik	39
2.5 Ausgewiesene Radnetze und Winterradnetze in deutschen Großstädten	43
2.6 Best-Practice	44
2.6.1 Oulu	44

2.6.2	Kopenhagen	48
2.6.3	Montreal	49
2.6.4	Wien	52
2.6.5	Hannover	56
3	Untersuchungen zum Winterdienst in ausgewählten Kommunen	58
3.1	Auswahl der Kommunen	58
3.2	Organisation und Infrastruktur	59
3.2.1	Karlsruhe	59
3.2.2	München	64
3.2.3	Köln	65
3.3	Befahrung von Routen bei winterlicher Witterung	67
3.3.1	Methodik	67
3.3.2	Karlsruhe	71
3.3.3	München	75
3.3.4	Köln	79
3.3.5	Resümee aus den Befahrungen	80
3.4	Umfang und Analyse durchgeführter Winterdiensteseinsätze	82
3.4.1	Methodik	82
3.4.2	Karlsruhe	83
3.4.3	München	84
3.4.4	Köln	88
3.5	Interviews mit operativem Personal	89
3.5.1	Allgemeines	89
3.5.2	Karlsruhe	90
3.5.3	München	91
3.5.4	Köln	93
3.6	Analyse ausgewählter Winterdiensteseinsätze	94
3.6.1	Methodik	94
3.6.2	Karlsruhe	96
3.6.3	München	98
3.6.4	Köln	99
4	Befragung von Radfahrenden aus Nutzersicht	100

4.1	Konzeption	100
4.2	Ergebnisse	103
4.2.1	Beteiligung	103
4.2.2	Fahrradnutzung im Winter	103
4.2.3	Winterradnetz	104
4.2.4	Zustand der Radwegeverbindungen im Winter	106
4.2.5	Bewertung winterlicher Situationen	108
4.2.6	Individuelle Kommentare	111
4.3	Zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse	112
5	Detailanalysen zu Winterdienst und Radverkehr im Winter	114
5.1	Analyse von Oberflächentemperatur und -zustand auf einem Radweg im Vergleich zu der angrenzenden Fahrbahn	114
5.1.1	Untersuchungsmethodik und -umfang	114
5.1.2	Analyse der Oberflächentemperatur auf Radweg und Fahrbahn	116
5.1.3	Analyse der Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn nach Niederschlägen	120
5.2	Untersuchung zu Liegedauer und Streustoffverteilung von auftauenden Streustoffen auf Radwegen	124
5.2.1	Messtechnische Grundlagen	124
5.2.2	Elektrische Leitfähigkeit als Indikator für den Restsalzgehalt	125
5.2.3	Untersuchungsverfahren Spül-Saug-Gerät	125
5.2.4	Durchführung der Untersuchungen	126
5.2.5	Auswertung der Messdaten	129
5.3	Vergleichserhebung von Radfahrenden	134
5.4	Betrachtung des Winterdienstes an der Haid-und-Neu-Straße in Karlsruhe	138
6	Mögliche Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs im Winter	142
6.1	Cluster Winterdienst	142
6.2	Cluster Planung, Bau und Ausstattung von Radverkehrsanlagen	145
6.3	Cluster Radverkehr	148
7	Bewertung der möglichen Maßnahmen auf Grundlage von Nutzen-Kosten-Analysen	150

7.1	Grundlagen der Bewertung	150
7.1.1	Eintretenswahrscheinlichkeit winterlicher Witterungszustände	150
7.1.2	Methodik Kosten	154
7.1.3	Methodik Nutzen	154
7.2	Auswahl der zu bewertenden Maßnahmen	156
7.3	Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten für ausgewählte radverkehrsfördernde Maßnahmen durch den Winterdienst	157
7.3.1	Szenario 1: Separate Betreuung von Radfahrstreifen und Schutzstreifen	157
7.3.2	Szenario 2: Durchgängige Durchfahrbarkeit von Absperrungen	159
7.3.3	Szenario 3: Einsatz von semimobilen Nachladestationen	161
7.3.4	Szenario 4: Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs	162
7.3.5	Szenario 5: Betreuung von Radwegen untergeordneter Priorität	163
7.3.6	Szenario 6: Integration von Radwegeverbindungen auf Anliegerstraßen	164
7.3.7	Szenario 7: Piktogramm zur Beschilderung von Strecken in einem Winterradnetz	166
8	Zusammenfassende Empfehlungen	168
	Literatur	173
	Bilder	179
	Tabellen	184

Der Anhang zum Bericht ist im elektronischen
 BAST-Archiv ELBA unter: <https://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

Abkürzungen

aha	Zweckverband Abfallwirtschaft Region Hannover
AP	Arbeitspapier oder Arbeitspaket
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
AfA	Amt für Abfallwirtschaft Karlsruhe
AWB	Abfallwirtschaftsbetriebe Köln
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BFH	Bundesfinanzhof
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
CaCl ₂	Calciumchlorid
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
fitt	Institut für Technologietransfer an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes gGmbH
FS	Feuchtsalz
HVZ	Hauptverkehrszeit
IVI	Institut für Verkehr und Infrastruktur der Hochschule Karlsruhe
Kfz	Kraftfahrzeug
Lkw	Lastkraftwagen
MA	Magistrat
MgCl ₂	Magnesiumchlorid
NaCl	Natriumchlorid
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkw	Personenkraftwagen
StVO	Straßenverkehrsordnung
SWS	Straßenwetterstation
VTI	Statens väg- och transportforskningsinstitut (schwedisches Institut für Straßen- und Verkehrsforschung)

1 Einleitung

Die Bereitstellung von durchgehenden sowie sicher und komfortabel befahrbaren Radverkehrsanlagen ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine breite Akzeptanz des Fahrrades als alltägliches Verkehrsmittel. Zahlreiche Kommunen haben in den letzten Jahren und Jahrzehnten eine dahingehende Transformation des Verkehrsnetzes begonnen und konnten innerhalb überschaubarer Zeiträume beachtliche Veränderungen des Modal Split erreichen. So konnte z. B. der Radverkehrsanteil in Karlsruhe von 16 % im Jahr 2002 über zunächst 25 % im Jahr 2012 auf (vorläufigen Ergebnissen der letzten Erhebung von 2018/2019 zufolge) aktuell über 30 % erhöht werden.

Radfahrende sind Witterungseinflüssen deutlich mehr ausgesetzt als die Nutzer von Öffentlichem Verkehr (ÖV) und Kraftfahrzeugen (Kfz). Dies schlägt sich auch in Verkehrszählungen nieder: So führt bereits in den Morgenstunden einsetzender Regen – unabhängig von der Jahreszeit – zu einem deutlichen Rückgang des Radverkehrsaufkommens (z. B. Dauerzählstelle Karlsruhe Erbprinzenstraße). Saisonal betrachtet sind die Unterschiede überwiegend auf den im Winter geringeren Freizeitverkehr mit dem Fahrrad zurückzuführen [NOBIS 2019]. Alltagswege, insbesondere zu Dienst-, Ausbildungs- und Arbeitszwecken, werden dagegen – sofern die Straßenverhältnisse es zulassen – durchgehend mit dem Fahrrad zurückgelegt.

Dies zeigt, dass gerade in den Wintermonaten die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der Radverkehrsinfrastruktur eine hohe Bedeutung hat und ein zuverlässiger Winterdienst neben Planung und Bau der Infrastruktur hierfür einen maßgeblichen Beitrag leisten kann.

Daher wurde das Institut für Verkehr und Infrastruktur (IVI) der Hochschule Karlsruhe gemeinsam mit dem Institut für Technologietransfer an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes gGmbH (fitt) durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Mai 2020 mit dem FE-Vorhaben 77.0518/2019 „Nachhaltige Förderung des Radverkehrs im Winter durch optimierten Winterdienst“ beauftragt. Gesamtziel des FE-Vorhabens sind Empfehlungen, wie der Radverkehr im Winter durch einen optimierten Winterdienst gefördert werden kann. Die Empfehlungen umfassen neben Konzeption und Durchführung des Winterdienstes auch die winterdienstfreundliche Planung und Gestaltung von Radverkehrsanlagen sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Radverkehr im Winter und basieren bei einzelnen Maßnahmen auf Grundlage von differenzierten Nutzen-Kosten-Bewertungen. Grundlagen der zu erarbeitenden Maßnahmen waren umfassende Erhebungen und Untersuchungen zum Winterdienst und zum Radverkehr bei winterlicher Witterung in drei ausgewählten Kommunen sowie Messungen zur optimierten Ausbringung von Streustoffen auf Radwegen.

Für die Bearbeitung des Forschungsvorhabens wurden insgesamt sieben Arbeitspakete (AP) bearbeitet. Kapitel 2 enthält die Ergebnisse der Grundlagenrecherche (AP 1), die neben der Zusammenstellung der technischen und rechtlichen Anforderungen und einer Literaturrecherche auch eine Analyse verfügbarer Maschinen für den Winterdienst auf Radwegen sowie die Ergebnisse internationaler Expertenworkshops enthält. In Kapitel 3 sind die in den beiden Winterperioden 2020/21 und 2021/22 durchgeführten Untersuchungen in den Kommunen Karlsruhe, Köln und München dokumentiert (AP 2). Kapitel 4 enthält die Ergebnisse einer Umfrage von Radfahrenden zum Radverkehr im Winter (AP 2.6). In Kapitel 5 sind die Ergebnisse der Auswertungen an einer Straßenwetterstation in Karlsruhe zu Oberflächentemperatur und -zustand auf dem Radweg im Vergleich zur

Fahrbahn sowie die Auswertungen der Messungen zur Beurteilung von Liegedauer und Verteilung von Streustoffen auf Radwegen dargestellt (AP 3). Weiterhin sind in Kapitel 5.3 ergänzende Auswertungen zum Radverkehrsaufkommen bei winterlicher Witterung und in Kapitel 5.4 die exemplarische Betrachtung des Winterdienstes auf einer Straße in Karlsruhe dokumentiert. Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung des Radverkehrs im Winter (AP 4) sind in Kapitel 6 zusammengestellt. Für ausgewählte Maßnahmen wurden Nutzen-Kosten-Untersuchungen durchgeführt (AP 5), deren Methodik und Ergebnisse in Kapitel 7 dokumentiert sind. In Kapitel 8 sind die Empfehlungen, die aus den Untersuchungen resultieren, zusammengefasst (AP 6).

2 Grundlagenrecherche

2.1 Rechtliche und technische Anforderungen an den Winterdienst auf Radwegeverbindungen in Deutschland

2.1.1 Rechtliche Grundlagen

2.1.1.1 Verkehrssicherungspflicht des Baulastträgers

Es gibt keine einklagbaren verfassungsrechtlichen Ansprüche des Bürgers auf „bestimmte Reinigungsstandards zur ungeschmälerten und gefahrlosen Nutzung von Verkehrsinfrastruktur“ [WICHMANN 2018]. Die rechtliche Grundlage leitet sich aus der Verkehrssicherungspflicht im Bürgerlichen Gesetzbuch (§ 823 BGB) sowie den jeweiligen Gesetzen der Länder ab. In den Landesgesetzen finden sich relativ wenige Details zum Winterdienst, häufig wird nur die grundsätzliche Pflicht der Kommune zum Räumen und Streuen im Rahmen ihrer Leistungsfähigkeit festgelegt [FGSV 2015a]. In den meisten Landesgesetzgebungen wird der Begriff der Zumutbarkeit als Pflichtenlimitierung für den Winterdienst definiert. Auch in jenen Bundesländern, in welchen dieser Grundsatz nicht direkt festgesetzt ist, sind die winterdienstlichen Pflichten der Kommunen begrenzt. Die Zumutbarkeit des Winterdienstes ist von der Größe und somit auch der Leistungsfähigkeit der Kommune abhängig (vgl. Urteil des BGH vom 2.10.1956) [WICHMANN 2018]. In § 41, Absatz (1) des Straßengesetzes des Landes Baden-Württemberg wird beispielsweise folgendes festgelegt:

„Den Gemeinden obliegt es im Rahmen des Zumutbaren als öffentlich-rechtliche Pflicht, Straßen innerhalb der geschlossenen Ortslage einschließlich der Ortsdurchfahrten zu beleuchten, zu reinigen, bei Schneeanhäufungen zu räumen sowie bei Schnee- oder Eisglätte zu bestreuen, soweit dies aus polizeilichen Gründen geboten ist; dies gilt auch für Ortsdurchfahrten im Zuge von Bundesstraßen. Dabei ist der Einsatz von Auftausalzen und anderen Mitteln, die sich umweltschädlich auswirken können, so gering wie möglich zu halten. Soweit Ortsdurchfahrten nicht in der Straßenbaulast der Gemeinden stehen, unterstützen die Träger der Straßenbaulast die Gemeinden nach besten Kräften bei der Erfüllung der sich aus Satz 1 ergebenden Verpflichtungen zur Schneeräumung und zum Bestreuen; Kosten werden von den Gemeinden nicht erhoben.“ [StrBW 2021]

Radwege sind Teil der Straße, auch wenn sie getrennt von dieser verlaufen; Radfahrstreifen, welche auf der Fahrbahn geführt werden, sind Teil der Fahrbahn [FGSV 2021a]. Nach § 2 Straßenverkehrsordnung (StVO) sind Fahrräder Fahrzeuge im verkehrsrechtlichen Sinn, die Pflichten gegenüber Radfahrern stellen nach WICHMANN [2018] jedoch keine höheren Anforderungen als gegenüber Autofahrern; maßgebend für den Umfang der Winterdienstpflicht auf Fahrbahnen des Kfz-Verkehrs seien nach geltender Rechtsprechung dessen Belange. Nach den Grundsätzen der Fahrbahnreinigung bestehen Pflichten für Radwege beim gemeinsamen Zutreffen der Kriterien „Verkehrswichtigkeit“ und „Gefährlichkeit“, wobei WICHMANN auch den Gedanken der „Zumutbarkeit“ insb. der Kommunen hervorhebt. Weiter könne mit dieser Begründung aus der Benutzungspflicht eines Radwegs nach entsprechenden Zeichen der StVO keine besondere Notwendigkeit abgeleitet werden. Allerdings erlischt nach dem Urteil des OLG Naumburg vom 08.12.2011 bei objektiver Unbenutzbarkeit die Benutzungspflicht eines Radwegs. Nach einem Urteil des OLG Hamm vom 12.3.1993 sei die Verkehrswichtigkeit stets bezogen auf den Nutzer zu ermitteln, nach KETTLER [2013] hänge sie dabei nicht von der Straßenkategorie ab. Ein Unterschied gibt es hier jedoch bei Radschnellverbindungen der Länder, welche aufgrund der Klassifizierung als solche unabhängig von der Belastungsfrequenz verkehrswichtig sind; als Beispiel hierfür führt WICHMANN § 1 Abs. 1 StrReinG NRW auf.

Als gefährlich definiert WICHMANN [2018] mit Verweis auf das Urteil des OLG Hamm vom 12.03.1993 Straßenteile, „an denen der Radfahrer erfahrungsgemäß bremsen, ausweichen oder sonst seine Fahrtrichtung oder Geschwindigkeit ändern muss“. Außerdem seien ausschließlich solche Bereiche gefährlich, „die wegen ihres eigentümlichen und nicht ohne weiteres erkennbaren Zustands die Möglichkeit eines Unfalls selbst dann befürchten lassen, wenn Radfahrer die allgemein übliche Sorgfalt anwenden“. Als Beispiele in der Rechtsprechung für Situationen und Gegebenheiten, die für einen Radfahrer erkennbar und damit nicht unmittelbar gefährlich sind, nennt WICHMANN etwa glatte und rutschige Oberflächen auf einer Holzbrücke (OLG Karlsruhe, U. v. 22.03.2016), Abbiege- und Auf-fahrtvorgänge auf den Radweg auch bei Belagswechseln (LG Konstanz, U. v. 14.12.1993) oder Spurrillen, auf welche Radfahrer eingestellt sein sollten (OLG Celle, U. v. 23.03.2005). Außerdem seien Stellen, an welchen private Grundstücke auf einen Radweg einmünden, ungefährlich, da hier der Gedanke der Zumutbarkeit im Vordergrund stehen müsse. [WICHMANN 2018]

Eine andere Lage besteht bei kombinierten Geh- und Radwegen nach StVO Zeichen 240. Diese sind wie Gehwege zu betrachten, für den Inhalt der Räumung und Streuung sind nach WICHMANN die Bedürfnisse des Fußverkehrs maßgebend. Nach einem Urteil des VGH Kassel vom 04.06.2014 begründet die Doppelnutzung durch Fußgänger und Radfahrer keine weitergehenden Sicherungsmaßnahmen. [WICHMANN 2018]

WICHMANN stellt in Bezug auf die Rechtsprechung fest, dass bei (und lediglich für die Dauer von) extremer Witterung wie Dauerschneefall aufgrund der Unzumutbarkeit kein (erneuter) Winterdienstinsatz verlangt wird, falls „der Einsatz aller vernünftigerweise möglichen Mittel“ - unter Vorhandensein einer guten Begründung - im Ausnahmefall wirkungslos wäre oder im Rahmen der Ausübung der Pflichten Sach- oder Personenschäden zu erwarten wären. In diesem Fall entfällt ebenfalls die Verkehrssicherungspflicht. WICHMANN beschreibt die Grenzen für ein solches Szenario jedoch als relativ eng, insbesondere bei einer Witterung, welche diese Grenze noch nicht erreicht habe, seien „intensive Aktionen“ besonders wichtig. [WICHMANN 2018]

Die vorgenannten Aussagen werden auch in der Information 99 „Winterdienst für den Radverkehr“ des Verbandes kommunaler Unternehmen e. V. zusammengefasst [VKU 2020].

2.1.1.2 Benutzungspflicht von Radverkehrsanlagen

Die Benutzungspflicht von für Radfahrer ausgewiesene Verkehrsflächen wird durch § 2 (4) der Straßenverkehrsordnung (StVO) geregelt. Eine Benutzungspflicht besteht demnach für Radwege, welche mit den Zeichen 237, 240 oder 241 ausgewiesen sind (s. Bild 1)

- Zeichen 237 markiert einen Radweg, dessen Nutzung allein Radfahrern vorbehalten ist.
- Zeichen 240 markiert eine gemeinsame Verkehrsfläche für Radfahrer und Fußgänger ohne Trennungselemente.
- Zeichen 241 markiert das Verlaufen eines Radwegs direkt neben einem Gehweg.



Bild 1: Verkehrszeichen der StVO zu benutzungspflichtigen Radwegen [BASt 2021a]

Ist kein Radweg vorhanden, darf der rechte Seitenstreifen benutzt werden, sofern Fußgänger nicht gefährdet werden. Linke Radwege dürfen nur genutzt werden, wenn dies durch Zeichen 1022-10 (s. Bild 1) gekennzeichnet ist.

Einige Sonderregelungen werden in § 2 (5) StVO definiert. Demnach müssen radfahrende Kinder vor ihrem neunten Geburtstag den Gehweg nutzen; für Kinder bis zu ihrem zehnten Geburtstag ist dies optional. Davon ausgenommen sind baulich getrennte Radwege, welche bei entsprechender Beschilderung in jedem Fall genutzt werden müssen. Begleitpersonen ab einem Alter von 16 Jahren sind berechtigt, ebenfalls den Gehweg zu nutzen, sofern dies nach den genannten Regelungen für die zu begleitenden Kinder verpflichtend oder optional ist. [StVO 2020]

Das Oberlandesgericht Naumburg urteilte am 08.12.2011, dass „unbenutzbare Radwege“ (z. B. tiefer Schnee, Eis, Löcher) nicht benutzt werden müssen. Ist dies der Fall, muss der Radfahrer die Fahrbahn benutzen. Nach § 2 (2) StVO ist die Nutzung des Radweges in Gegenrichtung ohne entsprechende Beschilderung nicht zulässig.

2.1.1.3 Übertragung von Winterdienstpflichten auf Anlieger

Kommunen können bestimmte winterdienstliche Aufgaben auf Anlieger der jeweiligen Straßen übertragen. Dazu zählen in den meisten Fällen auch gemeinsame Geh- und Radwege nach StVO Zeichen 240. Die Kommunen können außerdem festsetzen, innerhalb welches Zeitraums den entsprechenden Pflichten nachgekommen werden muss. Der rechtliche Rahmen, welche Pflichten auf Anlieger übertragen werden können, wird durch die jeweilige Landesgesetzgebung, meist über eigene Paragraphen im Straßen- oder Straßenreinigungsgesetz, festgesetzt. Die Tabelle in Anhang 1 bietet einen Überblick über die entsprechenden Gesetzesgrundlagen der Länder mit den enthaltenden Informationen zu jenen Pflichten, welche auf Anlieger übertragen werden können.

Die Ortssatzung hat den Zweck, Rechte und Pflichten im Verhältnis zu Dritten zu begründen und auszugestalten [FGSV 2015a]. Dazu zählt auch die Übertragung von Winterdienstpflichten im Rahmen der Landesgesetzgebung.

2.1.1.4 Vergabe von Leistungen im Winterdienst an Dritte

Aufgaben der Reinigung und des Winterdienstes können nicht nur auf Anlieger, sondern auch auf andere Dritte übertragen werden. Dies steht im kommunalen Ordnungsermessens und ist vom Straßenverwaltungsrecht (Art. 28 Abs. 2 S.1 GG) gedeckt. Nach WICHMANN [2018] sind verschiedene Varianten möglich: Werden die Leistungen nicht mit eigenem Verwaltungspersonal erbracht, ist die Gründung eines Regie- oder Eigenbetriebs oder eine komplette oder partielle Vergabe an private Dritte denkbar. In der Praxis werde meist ein Mischmodell praktiziert, welches besonders häufig in kleineren Kommunen angewandt werde.

Allerdings beschreibt WICHMANN auch mögliche Nachteile einer Privatisierung: Neben einem möglichen Steuerungsverlust seien finanzielle Einsparungen unter Umständen überhaupt nicht gegeben, eine Privatisierung sei deshalb genau abzuwägen. Beispielsweise unterliegen Kommunen nach Judikatur des Bundesfinanzhofs (BFH) keiner Umsatzsteuerpflicht, wenn sie Eigenleistungen im Winterdienst durch Ämter oder den Bauhof durchführen, da es bei eigenverantwortlich ausgeführter hoheitlicher Tätigkeit keinen Wettbewerb und somit keine Wettbewerbsverzerrung gebe. Bei der Gründung eines eigenen (kommunalen) Unternehmens sowie der Vergabe an private Dritte unterlägen die Leistungen jedoch der Umsatzbesteuerung; hier sei stets eine Wettbewerbsverzerrung möglich. Daher müssten nach einem Urteil des BFH vom 10.11.2011 Bestandsleistungen, welche juristische Personen des öffentlichen Rechts untereinander erbringen, darauf überprüft werden,

ob sie zwar auf öffentlich-rechtlicher Grundlage, jedoch in Wettbewerb zu privaten Anbietern stehen. Dies führe nach WICHMANN bei interkommunaler Zusammenarbeit zu einer Umsatzsteuerpflicht, etwa wenn der Landkreis seine Kommunen beim Winterdienst unterstützt. Bei der Vergabe von öffentlichen Aufträgen wie dem Winterdienst sind Ausschreibungsregeln (§§ 97 ff. GWB, 55 LHO, 25 GemHVO) zu beachten, welche unter anderem finanzielle Schwellenwerte für die Art und den Umfang der Ausschreibung vorgeben. Das Greifen vergaberechtlischer Vorgaben bei einer Kooperation von benachbarten Kommunen im Winterdienst ist von der Art der Kooperation abhängig, etwa ob eine neue Einrichtung gegründet wird [WICHMANN 2018].

2.1.2 Technisches Regelwerk zu Planung und Entwurf von Radverkehrsanlagen

Bereits bei der Planung und dem Bau von Radverkehrsanlagen können Maßnahmen getroffen werden, um eine winterliche Befahrung zu erleichtern und einen effektiven Winterdienst zu ermöglichen.

Die im Regelwerk vorgegebenen Mindestbreiten für Radverkehrsanlagen sind hierfür ausgelegt und sollten unbedingt eingehalten werden [HANKE 2019]. Um den maschinellen Winterdienst auf Radwegen zu ermöglichen, sind insbesondere Hindernisse wie Pfosten zu vermeiden [FGSV 2010]. Auch das Zuparken und abrupte Enden von Radwegen soll unterbunden bzw. verhindert werden.

In den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) [FGSV 2010] werden für verschiedene Führungsformen des Radverkehrs exemplarische Querschnitte dargestellt. In Bild 78 der ERA wird die Mindestbreite für einen baulich getrennten, parallel zu einem Gehweg verlaufenden Radweg mit 2,50 m angegeben, um die Begegnung zweier Radfahrer zu ermöglichen. An Kfz-Fahrbahnen angrenzende Radstreifen sollten inklusive der Fahrstreifenbegrenzungen eine Breite von mindestens 1,85 m aufweisen. Bei einem hohen Kfz-Aufkommen, einer Höchstgeschwindigkeit von über 50 km/h oder einem hohen zu erwartenden Aufkommen von Fahrradanhängern sollte dieser Wert mindestens 2,00 m betragen. Schutzstreifen sollten eine Breite von mindestens 1,25 m, idealerweise 1,50 m aufweisen. Baulich angelegte Radwege im Seitenraum einer Straße, welche von der Fahrbahn durch Grünstreifen, Borde oder ähnliche Barrieren abgegrenzt sind, sollten eine Mindestbreite von 2,00 m, bei geringem Radverkehrsaufkommen 1,60 m aufweisen. Die erforderliche Breite kann durch Faktoren, wie Status einer Hauptverbindung, hohe Radverkehrsstärken, häufig auftretende Belastungsspitzen, intensive Seitenraumnutzung oder starkes Gefälle, erhöht sein. Gleichwohl wird festgestellt, dass in der Querschnittsgestaltung eine Kombination von Mindestmaßen zu vermeiden ist [FGSV 2010].

Die häufig für den Winterdienst auf baulich getrennten Radwegen eingesetzten Schmalspurfahrzeuge weisen i. d. R. eine Breite von etwa 1,30 m bis 1,70 m auf (s. Kapitel 2.4). Dadurch sind sie grundsätzlich dafür geeignet, auf den meisten den ERA entsprechenden baulich getrennten Radwegen zu operieren. Die Breite der zur Räumung verwendeten Werkzeuge (Pflug, Kehrwalze) ist je nach Modell unterschiedlich. Im Fall von horizontal rotierenden Kehrwalzen sind diese oftmals mit einem Mechanismus ausgestattet, welcher seitliche Bewegungen über die Breite des Fahrzeuges hinaus ermöglicht.

Bei sogenannten Protected-Bike-Lanes, also auf der Fahrbahn befindlichen aber durch eine Barriere vom motorisierten Verkehr getrennten Radstreifen, kann es zu Problemen bezüglich der Durchfahrtsbreite und beim Räumen von Schnee kommen, da der Schnee nicht über den Bordstein oder die bauliche Trennung geschoben werden kann. Außerdem läuft ggf. Schmelzwasser vom abgelagerten Schnee der Fahrbahn auf den Radweg und gefriert dort [HANKE 2019].

Wasser, welches nach Niederschlägen auf der Oberfläche eines Radwegs steht und nicht versickern oder abfließen kann, droht bei niedrigen Temperaturen zu gefrieren und ein großes Sicherheitsrisiko für Fahrradfahrer zu werden. Aus diesem Grund ist im Falle von Oberflächen, welche keine Versickerung von Niederschlägen ermöglichen, auf eine ausreichende Entwässerung Rücksicht zu nehmen. Gemäß der ERA sollte die Querneigung auf Radwegen in der Regel mindestens 2,5 % betragen. Eine erhöhte Querneigung von mindestens 3 % wird auf Decken mit geringer Ebenheit empfohlen. Die Querneigung sollte 4 % jedoch nicht überschreiten. Gemeinsame Geh- und Radwege sollten eine Querneigung von 2,5 % aufweisen. Bei baulich getrennten Radwegen (außerorts) erhalten Wege bei einer Decke aus Beton, Asphalt oder Pflaster eine einseitige Querneigung, bei wassergebundenen Decken ein Dachprofil. Aufgrund der Sturzgefahr sind offene Querrinnen zu vermeiden. Straßenabläufe sollten nicht im Bereich von Furten und Querungsstellen liegen, Schlitzte von Ablaufrosten sind quer zur Fahrtrichtung anzuordnen [FGSV 2010].

2.1.3 Baulast bei Radwegen und Radschnellverbindungen

Radschnellverbindungen sind Routen, welche auch über kurze Strecken hinaus eine durchgängige, schnelle und möglichst kreuzungsfreie Befahrung ermöglichen sollen. Im Fokus stehen dabei oftmals interkommunale Verbindungen, welche sich an der Verkehrsnachfrage des Pendler- und Freizeitverkehrs orientieren. In den Landesgesetzgebungen gibt es oftmals hierbei bezüglich Zuständigkeiten und Baulastträgerschaft einige Besonderheiten im Vergleich zu kommunalen Radwegeverbindungen. Auch in der strategischen Planung der Verkehrspolitik der Länder wird Radschnellverbindungen eine eigene Rolle zugewiesen.

Gemäß Straßengesetz Baden-Württemberg gehören nach § 3 (3) baulich getrennte Radwege, welche jedoch der Linienführung einer Straße nach § 3 (1) entsprechen und mit ihr im Zusammenhang stehen, zu dieser. Nach § 8 (1) gelten als Ortsdurchfahrten jene Teile von Landes- und Kreisstraßen, welche innerhalb einer geschlossenen Ortslage (in geschlossener oder offener Bauweise zusammenhängend bebaut) liegen und auch der Erschließung angrenzender Grundstücke und der Verknüpfung mit dem lokalen Straßennetz dienen. Gemäß § 43 (1) und (2) ist der Baulastträger für Landesstraßen das Land, für Kreisstraßen der jeweilige Land- oder Stadtkreis. Gemeinden sind nach § 44 Träger der Straßenbaulast der Gemeindestraßen, nach § 43 (3) ab einer Einwohnerzahl von 30.000 zudem für Ortsdurchfahrten im Zuge von Landes- und Kreisstraßen. Dies gilt entsprechend auch für Radschnellverbindungen, sofern sie nach § 3 (1) als Landes- oder Kreisstraße klassifiziert sind. Nach § 41 (1) ist es Aufgabe der Kommunen, Straßen (und somit ggf. Radschnellverbindungen) innerhalb der geschlossenen Ortslage (inkl. Ortsdurchfahrten im Zuge von Bundesstraßen) im Rahmen des Zumutbaren winterdienstlich zu betreuen. Stehen die Ortsdurchfahrten nicht in der Baulast der Gemeinde, unterstützen die Träger der Straßenbaulast die Gemeinde nach besten Kräften bei der Erfüllung der winterdienstlichen Pflichten, Kosten werden durch die Gemeinde nicht erhoben [StrBW 2021].

WICHMANN [WICHMANN 2018] beschreibt das Beispiel Nordrhein-Westfalen, wo eine spezielle Form der Übertragung von Winterdienstpflichten u. a. auf Radschnellverbindungen des Landes existiert. Nach § 2 S.1 StrReinG NRW können Kommunen den Winterdienst auf entsprechenden Verbindungen im Rahmen einer Ortsdurchfahrt dem Landesbetrieb Straßen NRW gegen Ersatz der anfallenden Kosten übertragen. Die Straßenbaulast bleibt davon im Übrigen unberührt, die Kommune bedient sich dabei bloß eines anderen (des Landesbetriebes Straßen NRW), um eigene Aufgaben zu erfüllen. Die Überwachungspflicht der Kommune besteht weiterhin. [WICHMANN 2018]

Auch in Baden-Württemberg können Radschnellverbindungen eine gesonderte Stellung einnehmen. Das Straßengesetz in Baden-Württemberg regelt nach § 1 die Rechtsverhältnisse auf öffentlichen Straßen (Bundesfernstraßen sind nur betroffen, sofern dies explizit erwähnt wird). In § 3 (1) wird u. a. eine Klassifizierung der Radschnellverbindungen vorgenommen [StrBW 2021]:

- Als Landesstraßen werden Radschnellverbindungen betrachtet, welche „eine regionale oder überregionale Verbindungsfunktion erfüllen und für die eine der Verkehrsbedeutung entsprechende Verkehrsnachfrage insbesondere im Alltagsradverkehr gegeben oder zu erwarten ist“.
- Als Kreisstraßen werden Radschnellverbindungen betrachtet, „die eine nähräumige und gemeindeübergreifende Verbindungsfunktion erfüllen und für die eine der Verkehrsbedeutung entsprechende Verkehrsnachfrage insbesondere im Alltagsradverkehr gegeben oder zu erwarten ist“.
- Als Gemeindestraßen werden alle Radschnellverbindungen betrachtet, „soweit sie nicht Landes- oder Kreisstraßen gemäß Nummer 1 Buchstabe b oder Nummer 2 Buchstabe b sind“.

Das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg hat Qualitätsstandards und Musterlösungen für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg veröffentlicht und verbindlich eingeführt. Dabei werden auch Vorgaben für den Winterdienst gemacht: „Radschnellverbindungen müssen Bestandteil des „Winterdienstnetzes“ sein.“ Außerdem soll die Räumung möglichst weitgehend mechanisch erfolgen, „so dass nur geringe Schneereste durch Streumittel bekämpft werden müssen“. [Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg 2022]

Im erläuterten Beispiel des Landes Baden-Württemberg ist also zusammenfassend festzustellen, dass für klassifizierte Radschnellverbindungen grundsätzlich die gleichen Regelungen gelten wie für analog klassifizierte Straßen des Kfz-Verkehrs. Die vorgegebenen Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen geben jedoch kaum Vorgaben zur Gewährleistung einheitlicher Verhältnisse in der winterlichen Befahrbarkeit. Insbesondere kleinere Kommunen, welche auch ohne die Baulastträgerschaft innerhalb der geschlossenen Ortslage für die winterdienstliche Betreuung von klassifizierten Radschnellverbindungen zuständig sind, verfügen selten über geeignete Fahrzeuge und Geräte zur Erfüllung dieser Pflichten. Ob die in diesem Fall vorgesehene Unterstützung durch den Träger der Straßenbaulast den Ansprüchen einer durchgehenden winterlichen Befahrbarkeit gerecht werden kann, ist zu prüfen.

Gemäß den Hinweisen zu Radschnellverbindungen und Radvorrangrouten [FGSV 2021b] sollten Radschnellverbindungen und Radvorrangrouten von Baulastträgern und Kommunen in jedem Fall als Bestandteil eines Winternetzes mit hoher Priorität eingeordnet und entsprechend geräumt und gestreut werden. Im Arbeitspapier (AP) Betrieb von Radverkehrsanlagen wird für den Betrieb von Radverkehrsanlagen, d.h. auch den Winterdienst, eine Priorisierung in Abhängigkeit von Netzbedeutung und Radverkehrsaufkommen empfohlen [FGSV 2021a]. Das Räumen und Streuen sollte möglichst vor Schulbeginn bzw. dem Beginn der morgendlichen Hauptverkehrszeit abgeschlossen sein. Angestrebt werden sollte eine durchgängige Befahrbarkeit zwischen 06:00 Uhr und 22:00 Uhr. Geräumter Schnee sollte abseits des Radweges abgelagert werden. [FGSV 2021b]

2.2 Literaturanalyse

2.2.1 Radverkehr unter winterlichen Bedingungen

In Deutschland ist ein Rückgang der Fahrradnutzung im Winter zu beobachten. Die Studie Mobilität in Deutschland [MiD 2017] beziffert den Radverkehrsanteil am Verkehrsaufkommen etwa im September mit 14 %, im Januar liegt dieser Wert jedoch nur bei 7 %. Zudem ist die durchschnittliche Wegelänge auf dem Fahrrad im Winter mit drei Kilometern deutlich kürzer als im Rest des Jahres [NOBIS 2019]. Die Studie stellt fest: „Kein anderes Verkehrsmittel hängt so stark von der Jahreszeit ab wie das Fahrrad“ [NOBIS 2019]

Der Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V. (ADAC) hat in einer Online-Umfrage über 4.000 Personen befragt, ob und wie sie auch im Winter das Fahrrad nutzen. Unter den Umfrageteilnehmern, welche auch im Winter das Fahrrad nutzen, gaben 49 % als Antwort auf die Frage „Was stört Sie beim Radfahren im Winter?“ die Sturzgefahr wegen Glätte und Rollsplitt an; dies war die mit Abstand am meisten genannte Antwort [MEYER 2020]. Eine Untersuchung zum Rad- und Fußverkehr im Winter in Auftrag der BASt stellt fest:

„Bisherige deutsche und internationale Befragungen zeigen, dass der Winterdienst auf Geh- und Radverkehrsanlagen von deren Nutzern überwiegend negativ bewertet wurde. Die eigenen Befragungen zeigen dagegen, dass der Winterdienst auf Gehwegen im gesamten Wohnort von der Hälfte der Befragten als gut eingeschätzt wurde, während dies für die Räumqualität auf Radwegen am Wohnort nur jeder zehnte Befragte angab.“ [BÄRWOLFF et al. 2019]

Eine Studie der Universität Alberta in Kanada untersuchte in einer Reihe qualitativer Interviews mit Radfahrern in der Stadt Edmonton, welche auch im Winter dieses Verkehrsmittel nutzen, welche Erfahrungen diese gemacht hatten und mit welchen Barrieren sie konfrontiert wurden. Die Autoren der Studie gehen als Resultat der Interviews davon aus, dass die Witterung entgegen häufigen Vermutungen für bereits im Winter fahrende Fahrradnutzer möglicherweise kein besonders großes Nutzungshemmnis darstellt. Stattdessen seien infrastrukturelle Verbesserungen, wie baulich getrennte sowie gut geräumte und gestreute Radwegeverbindungen, für diese Gruppe entscheidend. Außerdem seien unterstützende Maßnahmen, wie Aufklärung über das Radfahren im Winter und niedrigere Geschwindigkeiten auf von Radfahrern stark frequentierten Straßen, hilfreich [SHIRGAOKAR, GILLESPIE 2016]. Zwei Umfragen in Wien und dem österreichischen Bundesland Vorarlberg kamen zum Ergebnis, dass die drei größten Hürden der Fahrradnutzung im Winter die Unfallgefahr, die Kälte sowie der Zustand der Straßen und Radwege seien [BMVIT 2015].

HUDE [2022] vergleicht die Fahrradnutzung im Winter in den Niederlanden und Deutschland. Trotz sehr ähnlicher Witterungsbedingungen sei das Radverkehrsaufkommen in Deutschland vergleichsweise starken saisonalen Schwanken unterzogen. Radfahrende in Deutschland reagierten doppelt so stark auf Änderungen der Temperatur und der Tageslicht-Stunden. Bei einer mit den Niederlanden vergleichbaren Reaktion der Radfahrenden auf solche Einflüsse sei mit einem Anstieg des Radverkehrsaufkommens im Winter um etwa ein Drittel zu rechnen.

STAUB [2020] untersucht den Einfluss von meteorologischen Faktoren auf das Radverkehrsaufkommen in mehreren österreichischen Städten. Grundsätzlich seien bei niedrigen Temperaturen in allen untersuchten Städte Rückgänge beim Radverkehrsaufkommen zu beobachten. Allerdings sei der Grad der Abnahme lokal sehr unterschiedlich. Durch die unterschiedlichen lokalen Nutzergruppen und verschiedene Auswirkungen von Wetterparametern sei ein Vergleich zwischen Städten daher nur bedingt möglich.

FOSSUM und RYENG [2022] gehen auf Basis einer experimentellen Studie in Norwegen davon aus, dass Oberflächenzustände einen signifikanten Einfluss auf die Routenwahl von Radfahrenden haben. Insbesondere Ansammlungen von Schnee seien vermieden worden. Glätte auf Oberflächen habe seltener zu Änderungen der Routenwahl geführt, dies sei jedoch auch auf die im Teilnehmerfeld verbreitete Nutzung von Stollenreifen zurückzuführen.

AASVIK und BJØRNSKAU [2021] vermuten, dass sich insbesondere Radfahrerinnen durch schlechte Zustände der Radverkehrsinfrastruktur eingeschränkt fühlen.

2.2.2 Ziele, Leistungen und Besonderheiten des Winterdienstes auf Radwegeverbindungen

Die Zielsetzung und die Bedeutung des Winterdienstes allgemein werden im Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen wie folgt beschrieben:

„Der Winterdienst soll nach Möglichkeit die Glättebildung vermeiden, entstandene Glätte beseitigen oder ihre Auswirkungen auf den Verkehr minimieren. Er leistet damit einen hohen Beitrag zur Verkehrssicherheit und für die Volkswirtschaft.“ [FGSV 2020b]

Neben den Hauptarbeiten (Räumen und Streuen) sind im Rahmen des Winterdienstes folgende Vorleistungen auch außerhalb der Winterperiode notwendig [FGSV 2020b]:

- „Regelung der Zuständigkeiten und Verantwortung,
- Schulung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,
- Disposition von Vergaben und Einsätzen Dritter,
- Einsatzplanung,
- vorbeugender Schneeschutz,
- Straßenzustands- und Wetterinformationsdienst,
- Vorhaltung eines leistungsfähigen Fahrzeug- und Maschinenparks,
- Bevorratung von Streustoffen und die
- Einsatzdokumentation.“

Radverkehrswege müssen jedoch, je nach Führungsform, mit anderen Fahrzeugen, Techniken und Streumitteln winterdienstlich betreut werden als Straßen für den Kfz-Verkehr. Geringere Breiten der Verkehrswege, ein dünnerer Oberbau mit ggf. verschiedener Deckschicht, häufigere Hindernisse (s. Bild 2), für Räumfahrzeuge anspruchsvolle Linienführungen (s. Bild 3) sowie eine andere Belastungssituation der Flächen sind Gründe, warum eine gesonderte Vorgehensweise im Winterdienst erforderlich wird.



Bild 2: Hindernis auf einem neuen Radschnellweg [HANKE 2019]



Bild 3: Engstelle auf einem Radweg in Wien [NUTZ 2017]

HANKE [2019] stellt fest, dass beim Winterdienst an Verkehrswegen des Radverkehrs Straßenmeistereien und Kommunen vor erhebliche Herausforderungen gestellt werden, da die Anforderungen von denen an Straßen des Kfz-Verkehrs abweichen. Organisation, Fuhrpark und Streustoff-Anwendung müssten für Radwege gesondert vorgehalten werden. Zudem Sorge die Tatsache, dass viele Radwege nicht optimal für den Winterdienst ausgelegt seien, für Probleme bei der Räumung [HANKE 2019].

Im Rahmen einer niederländischen Studie wurde mithilfe von Sensoren an verschiedenen Stellen untersucht und verglichen, welche Oberflächentemperaturen Radwege und Fahrbahnen aufweisen. Die gemessenen Temperaturen des Radwegs lagen dabei im Durchschnitt 1 bis 2 °C unterhalb der Oberflächentemperatur der Fahrbahn. Als Ursachen hierfür werden zum einen bauliche Gründe aufgeführt (dünnerer Oberbau bei Radwegen), außerdem verliefen Radwege oft im Schatten und würden andere Oberflächenfarben aufweisen [POUWELS 2013]. Eine geringere Oberflächentemperatur kann bei entsprechender Witterung ein früheres Gefrieren von Wasser auf der Verkehrsfläche verursachen, deshalb ist nach dieser Studie das Risiko für Glätte auf Radwegen höher als auf Fahrbahnen des Kfz-Verkehrs.

Eine norwegische Studie untersuchte in der Stadt Trondheim durch Messungen des Wasserstandes auf der Oberfläche von Radwegen, wie der Salzbedarf für eine Streuung von der Querneigung und der Asphaltart beeinflusst wird. Die Messungen wurden an jeweils drei Stellen an den seitlichen Rändern sowie in der Mitte des Radwegs durchgeführt, somit

an neun Messpunkten. Das Ergebnis war die Erkenntnis, dass neuerer Asphalt etwa doppelt so viel Salz benötigte wie älterer Asphalt. Eine Begründung hierfür konnte nicht gegeben werden. Die Autoren gehen jedoch davon aus, dass die Art des Asphalts einen Einfluss auf die notwendige Streudichte hat, und älterer Asphalt aufgrund höherer Porosität von Wasser einfacher durchsickert werden kann. Bezüglich der Querneigung wird empfohlen, diese für einen geringeren Salzbedarf gleichmäßig anzulegen, um eine ausreichende Entwässerung zu gewährleisten [HUSA et al. 2018].

2.2.3 Winternetze für den Radverkehr

Bei begrenzten Kapazitäten im Winterdienst sollte die Festlegung eines zusammenhängenden Netzes mit den wichtigsten Fahrbeziehungen des Radverkehrs erfolgen. Die Prioritäten sollten sich ungeachtet der Straßenkategorien an der Bedeutung für den Radverkehr orientieren. Das Winternetz ist in der Öffentlichkeit bekannt zu machen. Neben der räumlichen sollte auch eine zeitliche Priorisierung stattfinden, damit z. B. Schulwege rechtzeitig geräumt sind [FGSV 2010]. Wichtig ist ein zusammenhängendes Netz. Zur Festlegung der Strecken können nicht nur Zählungen des Radverkehrs helfen, sondern auch Abstimmungen mit örtlichen Radverkehrsverbänden. Der Winterdienst auf den Radwegen sollte zeitgleich mit dem auf der Straße erfolgen. Die Räumung muss mit Schmalspurfahrzeugen erfolgen; eine entsprechende Befahrbarkeit sollte Voraussetzung für die Auswahl der Routen sein. Das Netz muss von allen Baulasträgern (oder beauftragten Unternehmen) nach einheitlichen Standards betreut werden. [HANKE 2019]

Beispiele für Winternetze des Radverkehrs werden in Kapitel 2.6 dargestellt.

2.2.4 Streustoffe

Grundsätzlich existieren zwei Arten von Streustoffen, welche im Winterdienst auf Oberflächen aufgebracht werden können: Abstumpfende Streustoffe sowie auftauende Streustoffe.

Abstumpfende Streustoffe bestehen meist aus natürlichen Materialien wie Sanden oder Splitten. Vereinzelt werden auch Nebenprodukte aus industrieller Produktion, etwa gebrochene Schlacke, eingesetzt. Abstumpfende Streustoffe werden durch die Einwirkung des Verkehrs mit der Oberfläche der Glätteschicht verzahnt. Bei Eis- und Reifglätte ist diese Art von Streustoffen jedoch nahezu wirkungslos. Die erforderliche Streudichte ist weitaus höher als bei auftauenden Streustoffen, außerdem ist für eine bessere Wirkung theoretisch ein größerer Anteil an scharfkantigen Partikeln erforderlich. Die Nutzung solcher abstumpfenden, insbesondere scharfkantigen Streustoffe auf Radwegen wird jedoch nicht empfohlen. Falls abstumpfende Streustoffe trotzdem genutzt werden, sollten diese bei Tauwetter schnell beseitigt werden, um bei neuerlichem Frost ein Festfrieren in den Spurrinnen zu verhindern [FGSV 2010].

Empfohlen werden dagegen auftauende Streustoffe. [FGSV 2010], dies sind Salze oder Salzlösungen, „welche die auf einer Verkehrsfläche vorhandene Glätte beseitigen oder ihr Auftreten verhindern, indem sie den Gefrierpunkt herabsetzen“ [WICHMANN 2018]. Dadurch wird vorhandenes gefrorenes Wasser in Form von Schnee oder Eis wieder flüssig, vorhandene Feuchtigkeit wird am Gefrieren gehindert. Hierfür eignen sich insbesondere Chloride, wie Natriumchlorid (NaCl), Calciumchlorid (CaCl₂) und Magnesiumchlorid (MgCl₂). Am preiswertesten und am häufigsten eingesetzt ist Natriumchlorid [FGSV 2020b].

Salz kann theoretisch auch in trockener Form ausgebracht werden. Es sollte allerdings zur Vermeidung von Wehverlusten bei der Streuung, zur Sicherstellung eines guten Streubil-

des und zur Optimierung der Wirksamkeit angefeuchtet (Feuchtsalz) oder in ganz flüssiger Form (Taufstoff-Lösung) ausgebracht werden. Ausbringen von reinem Trockensalz wird nur für Ausnahmefälle empfohlen [FGSV 2020b]. Das Anfeuchten von Trockensalz minimiert Streuverluste durch Verwehung, sorgt für gleichmäßige Verteilung sowie längere Haftung des Taufstoffes auf der Fahrbahn. Damit kann mit geringeren Streudichten gearbeitet werden, was aus ökologischen, wirtschaftlichen und verkehrlichen Gründen vorteilhaft ist. Die Bezeichnung des Streustoffes erfolgt nach dem Masseverhältnis Trockensalz zu Salzlösung (FS 30 entspricht 30 % Salzlösung, 70 % Trockensalz). Zum Anfeuchten können Lösungen von Natriumchlorid, Calciumchlorid oder Magnesiumchlorid verwendet werden. Bei vorbeugenden Streuungen mit FS 30 wird der Trockenstoff-Anteil durch Abtrocknung schnell durch den Verkehr in den Seitenraum befördert, daher sollte eine solche Streuung nur unmittelbar vor der erwarteten Glättebildung stattfinden [FGSV 2020b].

Im Vergleich zu Feuchtsalz bieten reine Salzlösungen (Sole, FS 100) eine gleichmäßigere Verteilung und längere Liegedauer, insbesondere bei vorbeugender Streuung und geringen Taufstoffmengen sind diese besonders geeignet. Solestreuung ist sinnvoll bei nicht allzu tiefen Fahrbahntemperaturen (bis ca. $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$) ohne zu erwartende große Niederschlagsmengen und Temperaturstürze. Präventives Streuen kann bei Schneefall oder Eisregen das Festbacken von Schnee oder Eis auf der Oberfläche verhindern. Die Ausbringung erfolgt über spezielle Düsenkonstruktionen, Sprühbalken oder Streuteller. Bei einer Ausbringung über einen Streuteller ist besonders auf die gleichmäßige Verteilung zu achten. Beim Ausbringen größerer Streudichten von CaCl_2 - und MgCl_2 -Lösungen ohne Festsalz-Anteil kann es unter bestimmten meteorologischen Bedingungen durch Bildung von Hydraten zu einer rutschigen Oberfläche kommen [FGSV 2020b]. Z. B. kam es in Berlin am 30.03.2022 zu zahlreichen Unfällen nach einem Präventiveinsatz mit CaCl_2 -Lösung [Berliner Zeitung 2022].

Auf Radwegen ist nach HANKE [2019] das Ausbringen von reiner Sole die optimale Streutechnik. Wenn diese nicht verfügbar ist oder die Temperaturen sehr niedrig sind, kann auch Feuchtsalz eingesetzt werden. Auf Trockensalz sollte allerdings möglichst verzichtet werden. Voraussetzung dafür sei zunächst eine möglichst vollständige Räumung der Flächen, um minimale Streumengen zur Glättebekämpfung zu ermöglichen. Außerdem sollte der Einsatz moderner Streutechniken gewährleistet sein, um den Streustoff gezielt und in korrekter minimaler Dosierung auszubringen. Die Kombination aus Besenräumung und Solesprühung habe sich sehr positiv (in Bezug auf die Wirkung auf den Radverkehr und die Verkehrssicherheit) bewährt, insbesondere in Skandinavien, den Niederlanden und Österreich. In Deutschland hat man u. a. in Hannover positive Erfahrungen mit der Solesprühung auf Radwegen gemacht. [HANKE 2019]

Bei der Wahl der auf Radwegen aufzubringenden Streustoffe spielt der ökologische Aspekt ebenfalls eine Rolle. Nach HANKE [2019] wären aus ökologischer Sicht zum Schutz des Begleitgrüns prinzipiell abstumpfende Streustoffe geeignet; weshalb ökologisch orientierte Radfahrer lange Zeit den Einsatz auftauender Streustoffe abgelehnt hätten. Neben den praktischen Nachteilen sei jedoch heute bekannt, dass bei maßvoller Dosierung und mit moderner und effizienter Streutechnik auftauende Streustoffe nicht umweltschädlicher seien als abstumpfende Streustoffe [HANKE 2019].

Ökobilanzen umfassen Umweltauswirkungen von Stoffen über ihren gesamten Lebenszyklus. Sowohl abstumpfende als auch auftauende Streustoffe sind eine Belastung für die Umwelt, Maßnahmen zur Reduzierung des Einsatzes sind also notwendig. Im Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen wird hierzu festgestellt: „Bezogen auf den Bedarf zur Streuung einer definierten Straßenfläche sind die ökologischen Auswirkungen der Splitt-

Streuung höher als bei der Salzstreuung, wobei Feuchtsalz ökologisch eine bessere Bilanz aufweist als die Trockensalzstreuung. Nach den durchgeführten Ökobilanzen sollte die Verwendung von abstumpfenden Streustoffen auf Gehwege begrenzt sein.“ [FGSV 2020b] Abstumpfende Streustoffe sind nicht umweltfreundlicher als auftauende Stoffe, wenn letztere mit moderner Streutechnik in geringer Menge verwendet werden. Insbesondere Blähton weist eine sehr schlechte Ökobilanz auf. Daher ist es die sinnvollste Lösung, auftauende Streustoffe auf Radwegen auszubringen, wenn dort gestreut werden soll [HANKE 2019].

Gemäß dem Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen kann die Dosierung von auftauenden Streustoffen auf Fahrbahnen im Allgemeinen nicht pauschal festgelegt werden, sondern ist von Parametern wie der Glättesituation und der Temperatur abhängig. Bei kurativer Streuung (nach der Glättebildung) ist eine etwa doppelte Menge von Streustoffen im Vergleich zur präventiven Streuung erforderlich. In Bild 8 des Merkblatts wird eine tabellarische Aufstellung empfohlener Streudichten sowie möglicher winterdienstlicher Maßnahmen abgebildet. Dabei werden die Parameter der Glättesituation sowie der Temperatur berücksichtigt und jeweils Streudichten für Feuchtsalz (FS 30) in g/m^2 und reines Flüssigsalz (FS 100) in ml/m^2 angegeben. Die Dosierung ist dabei auch von der jeweiligen Winterdienst-Maßnahme (etwa vorbeugender Einsatz oder nachträgliche Glättebeseitigung) abhängig, in den meisten Fällen wird eine Flüssigstreuung bei Temperaturen von unter $-6\text{ }^\circ\text{C}$ nicht empfohlen. Es kann festgestellt werden, dass unter vergleichbaren Bedingungen bei der Flüssigstreuung eine um 33 bis 50 % reduzierte Salzmenge notwendig ist gegenüber der Ausbringung von Feuchtsalz [FGSV 2020b].

Im Winter 2013/2014 wurde in Hannover auf Radwegen testweise (auf bestimmten Strecken) in einem Spektrum von 15 bis $20\text{ ml}/\text{m}^2$ Sole ausgebracht. Dies entspricht bei einer 22-prozentigen Solemischung einer Salzmenge von ca. 3,3 bis $4,4\text{ g}/\text{m}^2$. Im Mittel wurden $15\text{ ml}/\text{m}^2$ Sole gestreut. Da viel nachgearbeitet werden musste, was zu logistischen (und wirtschaftlichen) Problemen führte, wird diese Menge als zu gering angesehen. Als unter den meisten Bedingungen ideal wird die Ausbringung von $30\text{ ml}/\text{m}^2$ Sole angesehen, dies entspricht $6,6\text{ g}/\text{m}^2$ Salz. Mit Trockensalz waren im Vergleich mindestens $20\text{ g}/\text{m}^2$ notwendig. Eine Salzeinsparung von 67 % bei gleich guter Radwegpräparation war somit möglich, diese Einsparung verringert sich beim Vergleich von Solestreuung gegenüber Feuchtsalz FS 30 [HEBERLEIN 2017].

Neben herkömmlichen auftauenden Streustoffen wird vereinzelt die Ausbringung alternativer Streustoffe untersucht und getestet. Dabei handelt es sich i. d. R. entweder um organische Stoffe oder Reste industrieller- oder agrarischer Produktion.

TERRY et al.[2020] untersuchen die Effektivität und Auswirkung von verschiedenen organischen Taustoffen auf Agrarbasis sowie Acetate, Formiate, Glykole und Succinate. Sie stellen fest, dass für organische Taustoffe der erhöhte biochemische Sauerstoffbedarf (BOD) durch Zersetzung der Taustoffe und die daraus resultierende Reduzierung gelösten Sauerstoffs das aus ökologischer Sicht größte Problem darstellt. Bei Taustoffen auf Agrarbasis und Glykol-Produkten sei kaum ein negativer Effekt hinsichtlich Korrosion und Auswirkung auf die Infrastruktur festgestellt worden, bei Acetaten und Formiaten sei dieser jedoch größer als bei herkömmlichen auftauenden Streustoffen gewesen. Unter allen untersuchten Stoffen wird agrarbasierten Taustoffen das größte Potenzial zugewiesen, allerdings seien hier weit mehr Praxisversuche notwendig.

Im Rahmen des FE-Vorhabens E-WIN [HiCCCE GmbH 2022] wurden neben NaCl alternative tauende Streustoffe im Labor bzgl. ihrer Wirksamkeit analysiert. Im Ergebnis weisen Kaliumacetat, Kaliumformiat und Natriumformiat eine ähnliche Wirksamkeit hinsichtlich der Tauleistung wie NaCl auf. Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) hat hingegen eine deut-

lich geringere Tauleistung. Der Eutektische Punkt von Harnstoff liegt bei $-11,5\text{ °C}$ und ist damit deutlich höher als der der anderen analysierten Streustoffe, so dass es bei tieferen Temperaturen nicht wirkt. Kaliumcarbonat ist als gefährlicher Abfallstoff klassifiziert, so dass es für die praktische Anwendung nicht sinnvoll ist [ZANTIS 2020]. Im Rahmen einer Ökobilanzierung wurden diese Streustoffe hinsichtlich Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Ozonbildungspotenzial und Primärenergiebedarf bewertet, wobei neben der Streustoffherstellung nur die Ausbringung berücksichtigt wurde. Im Ergebnis wird deutlich, dass die bilanzierten Potenziale fast ausschließlich aus der Herstellung resultieren. Im Ergebnis weisen alle bilanzierten alternativen Taustoffe erheblich schlechtere Bilanzierungsparameter als NaCl auf, beispielsweise ist das Treibhauspotenzial 10- bis 100-mal so hoch, auch die anderen Potenziale sind in ähnlicher Größenordnung [LIßNER et al. 2022]. Im Ergebnis lassen sich aus diesen beiden veröffentlichten Teiluntersuchungen keine Hinweise erkennen, dass mit den untersuchten alternativen Streustoffen Vorteile verbunden sind.

2.2.5 Beheizte Radwege als Alternative zum Winterdienst

Als Alternative für eine ganzjährige Befahrbarkeit von Radwegen werden vereinzelt Pilotprojekte mit beheizten Radwegen getestet. Durch die Möglichkeit der beheizbaren Radwege soll zukünftig der Einsatz von Streustoffen reduziert oder sogar gänzlich darauf verzichtet werden. Diese Art der Radführung begünstigt nicht nur die ganzjährige Befahrbarkeit der Radwege, sondern kann zugleich langfristig gesehen eine ökologische und wirtschaftliche Entlastung aufgrund weniger Einsatz von Streustoffen darstellen. Beispielhaft bleibt in der niederländischen Stadt Wageningen eine Wegestrecke von 50 m im Winter durch eine Radwegheizung dauerhaft frei von Eis und Schnee. Dies funktioniert durch eine konstante Temperatur der Oberfläche. Dazu werden keine hohen Temperaturen benötigt, für die ein hoher Energieaufwand benötigt wird. Vielmehr reicht eine Temperatur von ca. 5 °C bereits aus, um rückstandslos die Oberfläche von Schnee und Eis freizuhalten. Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Umsetzung eines beheizten Radweges. Die Stadt Wageningen arbeitet mit wärmespeichernder Flüssigkeit, welche sich klimaneutral, z. B. durch erneuerbare Energien, im Sommer aufheizt und im Winter diese Wärme wieder an die Oberfläche abgibt. Die Flüssigkeit wird nach der Aufwärmphase durch Pumpen ca. 150 m tief weitergeleitet und im Winter in die Rohre direkt unterhalb des Radweges gepumpt [DÜRR 2016].

Eine weitere Möglichkeit für beheizte Radwege sind sogenannte Heizschleifen im Boden, welche in Verbindung mit erneuerbaren Energien CO_2 -neutral betrieben werden kann. Die Stadt Tübingen hat ein solches Pilotprojekt auf einer Radbrücke über einen Fluss umgesetzt, um so auch die Belastung des Gewässers durch Taustoffe zu vermeiden. Diese Heizschleifen im Boden sollen durch gezielte Wärmesteuerung eine konstante Temperatur in den Wintermonaten ermöglichen und somit, wie auch bei dem Beispiel in den Niederlanden, eine schnee- und eisfreie Oberfläche schaffen. Bei geringen Temperaturen springt die Heizung der Brücke an und hält die Temperaturen über dem Gefrierpunkt [HUBER 2021].

2.2.6 Korrosion als Folgeschaden der Radnutzung im Winter

Der Begriff Korrosion beschreibt die Folgen der Einwirkung u. a. von elektrochemischen Reaktionen, z. B. durch gelöste Salze aus auftauenden Streustoffen an metallischen Werkstoffen. Durch die Korrosion wird die Nutzung dieser Materialien gemindert und sogar teilweise unbrauchbar. Da die Reaktionsgeschwindigkeit der Korrosion recht langsam voranschreitet, ist die Verwendung zwar noch möglich, wirtschaftlich entsteht aber bereits zu Beginn ein Schaden. Diese Auswirkung der Korrosion ist speziell im Radverkehr ein Problem. Fahrräder sind häufig von Korrosion an wichtigen Elementen befallen. Dadurch

entstehen neben möglichen Unfällen aufgrund unzureichender Gebrauchstauglichkeit der Materialien auch kostenspezifische Nachteile im Alltag. Speziell in den Wintermonaten zeigt sich, dass durch die Ausbringung von auftauenden Streustoffen (NaCl) auf den Radwegen die Korrosionswirkung deutlich verstärkt wird. Die durch Korrosion betroffenen Metallelemente des Fahrrads wie z. B. der Rahmen, die Kette und auch die Räder, sind häufig stark dadurch beeinflusst und teilweise unbrauchbar für eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr [SPECKHARDT, GUGAU 2005].

Neben den genannten ökologischen Gründen ist es daher notwendig, die ausgebrachten Streumengen von Feuchtsalz bzw. Sole auf das in Abhängigkeit von Fahrbahnzustand und Temperatur notwendige Maß zu minimieren. Weiterhin ist der mögliche Einsatz alternativer Streustoffe in Praxisversuchen zu analysieren, um die Korrosionswirkung zu reduzieren [Bund Naturschutz in Bayern e. V. 2022].

2.3 Winterdienstpraxis

2.3.1 Umfang des Winterdienstes

Zur erfolgreichen Förderung des Radverkehrs in den Wintermonaten bedarf es einer ausgeprägten Kenntnis über die unterschiedlichen Faktoren, welche den Radverkehr speziell in den Wintermonaten beeinflussen. Diese Kenntnis bezieht sich auf die eigentliche Durchführung des Winterdienstes, wie z. B. die Räumung der Straßenflächen und Radwege, das Streuen unterschiedlicher Streustoffe, sowohl als präventive Maßnahme als auch als zusätzliche Maßnahme nach der Räumung, und auf die entsprechenden Ressourcen [NISKA, BLOMQVIST 2018b]. Auf Grund der oft unterschiedlichen Gegebenheiten speziell auf Radverkehrsrouten, wie z. B. wechselnde Breiten, stetig ändernde Oberflächen, Hindernisse und Einbauten, sind vor allem die notwendigen Ressourcen zur ordnungsgemäßen Winterdienstreinigung eines der Hauptprobleme in vielen Städten und Gemeinden. Um die oft schmalen und unterschiedlichen Radverbindungen von Schnee, Eis und Glätte freizuhalten, benötigt man daher spezielle Winterdienstfahrzeuge [BMVIT 2015].

Nach WICHMANN [2018] sind die kommunalen Winterdienstpflichten gemäß geltender Rechtsprechung auf die Hauptverkehrszeiten begrenzt. Diese bezieht sich auf das individuelle Verkehrsbedürfnis sowie die Verkehrswichtigkeit und Gefährlichkeit der betreffenden Strecke, liegt jedoch an Werktagen i. d. R. zwischen 07:00 Uhr und 20:00 Uhr. An Sonn- und Feiertagen ist dieser Zeitraum kürzer. Die Rechtspflicht, den Hauptverkehrsverkehr zu sichern, setzt voraus, dass die winterdienstlichen Tätigkeiten rechtzeitig beginnen und vor Beginn der Hauptverkehrszeit abgeschlossen sind. Aus der Rechtsprechung ergibt sich aus Gründen der Zumutbarkeit keine generelle Pflicht für Kommunen, vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen. Winterdienstpflichten werden immer durch eine konkrete Gefährdung oder außergewöhnliche Umstände bedingt. Daher ist ein vorbeugendes Streuen etwa nur erforderlich, wenn zu einem bestimmten Zeitpunkt an einer gefährlichen Stelle Glatteis konkret zu erwarten ist. Unvorhersehbaren Gefahren ist hingegen nicht vorzubeugen. Die rechtlichen Anforderungen insbesondere an kleinere Kommunen bezüglich Schnelligkeit des initialen Einsatzes sowie wiederholtem Streuen und Räumen im Winterdienst allgemein bezeichnet WICHMANN als eher gering. Die Rechtsprechung besagt, dass aus Gründen der Zumutbarkeit eine gewisse Reaktionszeit gewährt wird. Teilweise abhängig von der aufgetretenen Glättesituation bewegt sich die in den meisten Rechtsprechungen geforderte Reaktionszeit zwischen 15 Minuten und 40 Minuten, wobei letztere bereits eine 30-minütige Beobachtungszeit umfasst. Bei besonderen Witterungssituationen, bei denen

eine Glättebildung unmittelbar zu erwarten ist, besteht nach HANKE [2022] sogar eine Pflicht zum vorbeugenden Streuen.

Eine juristisch festgelegte Winterdienstsaison existiert nach WICHMANN nicht, der Zeitraum für die Erhaltung der Einsatzbereitschaft muss von den Kommunen auf Erfahrungsbasis eingeschätzt werden. Als Anhaltspunkt kann der Winterzeitraum nach dem Deutschen Wetterdienst (15.10. - 15.04.) gelten, ein Beginn der Bereitschaft erst ab November schätzt WICHMANN jedoch als haftungsträchtig ein. [WICHMANN 2018]

Als angestrebtes Ziel der ordnungsgemäßen Winterdienstreinigung auf Radverkehrsrouten hat sich speziell in Deutschland die sog. Schwarzräumung etabliert. Dabei wird das Ziel einer vollständig von Schnee und Eis befreiten Oberfläche auf Radverkehrsrouten dauerhaft verfolgt. Ausschlaggebend für diese Zielsetzung ist die Minimierung der Unfallgefährdung der Radverkehrsteilnehmer, aber auch eine wirtschaftlich, politisch und umwelttechnisch vertretbare Räumung dieser Radverkehrsrouten [QUACK et al. 2004].

Diese sog. Schwarzräumung wird nach der entstandenen Menge, sprich der Liegehöhe der Schneemasse, bis zu einer bestimmten Höhe am besten durch Kehrwalzen erzielt. Der Einsatz von Pflügen wird demnach besonders bei größeren Schneemassen benötigt und kann als erste Räumung dienen. Ein zusätzlicher Vorteil in der politisch, wirtschaftlich und auch umwelttechnischen Betrachtung ist, dass aufgrund der Reinigungsleistung der Kehrwalze weitgehend oder sogar vollständig auf das Austragen zusätzlicher Streustoffe verzichtet werden kann [HANKE 2019]. Jedoch besteht die Möglichkeit, Streustoffe als zusätzlichen Schutz oder auch als Präventivmaßnahme im Einsatz gegen Schnee und Eis auszubringen.

2.3.2 Organisation

Als Beispiel für die Relevanz eines gut geplanten und organisierten Winterdienstes nennt WICHMANN [2018] die in Deutschland besonders kalten und schneereichen Winter 2009/2010 sowie 2010/2011. Neben der Salzversorgung stellte sich die Beseitigung großer Schneemengen durch Mangel an Material und Organisation als Problem heraus. Städte orientieren sich folglich bei Räum- und Streuplänen nun an den Anforderungen eines Extrem-Winters und haben in vielen Fällen erstmals Räumpläne für Nebenstraßen erarbeitet. Auch die Prioritäten in den Plänen wurden überarbeitet. 40 % der Städte setzen auf Radwegen nun mehr Fahrzeuge im Winterdienst ein, auch schmale Fahrzeuge mit Schneepflügen. Einige Kommunen haben einen eigenen Schneeabfuhrplan aufgestellt. Teilweise wurden auch Handräumdienste verstärkt und neu organisiert. Mittels stärkerer Mechanisierung soll etwa die Effektivität des Winterdienstes im Bereich der Geh- und Radwege gesteigert werden. Teilweise wurden eigene Räumpläne für die schwer zu räumenden Haltestellenbuchten im Fahrbahnbereich aufgestellt [HANKE 2013].

Für die korrekte Durchführung des Winterdienstes ist gut geschultes Personal unerlässlich. Inhalt von Schulungen, welche regelmäßig abgehalten werden sollten, müssen die Einschätzung der Witterungssituation, die Grundlagen der Glättebekämpfung und die richtige Umsetzung der anerkannten Methoden und Techniken im Winterdienst sein. Ausführliche Empfehlungen zur Schulung des Personals im Winterdienst finden sich in der VKS-Informationsschrift Nr. 62 „Schulung für den Winterdienst“ [FGSV 2015b].

Dienstanweisungen, Räum- und Streupläne

Nach WICHMANN [WICHMANN 2018] sind für den Winterdienst Dienstanweisungen, Streupläne und Streubücher zu führen. Dienstanweisungen enthalten demnach Informationen dazu, wo und in welchem Umfang Tätigkeiten durchzuführen sind. Der Grad

der Detaillierung richtet sich dabei nach „der Hierarchiestufe des Adressanten sowie der Gefährlichkeit seiner Tätigkeit.“ Räum- und Streupläne stellen einen Unterfall der Dienst-anweisung dar. Sie sind Organisationspläne, welche „den Einsatz der Fahrzeuge, Geräte und des Personals nach den Vorgaben des kommunalen Winterdienstes regeln und diesen einen Bezirk sowie eine Route zuweisen“. Festgelegt werden sollten darin nach WICHMANN ebenfalls Erreichbarkeit, Vertretungen in Krankheitsfällen und, um Haftungsrisiken zu vermeiden, welche Stellen wann zu bearbeiten sind. Außerdem müsse der Plan den Zeitrahmen für Winterdienstmaßnahmen nennen. Es müssen dabei auch Prioritäten anhand der Gefahren bei bestimmten Witterungen gesetzt werden. Es sollte stets geprüft werden, ob der Plan noch auf dem neuesten Stand ist [WICHMANN 2018].

Einsatzdatenerfassung

Bei der Durchführung von Winterdiensteseinsätzen ist es unerlässlich, bestimmte Einsatzdaten zu erfassen. Nach WICHMANN [2018] ist keine bestimmte Form der Einsatzdatenerfassung vorgeschrieben. Sei eine Aufzeichnung von Daten während des Einsatzes nicht möglich, so könne sie auch unmittelbar im Anschluss getätigt werden; vor Gericht sei dies bislang nie beanstandet worden. Möglich ist außerdem die Einsatzdatenerfassung unter Nutzung eines Satellitensystems, wie GPS oder des europäischen Systems Galileo. Vorteile einer automatisierten Einsatzdatenerfassung sind der Schutz vor Manipulationen, die Nachverfolgbarkeit der gefahrenen Route, die lückenlose Aufzeichnung der Tätigkeiten (z. B. Räumen und Streuen) und ggf. die Aufzeichnung der Straßenverhältnisse.

Bestimmte Systeme ermöglichen eine umfassende Live-Übertragung von Einsatzdaten, welche durch eine Vernetzung aller Fahrzeuge mit der Einsatzzentrale eine elementare Grundlage für eine effiziente Winterdienststeuerung darstellt und aufgrund der Nachverfolgbarkeit eine praktische Methode zur Leistungskontrolle beauftragter Dienstleister ist (s. Kapitel 2.1.1.4). Live-Daten können zudem zur Information der Bürger über den Räumstatus bestimmter Strecken genutzt werden, dies wird etwa in der finnischen Stadt Oulu praktiziert [PIRINEN, MÄENPÄÄ 2020].

2.3.3 Qualitätsmanagement

Qualitätssicherungsmaßnahmen sind in allen Stufen der Planung, Bauausführung und dem Betrieb von Radverkehrsanlagen notwendig. Die eingesetzten Methoden und Verfahren können nach den ERA wie folgt für den Radverkehr spezifiziert werden:

1. Beschwerdemanagement: Systematische Annahme, Bearbeitung und Auswertung von Beschwerden. Bewährt sind gedruckte Mängelbögen und Eingabemasken auf einer Website. Die Abarbeitung wird durch eine Mängeldatenbank erleichtert.
2. Benchmarking: Vergleich mit anderen Kommunen und Orientierung an Best-Practice-Beispielen
3. Qualitätsberichte: Jährlicher Nachweis mit verschiedenen Parametern, z. B. Unfallentwicklung, Radverkehrsanteile im Modal Split und Zufriedenheit der Radfahrenden [FGSV 2010]

In den ERA wird zudem ein Überblick über konkrete Abläufe und Verfahren im Qualitätsmanagement gegeben (s. Bild 4).

Schritte	Leitfragen	Verfahren/Methoden
1. Erhebung des Zustandes und der Anforderungen	Wo stehen wir?	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung und Messung objektiver Kenngrößen - Benchmarking - Bewertung durch Experten - Befragung von Nutzern - Auswertung von Beschwerden und Mängelhinweisen
▼		
2. Festlegung von Qualitätszielen	Wohin wollen wir?	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines Leitbildes - Formulierung messbarer Ziele
▼		
3. Festlegung von Prozessen und Verantwortlichkeiten	Wie machen wir es?	<ul style="list-style-type: none"> - Definition von Aufgaben und Kompetenzen innerhalb der Verwaltung - Beschreibung von Verfahrensabläufen - Festlegung eines Kommunikations- und Koordinationskonzeptes - Formulierung eines Maßnahmenplans mit Prioritätenliste und Zeitplans
▼		
4. Bereitstellung von Ressourcen	Womit machen wir es?	<ul style="list-style-type: none"> - Bereitstellung von Personalmitteln - Bereitstellung von Sachmitteln - Qualifizierung der Mitarbeiter - Sicherstellung der Finanzierung
▼		
5. Kontrolle der Prozesse und Leistungen	Machen wir es richtig?	<ul style="list-style-type: none"> - Laufende Kontrolle von Projekten - Wirkungsermittlung von Maßnahmen - Beschwerdemanagement - Zustandserhebungen (wie im Schritt 1)
▼		
6. Verbesserung	Wie machen wir es besser?	<ul style="list-style-type: none"> - Qualitätsberichte - Analyse der Kontrollergebnisse - Weiterentwicklung der Schritte 1 bis 5
▼		
Weiter mit Schritt 1		

Bild 4: Abläufe und Verfahren des Qualitätsmanagements im Überblick gemäß ERA [FGSV 2010]

Ein weiteres in den ERA empfohlenes Verfahren zur Qualitätssicherung ist das BYPAD-Verfahren (Bicycle Policy Audit). Das mit Unterstützung der EU entwickelte prozessorientierte Audit-Verfahren soll unter Beteiligung aller Stakeholder Informationen vermitteln und zur Kooperation anregen [FGSV 2010]. BYPAD wurde von einem internationalen Experten-Konsortium entwickelt und basiert auf erfolgreichen Best-Practice- Maßnahmen europäischer Städte. Ziel ist es, Stärken und Schwächen zu identifizieren und Vorschläge zur Verbesserung zu erarbeiten. Dabei werden neun Module in der Qualitätskette betrachtet, welchen eine Entwicklungsstufe zugeordnet wird. Radverkehrspolitik wird dabei als „dynamischer Prozess“ betrachtet, mit ständiger Weiterentwicklung und Vernetzung der Themenfelder [Forschungsgesellschaft Mobilität 2020].

Das „kommunale Sicherheitsmanagement“ zur Gefahrenabwehr beinhaltet nach WICHMANN die Elemente der Anweisungs-, Auswahl-, Schulungs-, Überwachungs- und Dokumentationspflichten. Eine klare Zuweisung von Zuständigkeiten, Anleitung, Schulung und (mindestens stichprobenartige) Überwachung des Personals sind hierbei erforderlich. Ausgegebene Dienst-, Arbeits- und Kontrollanweisungen sind aktuell zu halten, erfolgte Aktionen müssen sorgfältig dokumentiert werden. [WICHMANN 2018]

Um ein schnelles Feedback von Bürgerinnen und Bürgern zu erhalten, haben viele Kommunen, etwa Karlsruhe (s. Kapitel 3.2.1), direkte Kanäle zum Einreichen von Feedback, Hinweisen und Kritik eingerichtet, etwa in Form von Apps oder Websites.

Neben den vorgenannten Methoden zur Qualitätssicherung sind speziell für den Winterdienst Qualitätsstandards in der DIN/TS 1108-5 „Dienstleistungen in der Abfall- und

Wertstofflogistik, Straßenreinigung und im Winterdienst - Teil 5: Winterdienst“ [DIN 2020] zusammengestellt, die als Grundlage der vertraglichen Vereinbarungen zwischen Auftraggeber und Dienstleister dienen.

2.3.4 Öffentlichkeitsarbeit und Maßnahmen zur Motivation

Das österreichische Ministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) nennt die in Tabelle 1 zusammengestellten Maßnahmen, um Radfahrende zur Nutzung des Fahrrads auch im Winter zu motivieren und über das betreute Winternetz zu informieren:

Bewusstseinsbildung bei Pkw- Nutzern
„Im Rahmen der Winter-Radverkehrsförderung sollten auch Pkw-LenkerInnen adressiert werden. Denn rücksichtsloses Verhalten einiger AutofahrerInnen, z. B. durch zu wenig Abstand beim Überholen oder zu spätes Bremsen auf glatter Fahrbahn, sind zentrale Hürden des Winterradelns. Mehr gegenseitige Rücksichtnahme im Straßenverkehr, sowohl von Pkw-LenkerInnen als auch von RadfahrerInnen, ist daher wichtig.“
Informationen zum Winternetz als Karte bereitstellen
„Wenn nicht das gesamte Radwegenetz prioritär geräumt werden kann, dann empfiehlt sich, ein sogenanntes Winterbasisnetz zu definieren. Damit die RadfahrerInnen die Winter Routen gut finden, sollte dieses Netz mindestens als Karte verfügbar sein. Wenn möglich empfiehlt es sich, dieses Netz in bestehende interaktive Karten, Online-Radroutenplaner oder Navigations- Apps zu integrieren.“
Live-Informationen zum Räumstatus
„Räumfahrzeuge können mit GPS-Geräten ausgestattet werden, sodass ihre Route live nachverfolgt werden kann. Dies dient nicht nur dem internen Qualitätsmanagement, sondern ermöglicht auch, eine Schnittstelle mit Navigationsgeräten zu bilden. In Salzburg besteht derzeit die Idee, die GPS-Daten der Raumfahrzeuge live in der Navigations-App der Stadt anzuzeigen und auf diese Weise den RadfahrerInnen zu zeigen, welche Routen bereits von Schnee und Eis befreit sind.“
Tipps zum Radfahren im Winter verbreiten
„Wie kann ich mich und mein Fahrrad fit für den Winter machen? Gerade für NeueinsteigerInnen, die das erste Mal im Winter fahren, sind praktische Tipps und Tricks hilfreich. Es geht um einfache, klare Botschaften wie „Winterreifen sorgen für mehr Griff auf der Straße oder „im Winter die Kette öfters ölen“. Ihre Gemeinde sollte solche Tipps gut sichtbar auf die Website stellen oder als Broschüre verbreiten.“

Tab. 1: Maßnahmen zur Information und Motivation [BMVIT 2015]

2.4 Marktanalyse

2.4.1 Trägerfahrzeuge

Nicht nur die Fahrbahn, sondern vor allem die Radwege werden immer bedeutsamer, wenn es um Winterdiensteinsätze geht. Radwegeverbindungen unterscheiden sich jedoch deutlich in den Breiten und sonstigen Kriterien, wie Höhe, zu befahrende Räder und Lastaufnahme gegenüber der Fahrbahn. Aufgrund des konstruktiven Aufbaus der Radwege, welche nicht auf Kfz-Verkehrsflächen geführt werden, stellt die Lastaufnahme der Oberfläche eines der wichtigsten Entscheidungskriterien bei der Auswahl der Winterdienstfahrzeuge dar. Radwege sind aufgrund ihrer Nutzergruppe auf deutlich geringere Belastungen und maximale Lasten ausgelegt, weshalb sich zum einen der Aufbau der Radwege von den sonstigen Verkehrsflächen unterscheidet und zum anderen das Gesamtgewicht der Winterdienstfahrzeuge ein wichtiges Auswahlkriterium ist.

Bei der Betreuung der Radwege werden daher hauptsächlich Kleinfahrzeuge, wie z. B. Schmalspurfahrzeuge oder Kleintraktoren verwendet, die die vorgegebene Maximallast der Radverbindungen nicht überschreiten. Schmalspurfahrzeuge sind deutlich kleinere Winterdienstfahrzeuge mit der gleichen Technik und Ausstattung wie die Großfahrzeuge. Aufgrund der deutlich kleineren Abmessungen und der geringeren Gesamtlast der Fahrzeuge sowie breiter Radaufstandsflächen sind Schmalspurfahrzeuge bestens für die Radwege geeignet.



Bild 5: Schmalspurfahrzeug der AWB Köln (Bild: AWB)

Bild 5 zeigt ein solches Schmalspurfahrzeug der Stadt Köln; es ist ausgestattet mit einer Kehrwalze als Frontanbaugerät und einer Streumaschine als Heckaufbaugerät zur Ausbringung von Streustoffen. Die Hersteller und Firmen erfüllen bei Ihren Schmalspurfahrzeugen oder auch Multifunktionsfahrzeugen die entsprechenden Voraussetzungen, um einen ordnungsgemäßen Winterdienst auf Radverkehrsrouten zu gewährleisten. Die Unterscheidung findet hauptsächlich in den technischen Angaben, wie Länge, Breite, Wendekreis und Gewicht statt. Aufgrund dessen klassifizieren viele Firmen bei den Schmalspurfahrzeugen nochmals bei den Modellen und bieten somit mehrere Fahrzeuge mit unterschiedlichen technischen Daten und Ausstattungen auf dem Markt an (vgl. Anhang 2).

Der Vorteil der Multifunktionsfahrzeuge ist es, bei Bedarf die Fahrzeuge den entsprechenden Aufgaben anzupassen. Somit ist das Schmalspurfahrzeug nicht nur im Winter mit dem Schneepflug oder der Kehrwalze im Winterdienst im Einsatz, sondern kann auch in den sonstigen Jahreszeiten den saisonalen Herausforderungen angepasst werden [BMVIT 2015]. Dies hat nicht nur Kostenvorteile in der Anschaffung einer solchen Maschine, da diese Multifunktionsfahrzeuge auch ganzjährig einsetzbar sind, sondern speziell für den Winterdienst auch den Vorteil, dass man sich den Witterungsverhältnissen und auch den Gegebenheiten jederzeit schnell anpassen kann, um einen ordnungsgemäßen Winterdienst auf den Radverkehrsrouten zu gewährleisten [BÄRWOLFF et al. 2019].

Die Tabelle in Anhang 2 zeigt eine Auflistung möglicher Multifunktionsfahrzeugmodelle von verschiedenen Herstellern. Die unterschiedlichen Modelle wurden entsprechend der für den Winterdienst auf Radwegen wichtigen Kriterien untersucht und aufgelistet. Hierzu wurden die einzelnen Modelle nach der Art der Lenkung, dem Wendekreis, dem Leer- und Gesamtgewicht und den allgemeinen Abmessungen, wie Länge, Breite und Höhe zusammengestellt. Diese Kenngrößen wurden bei der Marktanalyse als wichtige Untersuchungsgrundlage bewertet, da diese bei den Winterdienstseinsätzen häufig zu Problemen führen. Aufgrund der häufig zu geringen Räumlichkeiten und der fehlenden Ausweichmöglichkeiten für die Winterdienstfahrzeuge auf Radwegen führen viele dieser Kriterien nicht nur zu Problemen, sondern auch zu Zeitverlusten. Neben zu geringen Durchfahrtsbreiten, verursacht durch Pfosten, Steine oder sonstigen Absperrungen, stellen zu geringe Radien im Kurven-

bereich oder auch bei den Wendemöglichkeiten ein Problem im operativen Ablauf dar. Auch die Beschilderung auf Radwegen kann aufgrund der Höhe ein Durchfahrtsproblem für die Winterdienstfahrzeuge werden.

Die untersuchten Schmalspurfahrzeuge erfüllen die gewünschten Mindestanforderungen, um eine regelkonforme Winterdienstbetreuung der Radwege zu ermöglichen. Durch verschiedene Lenkvorrichtungen, wie z. B. die Knicklenkung oder auch 4-Rad-Lenkung, wird die Befahrung kleinerer Radien deutlich vereinfacht. Ein weiteres Auswahlkriterium bezogen auf die bereits erwähnte Maximallast auf Radwegen wird in der Tabelle in Anhang 2 durch das Leergewicht und das maximale Gesamtgewicht beschrieben. Zum einen ist für viele Radwege die Maximallast der Fahrzeuge ausschlaggebend bei der Befahrung. Durch zu hohe Lasten können die Radwege dauerhaft beschädigt werden. Zum anderen ist die Nutzlast, die Differenz des Gesamtgewichtes und des Leergewichtes, ausschlaggebend für eine wirtschaftlich effiziente Nutzung im Winterdienst. Zu geringe Nutzlasten haben bei der Streuung zur Folge, dass Zeitverluste bei frühzeitig notwendigem Nachladen entstehen. Größere Nutzlasten verursachen jedoch ein größeres Gesamtgewicht, was wiederum die Lastaufnahme der Radwege überschreiten kann. Speziell an Brückenbauwerken für den Geh- und Radverkehr kann dies aufgrund der eingeschränkten Tragfähigkeit bei einem zu hohen Gesamtgewicht zu Problemen führen.

Aber auch die bereits erwähnte saisonale Einsetzbarkeit der Fahrzeuge ist aufgrund nicht unerheblicher Kostenvorteile für viele Kommunen ein wichtiger Faktor. Die ganzjährige Einsetzbarkeit der Fahrzeuge durch eine einfache und schnelle Anpassung an die Einsatzgebiete dient dabei als Entscheidungsgrundlage und zählt zu den Auswahlkriterien, welche in der Tabelle aufgelistet sind.

Anhand der Tabelle in Anhang 2 wird ein einfacher Vergleich der verschiedenen Schmalspurfahrzeuge ermöglicht und eine gefilterte Suche nach bestimmten Kriterien deutlich vereinfacht.

Auch Kleintraktoren können im Winterdienst auf Radwegen eingesetzt werden. Das Beispiel der „Winterradler“ in Wien (s. Kapitel 2.6.4) zeigt jedoch, dass beim Einsatz von Kleintraktoren ein separater Anhänger als Streumaschine notwendig ist, da die Streumaschinen auf dem Kleintraktor nur ein sehr geringes Volumen haben. Ansonsten werden Kleintraktoren in den Kommunen eher für die Betreuung von Gehwegen eingesetzt.

In Nordamerika finden die dort häufiger als in Europa verbreiteten Pickup-Trucks bisweilen Anwendung, diese sind jedoch größer als Schmalspurfahrzeuge und daher nicht auf jedem Radweg einsetzbar. Die Schmalspurfahrzeuge sind unter anderem auf Grund ihrer geringeren Breite und des geringeren Gewichts optimal für die Winterdienste auf Radverbindungen [HANKE 2019].

Trotz der deutlich kleineren Winterdienstfahrzeuge kann es an bestimmten Stellen im Winterradnetz immer wieder vorkommen, dass eine Räumung und Streuung von Mitarbeitern separat manuell durchgeführt werden muss, etwa, wenn Breite oder Steigung für Fahrzeuge ungeeignet sind oder einzelne Flächen durch Hindernisse nicht anderweitig zugänglich sind. Dies ist häufig im Bereich von Kreuzungen, an Fußgängerbrücken und Einmündungen der Fall.

2.4.2 Auswirkung der Fahrzeuge auf die Geh- und Radwege

Gehwege und Radwegeverbindungen unterscheiden sich in ihrer Nutzergruppen deutlich von den sonstigen Verkehrsflächen. Die Nutzlast einer Verkehrsfläche bezogen auf die Nutzergruppe, wie z. B. Kraftfahrzeuge, Lastkraftwagen, Busse und sonstige Verkehrsteil-

nehmer, übersteigt die Nutzlast von Geh- und Radwegen deutlich. Demnach ist der Aufbau einer Kfz-Verkehrsfläche meist unterschiedlich zu dem Aufbau der Geh- und Radwegeverbindungen. Nach RStO [FGSV 2012b] sind für Geh- und Radwege geringere Belastungsklassen mit entsprechend reduziertem Oberbau vorgesehen (s. Bild 6). Die Dicke des frostsicheren Aufbaus muss nur mindestens 30 cm betragen; die einzuhaltende Tragfähigkeit oberhalb der ungebundenen Schichten (E_{v2}) ist auch bei Belastung durch Fahrzeuge des Betriebsdienstes mit 100 MPa geringer als bei Verkehrsflächen für den Kfz-Verkehr gemäß Tafel 1 bis 3 der RStO, bei der sie mindestens 120 MPa beträgt.

(Dickenangaben in cm; ∇ E_{v2} -Mindestwerte in MPa)

Zeile	Bauweisen	Asphalt		Beton		Pflaster (Plattenbelag)		ohne Bindemittel	
		30	40	30	40	30	40	30	40
Dicke des frostsich. Oberbaus									
Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material									
1	Decke								
	Schotter- oder Kiestragschicht								
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material ¹⁶⁾									
ToB auf Planum									
2	Decke								
	Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht								
Dicke der Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht									
		20	30	18	28	18	28	26	36

6) Asphalttragdeckschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht, siehe auch Abschnitt 3.3.3
 14) Auch geringe Dicke möglich
 16) Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen
 17) Bei einer 12 cm dicken Betondecke ist keine Verdübelung bzw. Verankerung möglich
 20) Bei Belastung durch Fahrzeuge (Wartung und Unterhaltung) $E_{v2} \geq 100$ MPa

Bild 6: Bauweisen für Geh- und Radwege nach RStO (Tafel 6) [FGSV 2012b]

Auf Brückenbauwerken, welche ausschließlich für den Fußgänger- und den Radverkehr ausgelegt sind, spielt nicht nur die Nutzlast eine entscheidende Rolle, sondern auch die Tragfähigkeit. Die Tragfähigkeit einer Fußgängerbrücke, welche durch den Winterdienst betreut wird, sollte dabei auf die Lasten der Fahrzeuge ausgelegt sein. Die Lasten der Winterdienstfahrzeuge können dabei beispielsweise bis zu 6,5 t (s. Kapitel 2.4.1) überschreiten und stellen damit eine deutlich höhere Belastung eines Brückenbauwerks dar, als durch die ausgewiesene Nutzergruppe in sonstigen Fällen erzielt wird. Diese extremen Lasten über einen kurzen Zeitraum werden als außergewöhnliche Bemessungslasten für Sonderfahrzeuge bei der Berechnung berücksichtigt und sollten mittels einer statischen Nachrechnung belegt werden.

Weitere Auswirkungen der Winterdienstfahrzeuge zeigen sich hauptsächlich an Brückenbauwerken, welche bereits zu den Altbeständen gehören. Die Brückenbauwerke können durch das Ausbringen von auftauenden Streustoffen über einen längeren Zeitraum bei Undichtigkeiten in Ihrer Tragfähigkeit infolge Korrosion deutlich beeinflusst werden, was zu Folgeschäden führen kann [HEGGER et al. 2011].

2.4.3 Gerätetechnik

Folgende Methoden können je nach Neuschneehöhe bei der Räumung von Radwegeverbindungen angewandt werden:

- Neuschnee mit Schneepflügen räumen

- Neuschnee mit Kehrwalze räumen
- Hohe Schneelagen und Schneeablagerungen fräsen und/oder schleudern und ggf. abtransportieren und ablagern

Um den Einsatz auftauender Streustoffe zu minimieren, ist so viel Schnee wie möglich mechanisch zu beseitigen [FGSV 2020b].

Bis zu einer maximalen Höhe von ca. 20 bis 40 cm stellt der Schneepflug eine effektive Option zur Schneeräumung auf Fahrbahnen und Radwegen dar. Dazu gibt es unterschiedliche Ausführungen eines Schneepfluges. Der klassische Schneepflug ist ein durchgängiges Räumschild, welches durch eine Winkelverstellung die Räumbreiten auf den Streckenabschnitten anpassen kann. Diese Variante stellt den deutschen Standard an verwendeten Schneepflügen dar. Das Räumschild ist eine in sich starre Konstruktion, welches den Schnee durch die angesprochene Winkeleinstellung von der Fahrbahnoberfläche in den Seitenraum befördert. Eine weitere Variante des Schneepfluges stellt der Keilschneepflug dar. Keilschneepflüge bestehen aus zwei einzelnen Räumschilden, welche durch eine Mittelachse verbunden sind. Durch diese Verbindung kann der Keilschneepflug in seiner Ausrichtung stark variieren und sich an bestimmte Bereiche anpassen [BÄRWOLFF et al. 2019; GEIMER, POHLANDT 2014].

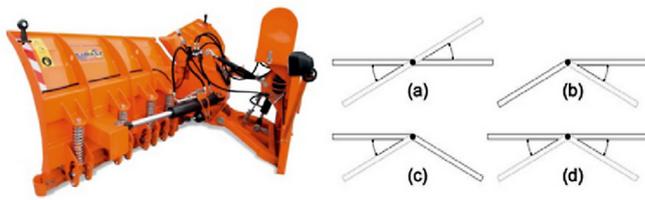


Bild 7: Keilschneepflug und seine Einstellmöglichkeiten [GEIMER, POHLANDT 2014]

Bild 7 zeigt einen solchen Keil-Schneepflug und dessen Möglichkeiten, sich an die vorhandenen Gegebenheiten auf den Einsatzrouten anzupassen. Somit kann sowohl bei dem klassischen Schneepflug als auch bei den Keilschneepflügen die Räumbreite und die Ablagerungsrichtung der geräumten Schneemassen variabel eingestellt werden. Keilschneepflüge können zudem aufgrund ihrer Ausrichtungsmöglichkeit für eine beidseitige Räumung von Schneemassen eingesetzt werden. Dies ermöglicht eine Räumung auch bei höheren Schneemassen, was gleichzeitig zu einem größeren Einsatzgebiet der Multifunktionsfahrzeuge führt [FGSV 2020a]. Je nach Modell, Ausführung und Hersteller variieren auch die technischen Angaben der Pflugbreiten sowie der Räumbreiten. Viele der Schmalspurfahrzeuge sind nicht an eine bestimmte Ausstattung gebunden, weshalb die Räumbreiten je nach Anbau variieren können. Jedoch lässt sich anhand der Marktanalyse und im Vergleich der untersuchten Modelle sagen, dass einseitige Schneepflüge im Durchschnitt eine Pflugbreite von 1.600 mm bis 2.400 mm und eine Räumbreite von ca. 1.350 mm bis 2.100 mm haben. Im Gegensatz dazu sind Keilschneepflüge im Durchschnitt kleiner und variieren bei der Gesamtbreite zwischen 1.440 mm und 1.770 mm sowie der Räumbreite zwischen 1.300 mm und 1.600 mm.

Eine weitere Art der Räumung auf Verkehrsflächen und Radwegen ist die Schneeräumung mit der Frontkehrwalze. Bei der Schneeräumung mit einer Kehrwalze wird der Schnee mit Hilfe von einer seitlich ausgerichteten, rotierenden Kehrwalze von der Oberfläche getragen und in den Seitenraum befördert. Diese Methode stellt speziell auf den Radwegen den Standard dar, da in Deutschland weitgehend eine Schwarzräumung durch die Kehrwalze möglich ist. Für ein gutes Räumbild der Verkehrsflächen kann die Kehrwalze bis zu einer maximalen Schneehöhe von 5 bis 10 cm eingesetzt werden. Bis zu dieser maximalen

Schneehöhe kann eine Schwarzräumung noch erzielt werden. Je nach Ausrichtungswinkel kann die entsprechende Breite der Räumfläche angepasst werden.



Bild 8: Schmalspurfahrzeug mit Frontkehrwalze (Bild: CYPRA)

Bild 8 zeigt ein solches Schmalspurfahrzeug mit Kehrwalze als Frontanbau. Durch die geringfügig variable Ausrichtung der Kehrwalze besteht die Möglichkeit, die Kehrwalze auf die entsprechenden Gegebenheiten einzustellen. Gut zu erkennen ist auch die Effektivität der Schneeräumung mit einer solchen Kehrwalze bei geringer Neuschneehöhe, da die Asphaltfläche des Radweges hinter dem Schmalspurfahrzeug weitgehend schwarz ist.

Beide Varianten der Räumung haben sich im Winterdienst bewährt und werden in vielen deutschen Städten entsprechend den Erfahrungen eingesetzt. Eine weitere Variante der Schneeräumung ist die Kombination der beiden Räumtechniken. Dabei kann bei größeren Schneemengen im ersten Schritt mit Hilfe eines Schneepfluges der Schnee abgetragen werden und durch den nachfolgenden Einsatz einer Frontkehrwalze eine Schwarzräumung erreicht werden. Durch den kombinierten Einsatz der beiden Räumtechniken kann der Einsatz von Streumitteln aufgrund einer Schwarzräumung deutlich verringert werden, was ökologische und wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen kann [BÄRWOLFF et al. 2019; KÖNIG 2010].



Bild 9: Streumaschine mit Streuteller für FS 30-Einsatz (Bild: WIESLER)

Auch die auf dem Heck aufgebauten Streumaschinen der Multiunktionsfahrzeuge können in ihrer Art variieren und sind wie die Frontanbaugeräte bei vielen Modellen schnell und einfach austauschbar. So können Schmalspurfahrzeuge, welche für den ganzjährigen Betrieb geeignet sind, für den Winterdienst mit Streumaschinen ausgestattet werden. Allgemein bestehen Streumaschinen aus dem Streustoffbehälter, einer Streustofffördereinrichtung und dem Streustoffverteiler sowie einem Bedienelement mit Steuerungssoftware. Feuchtsalzstreumaschinen verfügen zusätzlich über Tanks für die Sole einschließlich Pumpe und Benetzungseinrichtung. Die Streumaschinen unterscheiden sich oft in der Art der Austragung und in dem Austragungsstoff, wie z. B. Splitt, Salz oder Sole. Die Art der Streuung wird je nach Streustoff mit dem entsprechenden Heckaufsatz der Fahrzeuge geändert. Mögliche Streumaschinen für die Austragung solcher Streustoffe sind Walzenstreuer (überwiegend Splitt), Tellerstreuer (überwiegend Salz und Sole) (s. Bild 9), Walzen-/Teller-Kombistreuer oder Sprühgeräte (Sole). Bei der Austragung von FS 30 findet die Benetzung des Trockensalzes auf dem Streuteller unmittelbar vor der Streuung statt [FGSV 2020b].

Die reine Salzlösung (FS 100) wird aufgrund der flüssigen Form über Sprühgeräte oder Streuteller auf der Oberfläche verteilt. Die Verteilung der Salzlösung kann mit Hilfe dieser Sprühgeräte entsprechend den vorhandenen Breiten eingestellt werden und je nach Sprühwinkel kann der Streckenabschnitt gleichmäßig über die gesamte Breite bestreut werden. Dies bringt eine erhöhte Sicherheit auf der gesamten Verkehrsfläche bei der Befahrung aufgrund gleichmäßiger Streuung [FGSV 2020b].

Eine umfangreiche Untersuchung des schwedischen Instituts für Straßen- und Verkehrsforschung (VTI) kam zum Schluss, dass eine Räumung mit Kehrwalze und einer anschließenden Streuung mit auftauenden Streustoffen bei korrekter Anwendung unter passenden Bedingungen das Potenzial hat, die Nutzung des Fahrrads im Winter stark zu fördern und die Verkehrssicherheit zu erhöhen [NISKA, BLOMQVIST 2018a]. Bild 10 zeigt einen Vergleich von mit Kehrwalze und Salzstreuung sowie Pflug und abstumpfenden Streustoffen präparierter Radwege in Stockholm bei ähnlichen Temperaturen und gleicher Witterung.



Bild 10: Vergleich mit Kehrwalze und Salz (links) sowie mit Pflug und Splitt (rechts) geräumter Radwege in Stockholm [NISKA, BLOMQVIST 2018a]

NISKA und BLOMQVIST [2018a] geben für die Durchführung dieser kombinierten Räum- und Streutechnik folgende Empfehlungen:

- Die Anwendung sollte frühzeitig erfolgen, idealerweise vor dem Einsetzen eines Schneefalls.
- Die Geschwindigkeit [des Fahrzeugs] muss den örtlichen Bedingungen angepasst werden.
- Bei milder Witterung ist die Nutzung reiner Sole in moderaten Mengen ausreichend, bei niedrigeren Temperaturen und/oder starkem Schneefall sind eine höhere Dosis, Feuchtsalz oder gar Trockensalz notwendig.

- Beim Ausbringen reiner Sole bewirkt eine Streumaschine mit Düsen eine gleichmäßige Verteilung des Streustoffs, bei Feucht- oder Trockensalz ist ein rotierender Streuteller nötig.
- Voraussetzung für den Erfolg der Methode ist ein guter baulicher Zustand des Radwegs ohne Risse und sonstige Schäden in der Oberfläche.

Idealerweise erfolgt auf Radwegen zunächst eine möglichst intensive mechanische Räumung der Flächen, damit minimale Streumengen zu Glättebekämpfung ausreichen. Außerdem sind Streustoffe durch moderne Streutechniken in minimaler Menge dosiert und gezielt aufzubringen. Die Kombination aus Besenräumung und Solesprühung hat sich sehr positiv (in Bezug auf die Wirkung auf den Radverkehr und die Verkehrssicherheit) bewährt, was insbesondere Studien in Skandinavien, den Niederlanden, Österreich sowie in Hannover zeigen [HANKE 2019].

In Wien dienen zur Versorgung der Kleintraktoren abseits der 13 Winterdienstlagerplätze semimobile Solemischanlagen (s. Kapitel 2.7.4). In diesen semimobilen Solemischanlagen kann in kurzer Zeit fertige Sole zum Austragen hergestellt werden. Sie haben ein Fassungsvermögen von 1.200 l und werden so positioniert, dass die Räumfahrzeuge entweder einen Winterdienstlagerplatz oder eine semimobile Solemischanlage gut erreichen können. Sie stehen nur den Kleintraktoren der Straßenreinigung zur Verfügung und werden manuell bedient [NUTZ 2017].

Für das Freihalten von Schutz- und Radfahrstreifen empfiehlt sich bei breiteren Straßen der Einsatz einer Räumstaffel oder ein kurzer zeitlicher Versatz zwischen Straßen- und Radwegwinterdienst [HANKE 2019]. Gemäß Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen gilt: „Von den Straßen und Gehwegen abgeräumte Schneemassen sollten nicht auf dem Radweg oder Radfahrstreifen gelagert werden, um zu verhindern, dass hierdurch der Radverkehr behindert wird oder die Radverkehrsanlage blockiert wird.“ [FGSV 2010]

2.5 Ausgewiesene Radnetze und Winterradnetze in deutschen Großstädten

In vielen deutschen Großstädten wurde in den letzten Jahren der Fokus verstärkt auf den Radverkehr und den Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur gerichtet. Speziell in den Großstädten steigt die Nutzung des Fahrrads deutlich an. Mitwirkend für diese Entwicklung sind wichtige Aspekte, wie z. B. das Erreichen von wichtigen Quell- und Zielorten und eine für den Alltag taugliche Infrastruktur im Pendler- und Schülerverkehr [ELLENBECK et al. 2021]. Dies wird vor allem in den Wintermonaten in vielen Regionen durch winterliche Bedingungen erschwert. Durch einen optimierten Winterdienst in deutschen Städten steigt die Räumpriorität der Radwege immer mehr, um den Radfahrenden eine sichere Alternative zu anderen Verkehrsmitteln zu gewährleisten. Diese Radrouten, welche durch den Winterdienst betreut werden, sollten dabei stets offen kommuniziert werden, um den Nutzern frühzeitig eine verkehrssichere Befahrung zu gewährleisten. Am besten funktioniert diese Kommunikation über eine Plandarstellung der ausgewiesenen Winter-Radrouten, das sogenannte Winterradnetz [Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH 2019]. Bild 11 zeigt ein Ranking der radverkehrsfreundlichsten Städte in Deutschland nach einer Umfrageauswertung im Jahr 2019 [Statista 2019].

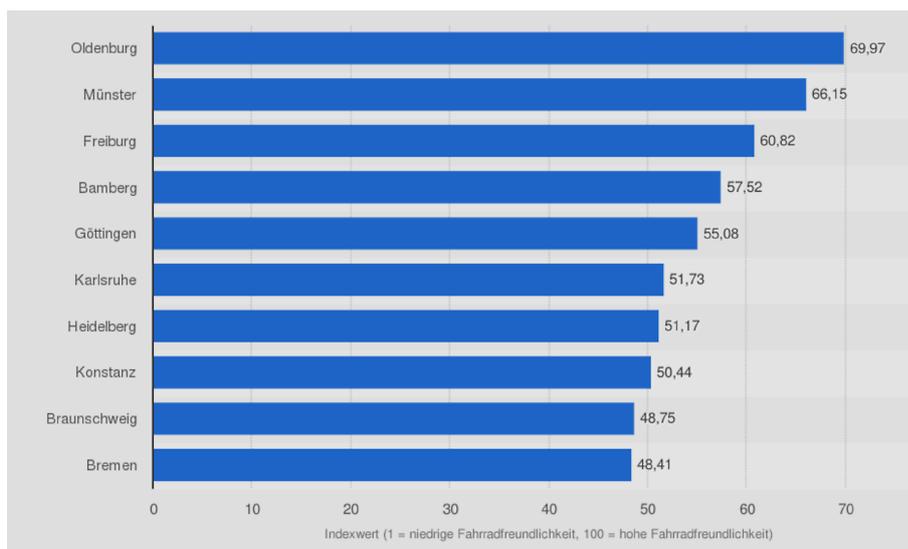


Bild 11: Ranking der fahrradfreundlichsten Städte in Deutschland, in Anlehnung an [Statista 2019]

Als Bewertungsgrundlage für die Großstädte in Deutschland und der im Ranking aufgeführten Städte in Bild 11 wurde eine Recherche bezüglich der vorhandenen Radwegenetze und der Winterradnetze auf deren Auffindbarkeit und Qualität für 78 Großstädte durchgeführt (vgl. Anhang 3). Dazu werden die Auffindbarkeit vereinfacht mit Schulnoten bewertet und Anmerkungen zu den einzelnen Radnetzen und Winterradnetzen notiert. Die Recherche ergibt, dass etwa 84 % der Städte über kein Winterradnetz verfügen und nur ca. 70 % über ein Alltags-Radwegenetz. Weiterhin wird bei der Analyse deutlich, dass die Auffindbarkeit, sowie die Zugänglichkeit eine wichtige Rolle spielen. In vielen Städten wird das Radwegenetz oder auch das Winterradnetz erst nach intensiver Suche auffindbar. Häufig wird online auf den Kauf dieser Pläne vor Ort verwiesen, was das Problem der fehlenden Digitalisierung solcher Pläne für eine vereinfachte Nutzung verdeutlicht.

Im Folgenden wird beispielhaft (vgl. Anhang 3) die Stadt Hannover und deren Radnetz sowie Winterradnetz beschrieben.

In Hannover wird in Zusammenarbeit mit dem Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Club (ADFC) Region Hannover e. V. und dem Zweckverband Abfallwirtschaft Region Hannover (aha) eine radverkehrsfreundliche Infrastruktur definiert und betreut. Im Winter werden mittlerweile ca. 435 km des Radwegenetzes durch den aha betreut, davon ca. 200 km auch an Wochenenden. Diese Radwege werden in Hannover, ähnlich wie in vielen anderen Städten nach einer Priorisierung radverkehrsfreundlich geräumt und betreut. Diese geräumten Routen, gegliedert nach Ihrer Priorisierung, sind öffentlich einsehbar über das sogenannte Winterradnetz von Hannover.

2.6 Best-Practice

Im Folgenden werden internationale Beispiele für innovative und/oder besonders effektive Maßnahmen rund um den Winterdienst an Radverkehrsanlagen aufgezeigt.

2.6.1 Oulu

Die Stadt Oulu befindet sich als nördlichste Großstadt der Europäischen Union im Norden Finnlands, knapp südlich des Polarkreises. Trotz der vorherrschenden niedrigen Temperaturen – im Winter üblicherweise zwischen -5 °C und -20 °C – hat sich Oulu in den vergange-

nen Jahren einen Ruf als auch im Winter besonders fahrradaffine Stadt erarbeitet. So fährt trotz der extremen Kälte sowie einer geschlossenen Schneedecke an 160 bis 175 Tagen im Jahr noch ein Drittel der Radfahrer auch im Winter [Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH 2019]. International bekannt geworden ist insbesondere das seit einigen Jahren praktizierte Vergabesystem für Winterdienstleistungen auf Haupttrouten des Radverkehrs.

Folgende Gesprächspartner konnten für ein Interview gewonnen werden:

- Harri Vaarala, Verkehrsingenieur der Stadtverwaltung Oulu
- Soile Purola, Centre for Economic Development, Transport and the Environment (Behörde, die teils für Außerortsstraßen zuständig ist)
- Jarkko Prininen, Finnish Transport Infrastructure Agency, vormals im privaten Consulting tätig bei der Ausschreibung des neuen Dienstleistungsvertrages

Oulu weist eine im Vergleich zu deutschen Kommunen sehr große Fläche auf, und ist bei etwa 200.000 Einwohnern doppelt so groß wie Berlin. Die Mehrheit der Einwohner lebt jedoch in der Kernstadt am Bottnischen Meerbusen, von dort bestehen auch Verflechtungen mit den benachbarten Kommunen.

Bereits seit über 20 Jahren findet in Oulu eine aktive Förderung des Radverkehrs im Winter statt. Seit dem Jahr 2017 gibt es jedoch Bestrebungen, durch eine verbesserte Vergabe von Leistungen im Winterdienst auf Radwegerouten einen noch höheren und insbesondere durchgängigen Standard auf den Haupttrouten in der Agglomeration Oulu zu schaffen. Dies führte zur ersten gemeinsamen Vergabe der Winterdienstleistungen auf sechs Haupttrouten des Radverkehrs (Gesamtlänge ca. 125 km) durch die Stadt Oulu, die angrenzende Kommune Kempele sowie das Zentrum für wirtschaftliche Entwicklung, Verkehr und Umwelt (ELY), einer Behörde, welche für bestimmte Außerortsverbindungen zuständig ist. Diese Form der Vergabe stellt in Finnland eine Neuheit dar und entspricht nicht der bisher gängigen Praxis.

Der erste derartige Vertrag lief 2020 aus. Die Beteiligten berichten von aufgetretenen Problemen, so habe der Dienstleister das geforderte Level-of-Service nicht verstanden und die Leistungen nicht im erwünschten Umfang erbracht. Häufig sei die Befahrbarkeit auf anderen Routen niedrigerer Qualität besser gewesen. Der neue Vertrag startete im Winter 2020/2021, die Erfahrungen aus dem ersten Vertrag wurden für eine Anpassung genutzt.

Die Finanzierung orientiert sich am Anteil der Strecken aus jeweiliger Baulastträgerschaft an dem gesamten Netz der Haupttrouten. Kalkuliert wird mit jährlichen Kosten für den Winterdienst auf Haupttrouten von ca. 3.200 €/km. Zusätzlich können Boni in Höhe von maximal 70.000 € für das Gesamtnetz ausgezahlt werden. Im Vergleich hierzu werden für den Winterdienst auf sonstigen Radwegeverbindungen ca. 2.000 €/km angesetzt.

Beim Umfang der ausgeschriebenen Leistungen werden alle im Rahmen des Winterdienstes auf den Haupttrouten notwendigen Tätigkeiten gebündelt. Dem Dienstleister wird auch die Entscheidung über die Auslösung von Einsätzen freigestellt. Der Umfang der Haupttrouten (ca. 125 km von 1.000 km im Gesamtnetz) wurde so festgelegt, dass auch kleinere Firmen ohne Nachunternehmer die geforderten Leistungen erbringen können. So soll eine klare Verantwortlichkeit geschaffen und eine Vielzahl regionaler Unternehmen zur Teilnahme an der Ausschreibung bewegt werden. Dieser erhoffte Effekt trat letztlich ein, die Zahl der Teilnehmer lag 2020 wesentlich höher als bei sonstigen Ausschreibungen von Winterdienstleistungen.

Auf den Haupttrouten wird als Qualitätsziel eine durchgängige Befahrbarkeit an allen Wochentagen und zu jeder Uhrzeit angestrebt. Insbesondere Arbeitnehmer sollen fest damit

kalkulieren können, witterungsunabhängig sicher und einfach von und zu ihren Arbeitsstätten zu gelangen. Ausgelöst werden müssen Einsätze ab einer Schneedeckenhöhe von 2 cm. Ab diesem Zeitpunkt sind alle Einsätze auf den Haupttrouten innerhalb von 3 Stunden abzuschließen. Eine Schneedeckenhöhe von über 4 cm auf den Haupttrouten ist unzulässig. Es wird explizit keine Schwarzräumung angestrebt, da dieser Zustand unter den örtlichen Bedingungen nicht lange beizubehalten wäre. Stattdessen soll die mit Schnee bedeckte Oberfläche mit herkömmlicher Fahrrad-Ausrüstung gut befahrbar sein und etwa im verdichteten Schnee keine Rillen aufweisen.

Von zentraler Bedeutung ist das grundsätzliche Verständnis der Winterdiensttätigkeit: Dem Dienstleister wird klar kommuniziert, dass die Radfahrenden als Kunden zu betrachten und die Leistungen daran auszurichten seien. Daher werden vertraglich Maßnahmen vorgeschrieben, um den direkten Kontakt zu den Radfahrenden aufrecht zu erhalten und für direktes Feedback zur Verfügung zu stehen (s. Bild 12). Auf diese Weise wird gleichzeitig die „Kundenorientierung“ des Dienstleisters gestärkt sowie Marketing für das Radfahren im Winter betrieben.



Bild 12: Infostand und Ausgabe von Getränken in Oulu für Radfahrende im Winter (Bild: Harri VAARALA)

Die Radfahrenden spielen ebenfalls eine Rolle bei der Qualitätskontrolle. Sie können sich bewerben, sogenannte Agenten zu werden. Diese werden u. a. auf Basis ihrer täglichen Arbeitswege ausgewählt, auf welchen sie bei jeder Fahrt die Befahrbarkeit überprüfen und via App melden sollen. Aktuell sind etwa 370 solcher Agenten in der Qualitätskontrolle tätig. Die aktivsten Agenten erhalten eine kleine monatliche Prämie. Die Bewertung der Befahrbarkeit basiert auf einer Punkteskala (1 bis 5), außerdem kann offenes Feedback gegeben werden. Die Bewertung der Nutzer ist Grundlage für die Boni oder Sanktionen des Dienstleisters. Aus den Bewertungen lassen sich auch Trends ablesen: In den vergangenen Jahren war zu erkennen, dass die Bewertung im Laufe der Winterperiode tendenziell schlechter wurde. Zusätzlich ist das Betriebspersonal des Dienstleisters dazu verpflichtet, selbst Kontrollfahrten mit dem Fahrrad auf den Haupttrouten durchzuführen.

Auf den Haupttrouten werden sechs Traktoren eingesetzt, welche mit einem Pflug sowie einer seitlich angebrachten Schneeschleuder ausgestattet sind. Jedes Fahrzeug ist dabei einer bestimmten Einsatzroute zugeordnet. Der Einsatz von Besen zur Räumung wurde getestet, jedoch für den Einsatz als ungeeignet eingeschätzt. Der Vertrag stellt ökologische Anforderungen an die eingesetzten Fahrzeuge: So müssen Räumfahrzeuge z. B. mit Biodiesel und Kontrollfahrzeuge batterieelektrisch betrieben werden. Jedes Fahrzeug hat im

Durchschnitt ca. 20 km Strecke zu betreuen. Allerdings müssen diese pro Einsatz jeweils mindestens zwei Mal befahren werden, um vollständig geräumt zu werden.

Als Streustoff wird auf Sand zurückgegriffen, seltener auch auf eine Mischung aus Sand und Splitt. Der Einsatz von Splitt ist nur auf Ausnahmefälle beschränkt, für gegebenenfalls auftretende Schäden wird gegenüber dem Dienstleister eine Vertragsstrafe verhängt. Auftauende Streustoffe werden grundsätzlich nicht eingesetzt. Ein Grund hierfür liegt in der Tatsache, dass insbesondere ältere Radwege über keine oder nur eine unzureichende Entwässerung verfügen. Aufgrund der dauerhaft niedrigen Temperaturen von unter -5 °C stellt Glätte in den Wintermonaten auch kein Problem dar, der Fokus liegt auf dem Umgang mit den großen Schneemengen. Im Herbst und Frühjahr, wenn sich die Lufttemperatur häufig dem Gefrierpunkt nähert, wird gelegentlich Kaliumformiat gestreut. An gefährlichen Stellen, wie Brücken, Über- und Unterführungen, wird auf den Steigungen Sand mit einer größeren Streudichte gestreut. Bei Bedarf wird hier auch gestreut, wenn im übrigen Netz auf eine Streuung verzichtet wird. Der Sand bleibt im Regelfall über die gesamte Winterperiode auf den Radwegen und wird im Frühjahr durch den Dienstleister entfernt. Dabei muss das Entfernen innerhalb von 2 Wochen nach dem Ende der Winterperiode, über welchen der Dienstleister selbstständig entscheidet, abgeschlossen sein.

Der geräumte Schnee wird, sofern er etwa an Knotenpunkten bei steigender Menge den Radverkehr beeinträchtigt, zunächst in der näheren Umgebung zwischengelagert. Bei Bedarf, i. d. R. ab Februar, wird der Schnee durch den Dienstleister zu zwei Depots abtransportiert, welche sich ca. 5 km außerhalb des Stadtzentrums befinden.

Grundsätzlich wird bei der Planung von Verkehrswegen eine Trennung von Rad- und Kfz-Verkehr angestrebt. Daher wird der Radverkehr meist auf straßenbegleitenden Radwegen geführt, häufig aber außerorts auch vollständig getrennt auf eigenen Trassen. Bei der Planung von straßenbegleitenden Radwegen wird auf eine ausreichende Pufferfläche, etwa in Form von Grünstreifen, geachtet. Diese ermöglichen die Zwischenlagerung von geräumtem Schnee vor dem späteren Abtransport. Die konsequente Trennung von Rad- und Kfz-Verkehr bewirkt, dass nur selten (etwa an Knotenpunkten) Konflikte bei der Räumung der verschiedenen Verkehrsflächen auftreten. Die Breite der Radwege liegt in der Regel zwischen 4,00 m und 4,50 m. Radschnellverbindungen haben eine Breite von über 6,00 m. In beiden Fällen sind jedoch 2,50 m für die Nutzung durch Fußgänger vorgesehen. Es wird angestrebt, Radwege auf ganzer Breite befahrbar zu halten, weshalb etwa im Fall von Radschnellwegen mindestens drei Fahrten zur Räumung notwendig sind. Die Hauptrouten setzen sich überwiegend aus solchen baulich getrennten Radwegen zusammen, an wenigen Stellen wird der Radverkehr auf gemeinsamen Flächen mit dem Kfz-Verkehr geführt.

Abgesehen von den Hauptrouten, welche Bestandteil des neuen Dienstleistungsvertrages sind, werden auch weitere Radwegeverbindungen geräumt und gestreut. Diese Leistungen sind Teil der restlichen, zwölf gebietsbezogenen Dienstleistungsverträge, welche jeweils den Winterdienst auf Radwegen und Fahrbahnen in einem bestimmten Gebiet umfassen. Lediglich das Stadtzentrum wird von der Stadt Oulu selbst winterdienstlich betreut. In diesen Gebieten abseits der Hauptrouten wird ebenfalls eine Priorisierung der Radwegeverbindungen vorgenommen, die jeweils höchste Priorität weist teilweise ein ähnliches Level-of-Service auf wie die Hauptrouten. Allgemein sind die Anforderungen hier jedoch etwas niedriger, so sind Einsätze erst ab einer Schneehöhe von 3 cm verpflichtend erforderlich und es werden Qualitätsunterschiede zwischen Tag und Nacht sowie Werktagen und dem Wochenende toleriert. Zudem sind Radwegeverbindungen erst innerhalb von 4 Stunden vollständig zu räumen und ggf. zu streuen.

Zur Förderung des Radverkehrs im Winter wird auf eine starke Präsenz der Akteure in den sozialen Medien gesetzt. Außerdem werden Radfahrenden über eine Website Informationen zum aktuellen Zustand der Haupttrouten zur Verfügung gestellt, welche auf den Meldungen der freiwilligen Agenten basieren.

2.6.2 Kopenhagen

Die dänische Hauptstadt Kopenhagen genießt einen Ruf als eine der radverkehrsreichsten Städte der Welt. Für ein Gespräch zum Winterdienst auf Radwegeverbindungen stand Torbjörn Häggquist, Abteilungsleiter Fahr- und Winterdienst bei der technischen- und Umweltverwaltung der Stadt Kopenhagen, zur Verfügung. Torbjörn Häggquist ist seit 10 Jahren für die Stadt Kopenhagen tätig, seit 6 Jahren als für den Winterdienst zuständiger Abteilungsleiter.

Grundsätzlich ist der Winterdienst auf Radwegeverbindungen in Kopenhagen Aufgabe der Stadtverwaltung. Ein großer Teil der Einsätze wird jedoch durch private Dienstleister durchgeführt.

Ein eigenes Winternetz für den Radverkehr ist in Kopenhagen nicht vorhanden. Stattdessen werden alle Radwege des zu betreuenden Netzes (ca. 620 km Radwegeverbindungen; Gesamtlänge zu betreuendes Straßennetz: 700 km) grundsätzlich mindestens in die Kategorie „A“ eingeordnet, was auch der höchstmöglichen Priorität für Fahrbahnen entspricht. Radwegeverbindungen mit einer Gesamtlänge von ca. 120 km werden sogar noch über den Radwegen und Fahrbahnen der Kategorie „A“ eingestuft, dort findet ein beschleunigter Einsatz statt. Nach Angaben des Gesprächspartners fielen unter die Verbindungen höchster Priorität jedoch auch Abschnitte, die weniger stark befahren werden. Ein Ansatz sei eine Neuordnung der Prioritäten auf Basis einer Untersuchung, welche Verbindungen tatsächlich für die Einstufung in die höchste Priorität lohnend seien. Dabei sollten Korridore des Radverkehrs identifiziert werden, außerdem sollten Planer über die Priorität einer gesamten Fläche (z. B. Platz, Straßenraum) entscheiden, statt über die einzelnen Verkehrsflächen. Idealerweise solle die Einstufung in Prioritäten dynamisch und datenbasiert sowie in einem einheitlichen und transparenten System geschehen.

Interkommunale Kooperationen bezüglich des Winterdienstes auf die Stadtgrenze überschreitenden Radwegeverbindungen sind nicht vorhanden und werden als zu kompliziert für eine Umsetzung beschrieben.

Etwa 80 % der Einsätze werden präventiv durchgeführt. Die Einsätze sind i. d. R. ca. 6 bis 8 Stunden nach Auslösen des Alarms abgeschlossen, bei erneutem Schneefall nach ca. 10 Stunden. Pro Winter werden an ca. 50 Tagen Einsätze gefahren, die Planung von Einsätzen erfolgt dabei vollständig durch den kommunalen Aufgabenträger.

Auf Seiten der Stadt stehen insgesamt rund 80 bis 90 Mitarbeiter für den Winterdienst zur Verfügung, davon 4 ganzjährig. 30 bis 40 Mitarbeiter werden saisonal für 24/7 Steuerungsaufgaben (Einsatzleiter, Wetterbeobachtung, Supervisor, Qualitätsmanagement, Auszubildende) eingesetzt, ca. 50 weitere als Fahrer sowie rund 130 Externe. Das Personal wird aus verschiedenen Abteilungen zusammengezogen. Der Vorteil bei Planungs- und Verwaltungsaufgaben sei hierbei, dass verschiedene Schwerpunkte gebündelt werden könnten und eine bessere Sensibilität dafür herrsche, wie und wo Geld ausgegeben werden muss. Zusätzlich werden saisonal durch private Dienstleister ca. 200 bis 250 Mitarbeiter eingesetzt.

Derzeit werden für den Winterdienst auf Radwegeverbindungen in Kopenhagen Kleintraktoren vom Typ John Deere 2720 eingesetzt. Diese sind als Standard für alle Verschmutzun-

gen sowie die Schneeräumung mit Kehrwalze ausgestattet. Bei Schneemengen von mehr als 5 cm wird mit Schneepflügen geräumt. Sobald der Schneefall nachgelassen hat, werden Wiederholungseinsätze mit Besen gefahren. Als Problem bei der Besenräumung gelten Schäden, die häufig durch Steinschlag z. B. an parkenden Kraftfahrzeugen entstehen.

Als Streustoff wird in ca. 90 % der Fälle auf NaCl als FS 30 zurückgegriffen. Dies wird als gut geeignet für Einsätze bei höheren Temperaturen bezeichnet, welche ca. 80 % der Einsätze ausmachen. Die Streudichte beträgt 20 g/m². Auf Wegen mit Entwässerungseinrichtungen wird der Einsatz von auftauenden Streustoffen als unproblematisch bewertet, da ca. 95 % der Wege über die Kanalisation ins Meer entwässert werden. Auf einer 3 km langen Teststrecke wurde der Einsatz von Kaliumformiat als FS 50 getestet. Die Ergebnisse waren gut, die Kosten für den Einsatz wären jedoch mehr als das Dreifache im Vergleich zu NaCl. Ebenso wird die zukünftige Ausbringung von FS 100 in Betracht gezogen. Abstumpfende Streustoffe werden nicht weiterverwendet, da es in der Vergangenheit in der Tauphase häufig zu Radverkehrsunfällen kam, welche mit liegendegebliebenem Splitt in Verbindung gebracht wurden.

Für Vorhersagen zu Zuständen auf Radwegen stehen nur wenig Daten zur Verfügung. Insgesamt sind in Kopenhagen an 13 Orten Sensoren in/an Fahrbahnen installiert. Es wird davon ausgegangen, dass eine Ausstattung von Radwegen mit ähnlicher Sensorik relativ günstig zu realisieren wäre. Jedoch verlaufen ca. 80 % der Radwegeverbindungen parallel zu Fahrbahnen, weshalb hier mit annähernd identischen Prognosen gearbeitet werden könne. Derzeit wird an der Universität Kopenhagen ein Forschungsprojekt zur straßenspezifischen Vorhersage durchgeführt.

Für den Kontakt zwischen Bürgerinnen und Bürgern und der Stadtverwaltung gibt es eine App, welche jedoch in Zukunft eingestellt werden soll. Informationen zum Zustand von Radwegeverbindungen sollen wie weitere Informationen zukünftig zentral über ein eigenes Kommunikations-Team für verkehrliche Angelegenheiten verbreitet werden. Aktuell wird die Öffentlichkeit über soziale Medien über begonnene Winterdiensteinsätze informiert. Für das Fahrradfahren bei winterlicher Witterung werden den Radfahrenden die Nutzung von Helmen (bereits in Kopenhagen verbreitet sind sog. Airbaghelme), Winterreifen mit geringerem Reifendruck, angemessene Kleidung sowie ein robustes Fahrrad empfohlen.

2.6.3 Montreal

Die in der kanadischen Provinz Québec gelegene Stadt Montreal mit ihren 1,7 Mio. Einwohnern (ca. 2 Mio. im Großraum) bemüht sich um einen schnellen Ausbau ihres Radverkehrsnetzes, dieses wuchs allein im Jahr 2020 um 88 km auf 1.001 km. Winterdienstlich betreut werden hiervon ca. 600 km, wovon ca. 100 km als eigenständige Radwege geführt werden. Weitere 200 km eigenständig geführte Radwege befinden sich in Parks und werden größtenteils nicht geräumt.

Folgende Gesprächspartner konnten für ein Interview gewonnen werden:

- Bartek Komorowski, seit 2 Jahren bei der Stadtverwaltung Montreal, zuvor Teil der Organisation Vélo Québec, Vorstandsmitglied der Winter Cycling Federation
- Francois Gosselin, seit 30 Jahren bei der Stadtverwaltung Montreal zuständig für Schneeräumung, Unterhalt und ähnliche Aufgaben

Die Gesprächspartner schätzen, dass ca. 15 % der Radfahrenden auch im Winter regelmäßig mit dem Fahrrad fahren. Derzeit sei eine flächendeckende, ganzjährig gute Befahrbarkeit in einem Radius von ca. 5 bis 6 km vom Zentrum gegeben.

Die Winter in Montreal werden aufgrund des kontinentalen Klimas als schwer berechenbar beschrieben. Pro Winter fallen üblicherweise ca. 2 bis 3 m Schnee. Als Main-Events bezeichnete Wetterereignisse, bei welchen mehr als 10 cm Neuschnee fällt, gibt es etwa fünfmal im Jahr. Die Zahl der Tage mit weniger Schneefall wird mit 30 bis 40 angegeben. Die Herausforderungen für den Winterdienst liegen hauptsächlich in der Bewältigung der Schneemengen, Glatteis ist kein größeres Problem.

Der Winterdienst in Montreal liegt im Verantwortungsbereich der Stadtbezirke (Boroughs). Diese sind selbstständig für die Durchführung des Winterdienstes sowie die technische Ausrüstung verantwortlich. Eine stadtweite Kooperation besteht jedoch z. B. bei der Beschaffung von Fahrzeugen. Innerhalb der Stadtbezirke werden ca. 40 bis 50 % der Flächen von privaten Dienstleistern geräumt.

Es wird grundsätzlich eine Schwarzräumung angestrebt. Aufgrund der geographischen Lage ist auch im Winter mit häufigem Sonnenschein zu rechnen, übrig gebliebener Schnee könnte daher antauen und wieder gefrieren, der Gefahr von Glatteis soll daher vorgebeugt werden. Genauere, stadtweite Qualitätskriterien sind noch nicht vorhanden, auch da die Stadtbezirke dem Winterdienst auf Radwegeverbindungen nicht die gleiche Priorität einräumen. Während in manchen Stadtbezirken auf eine durchgehende Befahrbarkeit Wert gelegt wird, finden die Belange des Radverkehrs in anderen Stadtbezirken kaum Beachtung. Die Schaffung einheitlicher Standards ist jedoch angedacht und in Arbeit. So sollen ca. 40 % der Radwege in eine Art Winternetz integriert werden. Strategie ist, lieber ein kleineres, aber dafür gut betreutes Netz zu unterhalten. Aktuell seien ca. 10 % der Radwege ganzjährig durchgehend sehr gut befahrbar.

Interkommunale Kooperationen bezüglich des Winterdienstes auf die Stadtgrenze überschreitenden Radwegeverbindungen sind nicht vorhanden.

Eine Priorisierung von Radwegen gegenüber Fahrbahnen gibt es in Montreal nicht. Stattdessen haben straßenparallele Radwege die jeweils gleiche Priorität wie die Fahrbahn, zu welcher sie parallel verlaufen. Bei der Vergabe von Dienstleistungsverträgen wird die Räumung und Streuung einer Straße als einheitliche Leistung betrachtet, welche alle notwendigen Tätigkeiten auf allen Verkehrsflächen im Straßenraum beinhaltet. Entsprechend wird auch im Einsatz keine Fläche einer Straße priorisiert behandelt. Die Räumung wird daher i. d. R. gleichzeitig gestartet, aufgrund der höheren möglichen Geschwindigkeiten auf den Fahrbahnen sind die Einsätze auf diesen jedoch meist zuerst abgeschlossen. Markierte Radwegführungen auf der Fahrbahn werden gemeinsam mit der Fahrbahn geräumt. Eigenständig trassierte Radwege werden unabhängig betreut. Der Zustand auf diesen Radwegen wird als im Regelfall besser beschrieben. Bei noch nicht geräumten Radwegen weichen Radfahrende eher auf den Gehweg aus, nur bei wenig Verkehr auch auf die Fahrbahn.

Präventive Einsätze sind eher selten, und werden nur bei Wetterlagen wie Eisregen durchgeführt. Normalerweise werden Einsätze lediglich reaktiv ausgelöst.

Im Winterdienst auf Radwegeverbindungen kommen in Montreal verschiedene Fahrzeugtypen zum Einsatz. Beliebte sind aufgrund ihrer Flexibilität und einfachen Instandhaltung Pickup-Trucks, die als in der Summe am effizientesten beschrieben werden. Eingesetzt werden diese insbesondere auf Wegen mit einer Breite von mehr als 2,50 m. Für schmalere Wege werden auch Kleintraktoren sowie vereinzelt Schmalspur-Kettenfahrzeuge genutzt, welche dann mit Anhängerstreuern ausgerüstet sind.

Die Räumung erfolgt mit Pflügen. In einzelnen Stadtbezirken wurden die Besen zur Räumung geringer Schneemengen (1 bis 3 cm) bereits genutzt, positive Erfahrungen wurden

dabei bei der Nach-Räumung unmittelbar im Anschluss an die erste Räumung mit einem Pflug gemacht.

Werden durch die Menge an geräumtem Schnee starke Beeinträchtigungen des ruhenden Verkehrs am Straßenrand absehbar (Schneehöhe ca. 20 bis 25 cm), wird der Abtransport des Schnees angeordnet (sog. Snow-Removals). Dabei wird eine Straße auf gesamter Breite vollständig von Schnee befreit, das Parken ist hierfür nacheinander auf je einer Straßenseite für 12 Stunden untersagt. Diese aufwändigen Einsätze finden ca. fünf- bis sechsmal pro Saison (beginnend Mitte November) statt, die Straßen bleiben jedoch im Anschluss teils tagelang schwarz.

An Stellen, an welchen sich Einsatzrouten überschneiden, z. B. Knotenpunkte, ist der zuletzt agierende Fahrer dafür verantwortlich, dass alle Flächen und Übergänge vollständig geräumt sind. Allgemein wird die Situation an solchen Orten jedoch als eher unkritisch bezeichnet, sofern überall genug Platz zur Ablagerung des geräumten Schnees zur Verfügung steht.

Gestreut wird seit einigen Jahren auf Fahrbahnen und Radwegen überwiegend mit Feuchtsalz (NaCl). Bemerkenswert sind dabei die sehr großen Mengen an Streusalz, typisch sind Streudichten von 125 g/m². Als Grund hierfür wird angegeben, dass bei geringeren Schneemengen meist lieber nur eine Streuung statt auch einer Räumung stattfindet. Im Gegensatz zu den Streumaschinen für die Fahrbahnen können jene, welche auf Radwegen eingesetzt werden, während der Fahrt nicht in ihrer Dosierung geändert werden. Die Ausbringung großer Mengen an Streusalz bedingt starke Schäden durch Korrosion. Der jährliche Verbrauch von Streusalz beträgt in Montreal insgesamt ca. 100.000 t, in den Bezirken werden bei durchschnittlich ca. 150 km Verkehrswegen je 5.000 t gestreut. Dieses Vorgehen, so viel Streusalz wie nötig einzusetzen, wird aufgrund der Nachteile selbstkritisch hinterfragt. Grundsätzlich würde man gerne auf andere auftauende Streustoffe zurückgreifen. Aktuell in der Testphase sind die Ausbringung von CaCl₂ und NaCl als FS 100. Eine wissenschaftliche Studie zum Einsatz von reiner Sole wird an der Universität Montreal angefertigt.

Als konkretes Problem werden auch Radwege in Parks genannt, welche trotz ihrer zentralen Bedeutung als wichtige Achse für den Radverkehr über keine Entwässerung verfügen, weshalb das Ausbringen von Streusalz in der üblichen beschriebenen Form aus ökologischen Gründen nicht möglich ist. Stattdessen müssen parallele Routen gesucht werden, auf welchen der Winterdienst möglich ist. Einige Parks unterstehen auch der Verwaltung anderer Stellen (z. B. der nationalen Regierung).

Bei der Planung neuer Verkehrsinfrastruktur wird auf die Schaffung von Pufferflächen zur Schneeablagerung geachtet. Deren Breite beträgt meist einen Meter. Die Pufferflächen sollen nicht nur das Öffnen der Beifahrertüren bei angrenzenden Parkstreifen sicherer machen, sondern auch die Anzahl der notwendigen Snow-Removals minimieren. Neben den starken Eingriffen in den Verkehrsablauf bei diesen Verfahren stehen hier auch ökonomische Aspekte im Vordergrund, so kostet der Abtransport von Schnee in Montreal umgerechnet ca. 100 Mio. € pro Jahr. Die Erhöhung der Lagerkapazitäten für Schnee direkt im Straßenraum würde daher weniger Einsätze bedingen und finanzielle Einsparungen ermöglichen.

Eine Besonderheit in Montreal ist das gut ausgebaute Bikesharing-System mit ca. 8.000 Fahrrädern sowie 1.000 E-Bikes/Pedelecs. Dieses wird jedoch nur saisonal vom 15. April bis 15. November betrieben, u. a. da Stationen häufig auf Stellflächen stehen, welche im Winter bei Räumeeinsätzen sowie den Snow-Removals im Weg wären.

Empfohlen wird interessierten Radfahrenden die Anschaffung eines robusten Fahrrads für die Nutzung im Winter. Spike-Reifen werden hingegen trotz ihrer Verbreitung nicht empfohlen, da die Fahrt mit diesen auf vollständig geräumten Wegen nicht angenehm sei. Tipps und Workshops zum Fahrradfahren im Winter werden auch von der privaten Organisation Vélo Québec gegeben. Es hat sich eine insbesondere in den sozialen Netzwerken aktive Gruppe (ca. 10.000 Mitglieder) von auch im Winter fahrenden Radfahrenden gebildet. Die Mentalität der meisten Radfahrenden sei jedoch, dass der Radverkehr im Winter schlicht nicht als Option gesehen wird. Einige Radfahrstreifen sind sogar nur saisonal geöffnet, und werden im Winter als Stellplätze für Kfz genutzt. Das festgesetzte Öffnungs- und Schließdatum wird jedoch häufig missachtet, teils parken Kfz länger (Herbst) oder früher (Frühjahr) auf diesen Flächen.

Eine dynamische Bereitstellung von Echtzeit-Informationen gibt es in Montreal derzeit nicht. Allerdings werden in den erwähnten Gruppen in sozialen Netzwerken Informationen zur Befahrbarkeit unter den Radfahrenden direkt ausgetauscht.

2.6.4 Wien

Die im Osten von Österreich liegenden Hauptstadt Wien ist mit ca. 1,9 Mio. Einwohnern die größte Stadt in Österreich. Aufgrund der klimatischen mit Deutschland vergleichbaren Bedingungen und der Bemühungen, das vorhandene Radverkehrsnetz stetig auszubauen, steigt auch die Anzahl der Radverkehrsteilnehmer in Wien. Durch die winterliche Betreuung der gesamten Fahrbahnen und auch jeglicher Radverkehrsanlagen wird dem Radfahrer auch bei winterlichen Bedingungen eine befahrbare Strecke garantiert. Österreich liegt in der gemäßigten Klimazone, und weist im Januar in den flachen Landesteilen (in welchen sich die Stadt Wien befindet) üblicherweise eine Temperatur von -2 °C bis 0 °C auf [BMVIT 2015]. Somit sind die klimatischen Voraussetzungen mit jenen in Deutschland vergleichbar.

Für ein Experteninterview konnte Peter Nutz von der Stadt Wien, Bereich Winterdienst gewonnen werden. Aktuell ist Herr Nutz Leiter des Referats Planung und Winterdienst in der Wiener MA 48. Für den Winterdienst in Wien ist das Magistrat 48 (MA 48) und dort der Betriebsbereich Straßenreinigung und Winterdienst zuständig, er wird teilweise von weiteren Betriebsabteilungen unterstützt. Das Stadtgebiet wird in 13 Kehrbereiche unterteilt, welche mindestens durch einen Winterdienstlagerplatz versorgt werden können. Auf diesen stehen 31 Auftaumittelsilos sowie 17 Solemischanlagen zur Verfügung. Die Streumaschinen des MA 48 sowie der beauftragten privaten Dienstleister sind ausschließlich Feuchtsalzstreumaschinen, welche FS 30 ausbringen können, das bis auf wenige Straßenzüge überall eingesetzt wird. Für Neuanschaffungen sind Kombistreumaschinen mit Streuteller und Sprühanlage vorgesehen, welche FS 50 bzw. FS 100 ausbringen können.

Im Kolloquium Straßenbetrieb 2017 der FGSV beschreibt Peter Nutz, für den Winterdienst zuständiger Magistrat der Stadt Wien für Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark, das sogenannte „Winterradler“-Konzept in der österreichischen Hauptstadt [NUTZ 2017].

Da der Radverkehr in Wien in den vergangenen Jahren stetig an Bedeutung gewonnen hat, werden seit 2009 Maßnahmen zur besseren winterlichen Betreuung forciert. Die Grundlage hierfür ist ein Winterbasisradwegenetz, das priorisiert winterdienstlich betreut wird. Die restlichen ca. 1.000 km Radwegeverbindungen werden gemeinsam mit dem Straßennetz betreut. Das Winterbasisradwegenetz soll eine möglichst große Durchgängigkeit der Hauptradwege ermöglichen. Bild 13 zeigt das Winterbasisradwegenetz in Wien 2020/2021, die Haupttrouten sind dabei rot markiert.

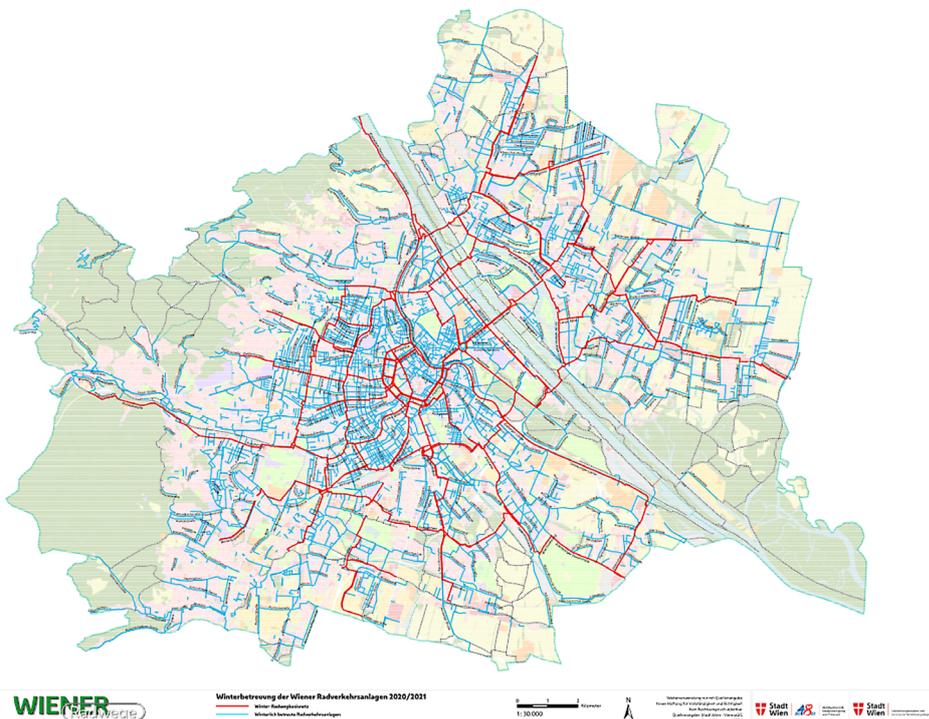


Bild 13: Winternetz in Wien 2020/2021 [Stadt Wien - ViennaGIS 2020]

Der Winterdienst in Wien erfolgt ausschließlich auf befestigten Straßen und Radwegen. Radverkehrsanlagen an bzw. auf der Fahrbahn werden durch die großen Winterdienstfahrzeuge geräumt. Radwege, welche separat geführt werden, werden durch eingesetzte Kleintraktoren mit separaten Solestreuern auf Anhängern betreut (Winterradler). Die Betreuung der Radwege des Hauptroutennetzes, welches durch separat geführte Radwege gekennzeichnet ist, erfolgt ausschließlich durch die Stadt Wien. Gemeinsame Geh- und Radwege werden jedoch durch Fremdunternehmen betreut. In Parkanlagen und auf Parkflächen findet kein Winterdienst statt, da in Wien das Radfahren in solchen Parkanlagen verboten ist. Da für einige Abschnitte die Zuständigkeit eigentlich bei anderen Dienststellen als der MA 48 liegt, wurden Verwaltungsabkommen geschlossen, welche durch eine einheitliche Betreuung des MA 48 einen einheitlichen Leistungsstandard bewirken sollen. Neben der MA 48 werden bestimmte Abschnitte auch von Dienstleistern betreut, dem MA 48 obliegt jedoch trotzdem die Gesamtplanung- und Koordination.

Für die getrennten Radverkehrsanlagen, welche den Großteil des Radnetzes in Wien darstellen, wird ausschließlich Natriumchlorid-Sole aus Siedesalz verwendet. Da das Siedesalz einen hohen Reinheitsgrad hat, ist es für die eigene Herstellung der Sole sehr gut geeignet. Diese Methodik hat sich in den letzten 10 Jahren durchaus bewährt. Auf eine Streuung von abstumpfenden Streumitteln wird in Wien soweit möglich komplett verzichtet. Die Ausbringung der Streustoffe und die entsprechende Streumenge richtet sich nach der Tabelle für die Menge an Streumitteln auf Fahrbahnen und Radwegen. Diese Angaben sind vergleichbar mit den in Deutschland empfohlenen Streudichten der FGSV. Die Dokumentation der Einsatzdaten erfolgt händisch auf Papier. Das Personal dokumentiert die Straße mit entsprechender Uhrzeit bei der Räumung.



Bild 14: Semimobile Solemischanlage in Wien [NUTZ 2017]

Wien verfügt bei der Winterdienstbetreuung über ca. 50 Kleintraktoren und ca. 6 „Winter- radler“. Dazu kommen eine Vielzahl an Großfahrzeugen, was in der Summe eine Anzahl von ca. 350 Fahrzeugen im Winterdiensteinsatz ausmacht. Die Räumung der Radwege erfolgt ausschließlich durch Keilpflüge. Weiterhin verwendet die Stadt Wien sogenannte semimobile Solemischanlagen, welche eine händische Herstellung von Sole in kürzester Zeit ermöglichen. Diese semimobilen Solemischanlagen stellen unter Zugabe von Wasser und Salz (manuelle Zugabe von Salz in Sackware) möglichst einfach und schnell Sole zur Austragung im Winterdienst her. Insgesamt sind zur Versorgung des Winterdienstfuhrparks mit Streustoffen 13 Winterdienstlagerplätze vorhanden. Da diese jedoch insbesondere für die das Winternetz des Radverkehrs betreuenden Kleintraktoren auf bestimmten Routen kaum erreichbar sind, wurden im gesamten Stadtgebiet in städtischen Gebäuden semi- mobile Solemischanlagen mit einem Fassungsvermögen von 1.200 l aufgestellt (s. Bild 14). Somit soll den Kleintraktoren der Straßenreinigung auf allen Routen entweder ein Winterdienstlagerplatz oder eine Solemischanlage in unmittelbarer Nähe zum Betanken zur Verfügung stehen.

Es wird in der gesamten Stadt Wien grundsätzlich eine Schwarzzäumung angestrebt. Laut Nutz werden in Wien alle Fahrbahnen und auch alle Radwege durch den Winterdienst be- treut und vollständig geräumt. Die Winterdiensteinsätze beginnen um 06:00 Uhr morgens, können aber unter bestimmten Gegebenheiten durch das operative Personal früher gestar- tet werden. Die Winterdiensteinsätze beginnen auf den Fahrbahnen durch die Großfahr- zeuge und auf den Radwegen durch die Kleintraktoren zeitgleich. Eine Priorisierung der Fahrbahn ist in Wien nicht vorhanden, jedoch dauert aufgrund der Geschwindigkeiten die Betreuung der Radwege meistens länger als die der Fahrbahn. Für die Winterdiensteinsätze gilt eine Umlaufzeit von 12 Stunden mit entsprechenden Wiederholungseinsätzen sowie Kontrollfahrten. Dies bedeutet, dass die Einsätze in Wien bei winterlichen Bedingungen alle 12 Stunden wiederholt werden müssen. Auch eine Priorisierung der zu räumenden Radwege ist in Wien nicht wirklich untergliedert. Durch die Betreuung sämtlicher Radwege und der vollständigen Räumung ist die Priorisierung lediglich auf die Durchgängigkeit bei den Winterdiensteinsätzen einzuordnen. Dies bedeutet, dass die Durchgängigkeit der Ein-

satzfahrten priorisiert und eine Häufung von Schnittstellen vermieden wird, um möglichst wenig Zeitverlust bei den Einsatzfahrten zu generieren. Sonstige Problemstellen werden durch das Personal manuell betreut.

Bei der Planung, dem Umbau von Altbeständen und der Entwicklung neuer Routen findet ein stetiger Austausch der betroffenen Parteien statt. Laut Nutz funktioniert in diesem Bereich die Zusammenarbeit besonders gut und planerische Wünsche sowie Problemstellen werden von den zuständigen Parteien angenommen und schnellstmöglich behoben. Aufgrund der neuen Mindestbreiten für Radverkehrsanlagen in Wien werden die planerischen Probleme für Neubauten immer weniger, lediglich die Altbestände führen immer häufiger zu Problemen speziell wegen zu geringer Breiten. Durch Testläufe und Versuchsreihen vor der Durchführung von Projekten werden die Befahrungen und Problemstellen getestet und frühzeitig erkannt, sodass zukünftige Problematiken schon vor Beginn der Bauphase vermieden werden.

Probleme bei der winterlichen Betreuung sind häufig Verkehrsschilder, welche die Breiten und die Höhen der Radwege eingrenzen und somit ein Problem für die Kleintraktoren und die Geräte darstellen. Weiteres Problem stellen wie in vielen anderen Ländern und Kommunen die umlegbaren Poller dar. Speziell in Wien ist aber die ca. 3 cm breite und schräge Kante zwischen Gehweg und Radweg mit entsprechendem Höhenversatz häufig eines der größten Probleme. Durch z. B. Beschilderung wird die befahrbare Breite des Radwegs an manchen Stellen deutlich verkleinert, was dazu führt, dass an lokalen Stellen nicht erfolgreich geräumt werden kann, da die Fahrzeuge den Bereich (die Schräge) überfahren müssen. In der Innenstadt wird es immer problematischer, den geräumten Schnee ohne Behinderung der Anwohner oder der Verkehrsteilnehmer abzulagern. Die Anwohner räumen aufgrund des Platzmangels den Schnee vom Gehweg auf die Fahrbahn oder auch auf den Radweg, was schnell zu Unfällen führen kann. Aufgrund der Gesetzeslage werden diese Unfälle auch problematisch für das gesamte Personal. In Wien führen Stürze und Verletzungen zu einer Anklage. Die Anklage erfolgt aufgrund der Gesetzeslage nur an eine reale Person und stellt damit das gesamte Personal unter hohen Druck.

Es findet keine Absprache mit den Grenzbezirken und Grenzgebieten statt, da wenig Radwege aus Wien in benachbarte Kommunen führen.

Wien veröffentlicht über die Homepage die Pläne und auch Tipps für das Winterradnetz und die Befahrung im Winter. Vorgaben bezüglich der Ausstattung gibt es nicht, da in Wien eine Schwarzräumung der gesamten Strecken und Routen erfolgt. Es werden lediglich Empfehlungen für den Radfahrer ausgesprochen. Über die Info-App „Sag's Wien“ hat der Bürger die Möglichkeit, Beschwerden und Rückmeldungen oder sonstige Mitteilungen bezüglich der eigenen Erfahrungen direkt zu melden.

NUTZ [2017] zieht ein positives Resümee aus den implementierten Methoden und Maßnahmen:

„Die Ausbringung von Sole mittels Sprühbalken ist besonders gut für Radwege geeignet, da hier keine Kfz zur Längsverteilung des Streusalzes beitragen. Insgesamt zeigt sich, dass die reine Solestreuung auf Radwegen gut funktioniert, wobei die Abnahme der Wirksamkeit von Sole bei tiefen Temperaturen bemerkbar ist. Daher ist auf Radwegen besonders auf ein gutes Räumergebnis zu achten. Hier haben die geringe Belastung des Belags und das damit verbundene Fehlen von Spurrillen positive Auswirkungen. Bei der Auswahl geeigneter Fahrzeuge bzw. Techniken ist jedenfalls auch die Versorgung mit Streumittel zu betrachten. Ebenso sind die geplanten Routen zu prüfen, ob ein durchgängiges Befahren mit den Fahrzeugen auch möglich ist.“

Bezeichnend für den Erfolg des Modells sei die hohe Zufriedenheit der Wiener Bevölkerung, welche sich in einer Umfrage 2017 zeigte. Dabei beurteilten 42 % der Befragten den Winterdienst auf Radwegeverbindungen als positiv, lediglich 15 % äußerten sich negativ [NUTZ 2017].

2.6.5 Hannover

In Hannover gab es in den Jahren 2013 bis 2016 einen umfangreichen Testbetrieb im Winterdienst des Zweckverbandes Abfallwirtschaft Region Hannover (aha), bei welchem über den Verlauf von drei Wintern der Einsatz von FS 100 auf Radwegeverbindungen getestet wurde.

Zwar gibt es seit 1999 ein Winterdienstnetz für Radwege in Hannover, doch dieses sowie die herkömmliche Räum- und Streutechnik (u. a. mit Sand als Streustoff) erwiesen sich bei stärkeren Niederschlägen als unzureichend. Gemeinsam mit dem ADFC wurde zum Winter 2010/2011 ein umfangreicheres Netz entwickelt, welches jedoch im folgenden Winter immer noch als unzureichend kritisiert wurde. Daraufhin wurde das Winternetz der Radwegeverbindungen erneut erweitert und hat einen Umfang von 250 km. Es wurde der Entschluss gefasst, nach dem Vorbild Göttingen eine Räumung und Streuung der Radwege mit Vorräumbesen und Solesprühung ab 2013/2014 für 3 Jahre zu testen. Eine Teststrecke im Stadtteil List wurde eingerichtet, angrenzend wurde auf einer vergleichbaren Referenzstrecke ein herkömmliches Räumfahrzeug eingesetzt (s. Bild 15). Genutzt wurde ein Trägerfahrzeug mit Solestreuer (Fassungsvermögen 1.000 l).



Bild 15: Teststrecke zur Ausbringung von FS 100 (blau) und herkömmlich geräumte Vergleichsstrecke (rot) [HEBERLEIN 2017]

Im Testzeitraum wurden folgende Daten durch die beteiligten Betriebsstätten zu den Einsätzen erfasst:

- Datum, Einsatzbeginn, Einsatzende
- Wetterlage, Niederschlag, Temperatur Boden/Luft
- Verbrauch Salz, Verbrauch Sole
- Gefahrene Einsätze (Kontrolle, Streuen, Räumen), Streulänge
- Bemerkungen

Der zuständige Sachgebietsleiter des aha, Burkhard Heberlein, stellte hierzu fest: „Nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen und unter Auswertung der eingesetzten Räum- und

Streutechnik hat sich die reine Solestreuung auf Radwegen bewährt“ [HEBERLEIN 2017]. Wie in Kapitel 2.2.4 beschrieben, war die angewandte Streudichte zwar in einigen Fällen zu gering, insgesamt konnten gegenüber der Vergleichsstrecke jedoch 67 % Salz eingespart werden. Ein Beispiel für einen mit reiner Sole präparierten Radweg ist in Bild 16 dargestellt.



Bild 16: Mit FS 100 präparierter Radweg in Hannover (Bild: aha-Archiv)

3 Untersuchungen zum Winterdienst in ausgewählten Kommunen

3.1 Auswahl der Kommunen

Für die vorgesehenen Untersuchungen zum Winterdienst wurden die drei folgenden Kommunen ausgewählt. Diese Auswahl wurde im Rahmen der ersten Betreuergruppensitzung am 08.06.2020 getroffen. Alle Kommunen sind im AA 3.12 „Winterdienst“ der FGSV und in der Betreuergruppe zum FE-Vorhaben vertreten.

Karlsruhe

Karlsruhe mit ca. 330.000 Einwohnern liegt in der Oberrheinischen Tiefebene. Ein Großteil des Stadtgebietes liegt auf Höhen von ca. 100 müNN. Nur die östlichen Stadtteile liegen auf Höhen bis ca. 200 müNN. Das Klima in Karlsruhe ist im Winter eher mild. Es gibt wenige Schneefälle, so dass die wesentliche Aufgabe des Winterdienstes die Glättebekämpfung ist.

Karlsruhe hat einen hohen Radverkehrsanteil, zum einen ist dies auf die günstige Topografie und Flächenausdehnung sowie den hohen Bevölkerungsanteil jüngerer Einwohner zurückzuführen. Zum anderen resultiert dies auch aus den zahlreichen Planungsmaßnahmen in den vergangenen Jahren, die gezielt den Radverkehrsanteil in der Stadt gesteigert haben. Daher wurde Karlsruhe unter anderem beim ADFC Fahrradklimatest 2020 in der Kategorie der Städte mit 200.000 bis 500.000 Einwohnern zur fahrradfreundlichsten Stadt in Deutschland gewählt. Auch durch das Land Baden-Württemberg wurde die Stadt 2011 und 2017 als fahrradfreundliche Kommune ausgezeichnet [Stadt Karlsruhe 2021].

Radwegeverbindungen haben in der Regel wenig Längsneigung, bis auf die Verbindungen in die Höhenstadtteile im östlichen Stadtgebiet. Im Winterdienst werden in Karlsruhe auch auf den Radwegen ausschließlich auftauende Streustoffe eingesetzt. Der Winterdienst wird durch das Amt für Abfallwirtschaft (AfA) durchgeführt. Auf den Radwegen kommen auch private Unternehmen zum Einsatz.

Als Standort der Hochschule Karlsruhe bietet sich die Stadt Karlsruhe als Kommune für die Durchführung von Untersuchungen zum Winterdienst auf Radwegeverbindungen an. Unter anderem befindet sich in Karlsruhe eine innerstädtische Straßenwetterstation, bei der sowohl auf der Fahrbahn als auch auf dem Radweg Fahrbahnsensoren verbaut sind, so dass hier Daten zur Analyse von Oberflächentemperatur und -zustand auf einem Radweg (s. Kapitel 5.1) durchgeführt werden können.

Köln

Köln mit ca. 1 Million Einwohnern liegt ebenfalls am Rhein und ist klimatisch ähnlich wie Karlsruhe vor allem durch eher milde winterliche Witterung geprägt. Schneefälle sind selten. Auch hier steht die Glättebekämpfung im Winterdienst im Vordergrund. Die Topografie ist ebenfalls weitgehend eben, was zu einem hohen Radverkehrsanteil beiträgt. Auch in Köln werden auf den Radwegen abstumpfende Streustoffe eingesetzt. Hier gibt es auch erste Pilotversuche zum Einsatz von FS 100. Für den Winterdienst in Köln sind die Abfallwirtschaftsbetriebe (AWB) zuständig.

Aufgrund der Nähe zur Bundesanstalt für Straßenwesen in Bergisch Gladbach bot es sich an, in Köln unter anderem auch Untersuchungen zum Liegeverhalten von Streustoffen auf Radwegen (s. Kapitel 5.2) durchzuführen.

München

München hat knapp 1,5 Millionen Einwohner und ist damit drittgrößte Stadt in Deutschland. München liegt im Alpenvorland auf ca. 500 bis 600 m üNN. Das Stadtgebiet ist ebenfalls weitgehend eben und nicht durch besondere Erhebungen geprägt. Aufgrund seiner Lage im Alpenvorland und der Höhenlage ist die Witterung in München im Winter durch häufigere Schneefälle und stärkere winterliche Witterungsperioden geprägt.

Für den Winterdienst auf den Radwegen ist das städtische Baureferat in München zuständig. Im innerstädtischen Bereich werden für den Winterdienst abstumpfende Streustoffe durch Mitarbeiter des Tiefbauamtes eingesetzt. In den Außenbezirken kommen private Unternehmen auf den Radwegen zum Einsatz, die abstumpfende Streustoffe verwenden.

3.2 Organisation und Infrastruktur

3.2.1 Karlsruhe

In Karlsruhe besteht ein ausgewiesenes Winternetz für den Radverkehr (s. auch Kapitel 2.6), welches Strecken mit einer Gesamtlänge von ca. 220 km umfasst. Dies entspricht einem Umfang von 40 % des regulären Radnetzes. Dieses Winternetz besteht seit dem Jahr 2011 und wird gemeinsam mit dem Karlsruher Stadtplanungsamt sowie dem ADFC und dem VCD weiterentwickelt.

Neben dem AfA betreut auch ein beauftragter Dienstleister Verbindungen im Winternetz. Dieser trägt dabei die Hauptlast bei der Räumung und Streuung der Radwegeverbindungen in Karlsruhe. Die vertraglich vereinbarten Strecken und Abschnitte, welche durch den Dienstleister betreut werden, sind eindeutig definiert. Da der Markt für diese Dienstleistung eher klein ist, nur wenige Anbieter vorhanden sind und die Leistungen in Bezug auf Personal und Material eine gewisse Planungssicherheit benötigen, werden die Aufträge des AfA für einen möglichst langen Zeitraum ausgeschrieben und vergeben.

Das AfA setzt auf den von ihm betreuten Verbindungen vier Kleinfahrzeuge ein. Diese sind, sofern die Schneedecke nicht zu hoch und zu schwer ist, mit Kehrwalze zur Räumung der Radwege ausgestattet. Der beauftragte Dienstleister nutzt zehn Kleinfahrzeuge für den Winterdienst auf Radwegeverbindungen, diese sind gemäß den aktuellen Vertragsvorgaben zur Räumung lediglich mit Pflügen bestückt. Die Räumung mit Kehrwalze soll jedoch im Rahmen der nächsten Ausschreibung der Winterdienstleistungen festgeschrieben werden.

Seit dem Jahr 2011 werden im Winterdienst auf Karlsruher Radwegeverbindungen nur noch auftauende Streustoffe verwendet. Lediglich das Gartenbauamt nutzt für Verbindungen in seinem Zuständigkeitsbereich (z. B. Parks) Blähton als abstumpfenden Streustoff. Grundsätzlich wird ansonsten als Streustoff FS 30 ausgebracht, im Bereich von Brücken und Grünanlagen wird jedoch auch mit jeweils einem Fahrzeug FS 100 eingesetzt. Der Einsatz von FS 100 hat sich grundsätzlich bewährt und soll in Zukunft weiter ausgebaut werden. Nur bei langanhaltendem Schneefall kam es hiermit zu Problemen, da die Streuung häufiger wiederholt werden musste. Die genutzte Salzlösung (Natriumchlorid) wird vom AfA mit einer Salzlöseanlage selbst hergestellt. Gemäß vertraglicher Vereinbarung stellt das AfA dem beauftragten Dienstleister, welcher seinen Sitz im nördlichen Stadtteil Hagsfeld hat, die notwendigen Streustoffe am Standort des AfA in der Ottostraße zur Verfügung. In den höher gelegenen südöstlichen Karlsruher Stadtteilen sind eigene Salzsilos vorhanden, da der Winterdienst hier separat in Verantwortung der Ortsbauämter stattfindet. Sole muss jedoch trotzdem am Standort des AfA getankt werden.

Zur Erfassung von Einsatzdaten wird seit zwei Jahren das System TraceMate der Firma BlueWorld genutzt. Dieses ist GPS-basiert und auf allen Fahrzeugen des AfA sowie des Dienstleisters installiert und zeichnet alle relevanten Einsatzdaten auf (Position, Betriebszustände etc.). Die Daten können in Echtzeit dargestellt werden. Mit Hilfe der Einsatzdatenerfassung kann die Erbringung der vertraglich vereinbarten Leistungen des Dienstleisters durch das AfA überprüft werden. Ebenfalls dient das aufgezeichnete Material ggf. als Nachweis bei Unfällen oder Beschwerden der Bürger. Das TraceMate- System ermöglicht die Navigation der Route mit Anzeige von Parametern, wie der Straßenbreite.

Der Zeitraum, in welchem Personal und Material für Winterdienstseinsätze bereitgehalten werden, erstreckt sich vom 15. Oktober bis zum 15. April. Das Stammpersonal des AfA für den Winterdienst auf Radwegeverbindungen besteht aus zwei Mitarbeitern, welche ab 03:00 Uhr nachts im Einsatz sind. Falls Schneefall nach Dienstende dieser Mitarbeiter eintritt, muss ggf. ein Kollege eine erneute Räumung und Streuung durchführen, da die Personalressourcen für einen durchgehenden 2-Schichten-Dienst nach Aussage des AfA zu gering sind. Das Stammpersonal des AfA ist vom 15. Oktober bis zum 15. April entsprechend einem Bereitschaftsplan erreichbar, außerdem befindet sich ein Einsatzleiter in 24-stündiger Rufbereitschaft. Gemäß einer Dienstvereinbarung kann bei Bedarf die Arbeitszeit auf bis zu 12 Stunden erhöht und die vorgeschriebene Ruhezeit auf bis zu 9 Stunden gesenkt werden.

Bestimmte Abschnitte im Winternetz, wie etwa die Radwege auf Brücken, werden je nach zu erwartender Witterung ggf. präventiv gestreut, die Entscheidung hierüber trifft der Fahrer eigenständig und gibt seine Entscheidung an den Einsatzleiter weiter.

Vor der Winterperiode finden Abstimmungstreffen des AfA mit verschiedenen Stakeholdern, etwa der Polizei und dem Landkreis, statt. Eine systematische Kooperation der Stadtverwaltung sowie des AfA mit benachbarten Kommunen und Landkreisen zur Festlegung winterdienstlich betreuter Radwegeverbindungen und der Abstimmung von Winterdienstseinsätzen findet jedoch nicht statt. Dies ist ein vom Stadtplanungsamt und dem AfA identifiziertes Handlungsfeld, welches in Zukunft verbessert werden soll. Vereinzelt bestehen Absprachen mit Nachbarkommunen, beispielweise mit der Stadt Wörth bezüglich der Betreuung der Rheinbrücke.

Als Beispiel für Probleme mit der Betreuung von Radwegeverbindungen angrenzend an das Karlsruher Stadtgebiet wird vom AfA der Radweg von KA-Wolfartsweier bis Ettlingen genannt, für welchen größtenteils die Stadt Ettlingen zuständig ist, die aber nicht über geeignete Fahrzeuge verfüge. Bezüglich dieser Route seien bereit viele Beschwerden beim AfA eingegangen. Die Radwegeverbindung entlang der B 36 von der Messe in Richtung Rheinstetten wird vom AfA hingegen als positives Beispiel genannt.

Feedback und Problemmeldungen können Bürger über die App KA-Feedback einreichen, das AfA erhält die das AfA betreffenden Mitteilungen und bearbeitet sie zeitnah. Die strategische Planung betreffende Inhalte werden vom AfA ggf. an das Stadtplanungsamt weitergeleitet. Bürgerinnen und Bürger können sich außerdem an die zentrale Behördenrufnummer 115 wenden.

Nach § 3 (Gegenstand der Reinigungs-, Räum- und Streupflicht) der Karlsruher Satzung über das Reinigen, Räumen und Bestreuen der Gehwege besteht für Anlieger u. a. Räum- und Streupflicht für „gemeinsame Rad- und Gehwege, die keine Trennlinie haben und durch ein Verkehrsschild nach Bild 204 (Anm.: Nach 11. Änderungsverordnung der STVO jetzt Zeichen 240, s. Bild 1) der Straßenverkehrsordnung gekennzeichnet sind“.

§ 5 (2) setzt zudem fest:

„Gehwege, Fußwege und gemeinsame Rad- und Gehwege sind auf 3/4 der Breite, höchstens bis 3 m zu räumen und zu bestreuen. [...] Zur Fahrbahn sind Zugänge zu schaffen. Flächen am Rande einer Fahrbahn sind auf 1,50 m Breite, Flächen ohne Gehwegkennzeichnung am Rande einer Fußgängerzone oder eines verkehrsberuhigten Bereiches sind, wo die Gestaltung der Straße es zulässt, auf 3 m Breite zu räumen und zu bestreuen.“

Nach § 5 (3) ist ausschließlich die Nutzung abstumpfender Streumittel zugelassen. Gemäß § 5 (4) sind die Flächen werktags bis 07:30 Uhr und an Sonn- und Feiertagen bis 09:00 Uhr zu räumen und streuen, bei Bedarf auch weiterhin im Laufe des Tages. Diese Pflicht endet um 22:00 Uhr.

Winterdienst auf Radwegeverbindungen in ausgewählten Nachbarkommunen Rheinstetten

Am 11.03.2021 fand ein Abstimmungs- und Informationsgespräch mit dem Leiter des städtischen Betriebsdienstes der Stadt Rheinstetten statt. Rheinstetten grenzt im Süden unmittelbar an Karlsruher Gemarkungsgebiet und liegt in der Rheinebene. Hierbei wurden Informationen bezüglich des Winterdienstes auf Radwegeverbindungen in Rheinstetten besprochen. Thematisiert wurden außerdem die Abstimmung und Kooperation mit dem Landkreis Karlsruhe sowie den Nachbarkommunen, insbesondere der Stadt Karlsruhe.

Radwegeverbindungen werden grundsätzlich von der Stadt Rheinstetten in Eigenleistung geräumt und gestreut. Ein externer Dienstleister ist vorhanden, betreut aber nur Gehwege mit Handkolonnen.

Verkehrswege werden allgemein in eine von zwei Prioritäten eingeteilt. In die Priorität 1 fallen Abschnitte, welche bei winterlicher Witterung gefährlich sein können, schlecht einsehbar sind (z. B. Kurven nach Kuppen), eine besondere verkehrliche Bedeutung haben, oder aus rechtlichen Gründen zwingend betreut werden müssen. Die Abschnitte der Priorität 2 werden erst dann betreut, wenn die Abschnitte der Priorität 1 bearbeitet wurden und es nicht mehr schneit. Ausgewiesene Radwegeverbindungen sind dabei grundsätzlich Abschnitte der Priorität 1.

Radwegeverbindungen werden in Rheinstetten mit Schmalspurfahrzeugen der Typen Holder und Multicar winterdienstlich betreut, die Räumung erfolgt ausschließlich mit Vario-Schneeschilden. Eine Kehrmachine ist zwar vorhanden, diese wird aufgrund der Anfälligkeit gegen Salz und Wasser nicht im Winterdienst eingesetzt. Je Streubezirk (außer jenen mit Handkolonne) ist ein eigenes Fahrzeug vorgesehen.

Kreuzungsbereiche und Dreiecksinseln auf Radwegeverbindungen werden i. d. R. auch maschinell bearbeitet. Grundsätzlich wird situationsabhängig Trocken- oder Feuchtsalz auf Radwegeverbindungen gestreut. Soletanks sind an den Fahrzeugen vorhanden, auf dem Bauhof gibt es eine Solemischanlage. Reine Sole kann theoretisch über die Streuteller verteilt werden, jedoch nur ungenau. Eventuell sollen in Zukunft auch Sprühbalken für FS 100 beschafft werden.

Grundsätzlich gibt es keine formalen Absprachen mit dem Landkreis oder Nachbarkommunen. Aufgrund individueller und informeller Absprachen werden einige Radwegeverbindungen außerhalb der eigenen Zuständigkeit geräumt bzw. eigene Verbindungen durch Nachbarkommunen betreut:

- Der Karlsruher Dienstleister räumt den B 36-Radweg bis zur Einmündung Leichtsandstraße.

- Die straßenbegleitenden Radwege an den Landesstraßen (von Mörsch und Forchheim Richtung Ettlingen) werden freiwillig durch die Gemeinde Rheinstetten betreut, da der Landkreis hierzu nicht verpflichtet ist.
- Mit der südlich angrenzenden Gemeinde Durmersheim besteht ebenfalls eine Absprache: Der B 36 Radweg wird durch Rheinstetten bis an den Ortsrand geräumt.

Bezüglichen Problemen und Hindernissen im Einsatz wird angegeben, dass Pfosten teilweise ein Hindernis seien. Sie könnten festfrieren oder keine ausreichende Durchfahrtsbreite bieten.

In Rheinstetten werden zur Sperrung von Radwegen für Kfz häufig Halbschranken genutzt, welche besser und einfacher im Handling sind. An bestimmten Stellen, wie Haltestellen, müssen sie direkt nach dem Passieren wieder geschlossen werden, an anderen Stellen werden die Halbschranken saisonal offengelassen. Dies führt jedoch teilweise dazu, dass Verkehrsteilnehmer unzulässig auf Radwegen parken.

Winterdienstseinsätze werden manuell dokumentiert. Somit stehen Protokolle für die Tage, an welchen Befahrungen von Radwegeverbindungen auf einem Abschnitt in Rheinstetten durchgeführt wurden, für die Auswertung zur Verfügung (s. Kapitel 3.3.2).

Pfintzal

Am 09.03.2021 fand ein Abstimmungs- und Informationsgespräch mit dem stellvertretenden Bauamtsleiter der Gemeinde Pfintzal statt. Die Gemeinde Pfintzal mit vier Ortsteilen grenzt im Osten unmittelbar an Karlsruher Gemarkungsgebiet. Hierbei wurden Informationen bezüglich des Winterdienstes auf Radwegeverbindungen in der Gemeinde Pfintzal besprochen. Thematisiert wurden außerdem die Abstimmung und Kooperation mit dem Landkreis Karlsruhe sowie den Nachbarkommunen, insbesondere der Stadt Karlsruhe.

Das Gemeindegebiet ist durch die Tallage des Pfintzals und angrenzende Höhenlagen geprägt. Grundsätzlich werden Radwegeverbindungen in Pfintzal wie Straßen betreut. Im Gegensatz zum regulären Straßennetz gibt es jedoch keine Klassen bzw. Prioritäten. Für die winterdienstliche Betreuung der Radwegeverbindungen ist eigenes Personal vorgesehen. Ein 2-Schicht-Betrieb findet nicht statt, bei Bedarf wird das Bauamt durch das Garten- und Forstamt unterstützt. Ansonsten wird grundsätzlich nur eigenes Personal eingesetzt. Vorbeugende Einsätze auf Radwegeverbindungen finden bei Bedarf statt.

Es stehen drei Schmalspurfahrzeuge vom Typ Holder für den Winterdienst auf Radwegen und breiteren Gehwegen in der Gemeinde zur Verfügung, die auch im Sommerdienst genutzt werden. Zwei davon sind ausgerüstet zur Ausbringung von Feuchtsalz (NaCl), ein älteres Modell noch nicht. Die Sole wird vor Ort erzeugt. Ein weiteres Fahrzeug soll demnächst beschafft werden. Die Räumung findet i. d. R. nur mit einem Pflug statt. Besen sind für den Sommerdienst vorhanden, bei geringeren Schneemengen wird jedoch meist auf eine Räumung komplett verzichtet und nur gestreut. Die Fahrzeuge sind mit Thermomaten ausgestattet, welche dem Betriebspersonal die Fahrbahntemperatur anzeigen. Basierend darauf kann die Streustoffdosierung eingestellt werden. Für den Winterdienst auf den Fahrbahnen stehen vier weitere Fahrzeuge zur Verfügung, eines für jeden Ortsteil.

Einsatzdaten werden elektronisch und mit GPS nur auf den Winterdienst-Lastkraftwagen (Lkw) aufgezeichnet. In den Schmalspurfahrzeugen werden keine elektronischen Daten ausgezeichnet, sondern nur händische Protokolle geschrieben. Protokolle für die Tage, an welchen Befahrungen von Radwegeverbindungen auf einem Abschnitt in Pfintzal durchgeführt wurden, stehen für die Auswertung zur Verfügung (s. Kapitel 3.3.2).

Grundsätzlich findet keine Abstimmung mit dem Landkreis oder Nachbarkommunen statt. Theoretisch enden die winterdienstlich zu betreuenden Strecken an der Gemeindegrenze. In der Praxis findet jedoch eine informelle Abstimmung statt: Ist der Radweg, über welchen die Gemarkungsgrenze verläuft, schon erkennbar von einem Betrieb geräumt worden, muss der andere Fahrer nicht tätig werden. Dies wird etwa am Radweg Richtung Karlsruhe so praktiziert, da sich die Gemarkungsgrenze auf einem längeren Abschnitt ohne Wendemöglichkeit befindet. Alle Radwege in der Gemeinde werden durch diese winterdienstlich betreut, auch die an Bundes- und Landesstraßen.

Markante Problem-Punkte im Hauptradnetz sind nach eigener Angabe nicht bekannt.

Ettlingen

Am 08.11.2021 fand ein Abstimmungsgespräch mit drei Vertretern des Stadtbauamts (Tiefbau, Baubetriebshof) der Stadt Ettlingen statt.

Alle Winterdiensttätigkeiten auf Radwegeverbindungen in Ettlingen werden in Eigenleistung erbracht. Verkehrswege werden in Ettlingen hinsichtlich der Durchführung des Winterdienstes in fünf Prioritäten eingeordnet. Das Netz der Hauptrouten für den Radverkehr wird in der ersten Prioritätsstufe betreut, eingeschlossen jener Teil des Radnetzes, welches im Winter 2020/2021 im Rahmen des FE-Vorhabens befahren wurde (s. Kapitel 3.3.2). Winterdienstesätze beginnen zwischen 03:30 Uhr und 04:30 Uhr, auf Verbindungen der ersten Priorität sollen diese gegen 07:30 Uhr beendet werden. Die Stadt Ettlingen bezeichnet das eigene Level-of-Service im Betriebsdienst auf Radwegen als hoch.

Formelle Absprachen bezüglich der Durchführung von Winterdiensttätigkeiten an der Stadtgrenze mit angrenzenden Kommunen sowie dem Landkreis Karlsruhe sind nicht vorhanden. Es bestehen jedoch einige mündliche Absprachen mit dem Landratsamt sowie Nachbarkommunen. Auf Radwegen an den Stadtgrenzen wird je nach Ankunft des ersten Winterdienstfahrzeugs die Räumung und Streuung bis zum nächstmöglichen Wendepunkt nach der Grenze weitergeführt.

Für den Einsatz auf Radwegen stehen zwei Fahrzeuge vom Typ Holder zur Verfügung, auf Radwegen mit ausreichender Durchfahrtsbreite wird außerdem ein Multicar eingesetzt. Aufgezeichnet werden Einsätze mit einem GPS-basierten Telematik System. Gestreut werden Radwege mit Trockensalz, die Räumung findet überwiegend mit einem Pflug statt. Dies wird auch bei geringeren Schneemengen als ausreichend betrachtet. Eine Kehrwalze ist für den Winterdienst grundsätzlich vorhanden, wird jedoch nur gelegentlich eingesetzt. Auf der Fahrbahn markierte Führungsformen, welche auf vielen Verkehrsachsen in Form von Schutzstreifen vorhanden sind, können bei Schneefall meist nicht freigehalten werden, da sie als Ablagefläche für den von der Fahrbahn geräumten Schnee genutzt werden müssen.

Probleme und Verbesserungsvorschläge bezüglich der Radverkehrsinfrastruktur werden abgesehen von der nach eigener Aussage nicht praktikablen zuverlässigen Freihaltung der Schutzstreifen nicht genannt. Hindernisse wie Poller und Findlinge habe man bereits vor einigen Jahren im Stadtgebiet vollständig entfernt. Probleme hinsichtlich des Kontaktes mit Bürgern werden nicht gesehen. Ein eigener Kanal zur Einreichung von Problemstellenmeldungen ist nicht vorhanden, Hinweise gehen von Radfahrenden über das Stadtbauamt ein. Bemängelt wird jedoch die teilweise juristische Unklarheit bezüglich der Begriffe „Verkehrswichtigkeit“ und „Gefährlichkeit“, und daraus resultierend, für welche Radwegeverbindungen eine winterdienstliche Betreuung verpflichtend ist.

3.2.2 München

Zuständig für den Winterdienst ist in der Stadt München das Baureferat. Innerhalb des sogenannten Vollanschlussgebietes (das Stadtgebiet innerhalb des Mittleren Rings sowie der Kernbereich von Pasing) wird der Winterdienst durch die städtische Straßenreinigung mit eigenem Personal durchgeführt (s. Bild 17). Außerhalb des Vollanschlussgebietes sind die Winterdienstleistungen an Dienstleister vergeben.

In München werden im Winter alle baulichen Radwege – ca. 970 km – betreut. Die Radverkehrsanlagen in München sind in zwei Kategorien eingeteilt worden: Kategorie I umfasst ein für den Winterdienst priorisiertes Radverkehrsnetz (sog. Winter Routen) mit einer Gesamtlänge von ca. 155 km. Kategorie II umfasst alle sonstigen Radverkehrsanlagen im Stadtgebiet. Die Umlaufzeit für Radverkehrsanlagen der Kategorie I beträgt zwei Stunden, für Radverkehrsanlagen der Kategorie II einheitlich drei Stunden. Außerdem erfolgen, unabhängig von der Kategorie und der Restschneehöhe, zusätzliche Räumvorgänge innerhalb von 24 Stunden nach dem Schneefallereignis, bzw. in der Tauphase zur Beseitigung von Schneematsch. Schutzstreifen und Radfahrstreifen auf der Fahrbahn werden im Zuge der Radwege mitbetreut. Fahrradstraßen im Nebenstraßennetz werden ebenfalls mit einer Umlaufzeit von 3 Stunden betreut. Das Einsatzkriterium ist eine Schneehöhe von 3 cm, der Einsatz muss in der Regel eine Stunde nach Erreichen des Kriteriums begonnen werden. Im Allgemeinen findet der Winterdienst im Zeitraum von 02:00 Uhr bis 22:00 Uhr statt. Notdienste können ebenfalls eingerichtet werden. Sowohl das Baureferat als auch die beauftragten Dienstleister halten die betreuten Flächen von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr in einem verkehrssicheren Zustand. Der Zeitraum, in welchem Personal und Material für Winterdiensteseinsätze bereitgehalten werden, erstreckt sich vom 01. November bis zum 31. März, kann jedoch bei Bedarf vorverlegt und verlängert werden.

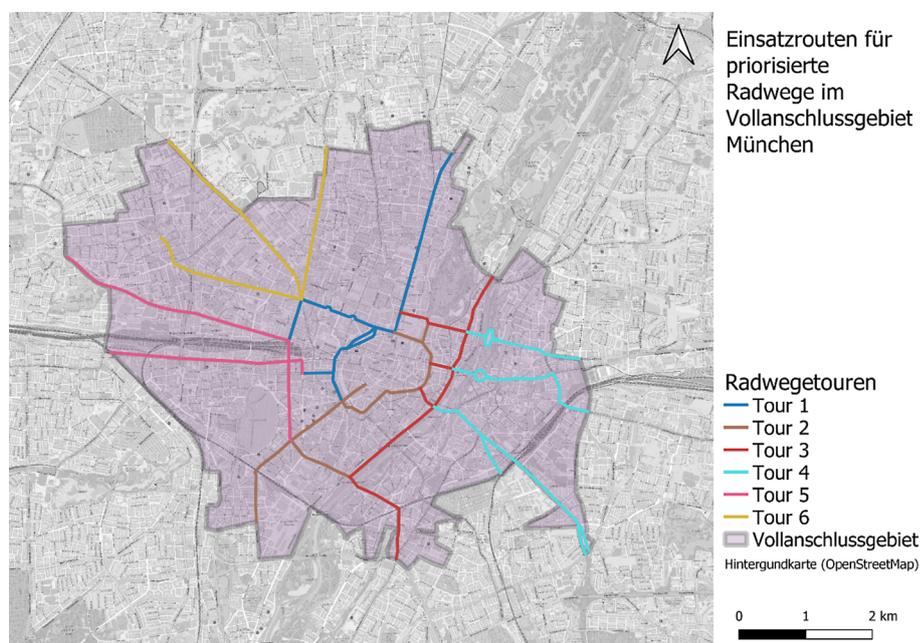


Bild 17: Vollanschlussgebiet München und priorisierte Radwegetouren, Kartengrundlage: [© OpenStreet-Map und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Auf baulich getrennten Radwegen und auf der Fahrbahn markierten Schutzstreifen setzen sowohl das Baureferat als auch die Dienstleister Kleintraktoren zur Räumung ein. Diese sind zur Räumung ausschließlich mit Pflügen ausgerüstet, Kehrwalzen werden im Winterdienst nicht genutzt. Die Anzahl der Fahrzeuge ist abhängig von der Toureneinteilung. Die

Dienstleister führen die Einsatz- und Personalplanung eigenständig durch, müssen jedoch eine vorgegebene Umlaufzeit einhalten. Fahrradstraßen werden mit herkömmlichen Winterdienstfahrzeugen geräumt.

Aus ökologischen Überlegungen der Stadt München werden auftauende Streustoffe lediglich auf Hauptstraßen sowie Verkehrswegen mit Linienbusverkehr eingesetzt. Ansonsten wird vom Baureferat sowie den beauftragten Dienstleistern Splitt mit einer Körnung 2/5 verwendet. Auftauende Streustoffe werden grundsätzlich nur durch die Stadt ausgebracht, dies betrifft auch die Einsatzgebiete außerhalb des Vollanschlussgebietes.

Die Einsatzdatenerfassung außerhalb des Vollanschlussgebietes liegt in der Verantwortung der beauftragten Dienstleister, sie erfolgt teilweise manuell, teilweise automatisiert. Im Verantwortungsbereich des Baureferats werden Einsatzdaten manuell erfasst. Der jeweilige Fahrer bestätigt die Tour durch Zeiteintragungen in der Routenliste.

Zur Qualitätskontrolle setzt das Baureferat stadtweit Straßenbegeher ein, welche den verkehrssicheren Zustand auf öffentlichen Flächen prüfen. Im Fall des Winterdienstes werden sowohl die Eigenleistungen als auch die Leistungen des Dienstleisters überprüft. Außerdem gibt es im Winter stichprobenartige Kontrollen neuralgischer Punkte im Radnetz, etwa von Übergängen oder Schutzstreifen.

Eine Kooperation des Baureferats mit benachbarten Kommunen und Landkreisen zur winterdienstlichen Betreuung von Radwegeverbindungen ist nicht gegeben, da dies nach Angabe des Baureferats aufgrund des umfangreichen Radwegenetzes nicht praktikabel wäre.

Innerhalb des Vollanschlussgebietes werden keine winterdienstlichen Pflichten auf die Anlieger übertragen. Außerhalb des Vollanschlussgebietes sind Anlieger nach der Straßenreinigungs- und Sicherungsverordnung dazu verpflichtet, Gehwege, nicht jedoch Radwege, von Schnee und Eis freizuhalten und bei Glätte zu streuen. Als Streumittel sind Splitt und Sand zugelassen, Streusalz darf nicht genutzt werden. Diese Pflicht beginnt werktags um 07:00 Uhr und endet um 20:00 Uhr, an Sonn- und Feiertagen beginnt die Pflicht um 08:00 Uhr.

3.2.3 Köln

Zuständig für den Winterdienst auf Radwegeverbindungen in Köln sind die Abfallwirtschaftsbetriebe Köln GmbH (AWB).

In Köln werden von der AWB im Rahmen der Straßenreinigung ca. 180 km auf dem Gehweg farblich markierte Radwege sowie ca. 210 km baulich getrennte Radwege betreut. Zusätzlich gibt es Verbindungen, welche in andere Verantwortungsbereiche fallen, etwa des Landesbetriebs Straßen NRW oder des Amtes für Landschaftspflege und Grünflächen.

Alle winterdienstlich von der AWB betreuten Verkehrswege werden in eine von drei Planstufen zur zeitlichen Einteilung der winterlichen Betreuung eingestuft. Die Planstufe 1 beinhaltet ca. 100 km Radwegeverbindungen, die Planstufe 3 etwa 260 km. In der Planstufe 2 sind keine Radwegeverbindungen enthalten (s. Bild 18). Die Basis der Planung des Winternetzes wurde nach Angaben der AWB vor über 20 Jahren aufgrund von manuellen Zählungen des Radverkehrsaufkommens gelegt und seither sukzessive angepasst. Die Priorisierung erfolgt nach Frequentierung und besonderen Gefahrenstellen, wie Brücken und Rampen.

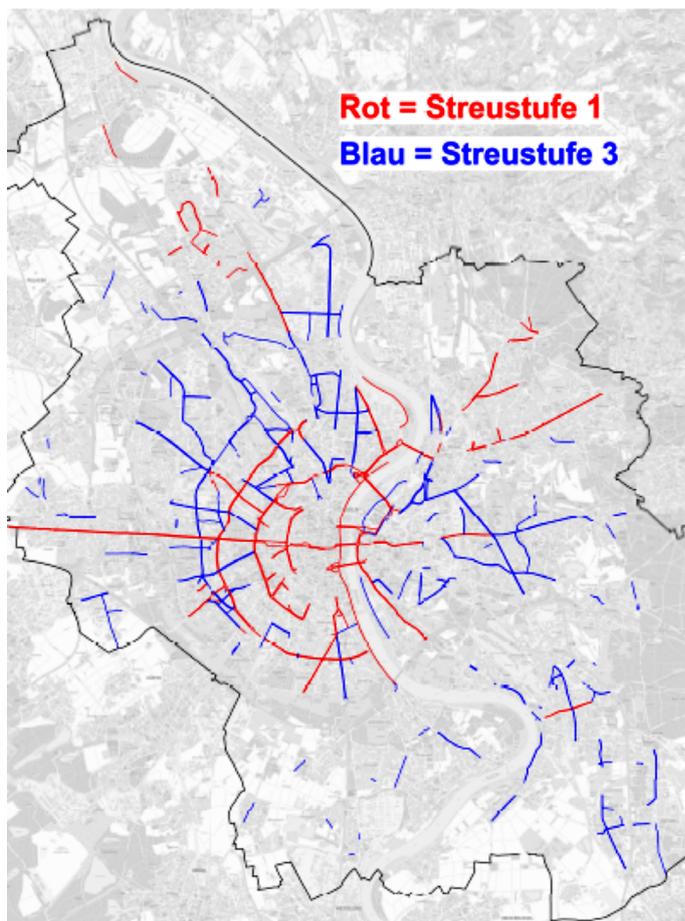


Bild 18: Streustufen der Radwegeverbindungen in Köln (Bild: AWB)

Eingesetzt werden Schmalspurfahrzeuge der Typen Ladog, Hako Citymaster 1650 und die 2000er Serie (s. Bild 5) sowie Bokimobil, welche für den Winterdienst auf Radwegeverbindungen umgerüstet werden. 13 Fahrzeuge werden für die Betreuung der Stufe 1 und 21 für die der Stufe 3 genutzt. Sie sind zur Räumung mit Schneekehrwalzen ausgerüstet, Pflüge kommen nur bei größeren Schneemengen zum Einsatz. Schutz- und Radstreifen werden gemeinsam mit der Fahrbahn von regulären Fahrzeugen betreut. Nach Aussage der AWB gibt es in letzterem Fall bei Streueinsätzen keine Probleme, bei Räumeeinsätzen muss jedoch aufgrund der begrenzten Räumbreite der Fahrzeuge mit resultierender Verdeckung der Rad- und Schutzstreifen mit Schnee und Schneematsch ein zweiter Räumeeinsatz auf diesen stattfinden.

Alle Fahrzeuge sind mit einem GPS-basierten System ausgerüstet, welches zur Einsatzdatenerfassung verschiedene Parameter (Fahrzeiten- und Strecken mit Uhrzeit, eingestellte Dosierung und Streumittelverbrauch insgesamt) erfasst und eine nachträgliche Auswertung zulässt. Eine Liveübertragung der Daten ist zwar theoretisch möglich, wird jedoch aktuell aufgrund einer mit dem Betriebsrat geschlossenen Vereinbarung nicht praktiziert. Erfolgskontrollen der Leistungserbringung erfolgen mit den aufgezeichneten Einsatzdaten durch die stadtbezirksbezogenen Gruppenleiter, durch das interne Qualitätsmanagement sowie stichprobenweise durch die Einsatzleitung. Rückmeldungen können im Rahmen des Beschwerdemanagements auch über soziale Medien eingereicht werden, was nach Aussage der AWB von Radfahrenden zunehmend genutzt wird.

Die Wahl der eingesetzten Streustoffe ist fahrzeug- und witterungsabhängig. Eine Ausbringung reiner Sole (FS 100) erfolgt planmäßig auf den Rheinbrücken. Ansonsten wird

standardmäßig FS 30 gestreut. Die durchschnittliche Streulänge eines Einsatzplans liegt bei rund 12,5 km.

Radwegeverbindungen der Stufe 1 werden ab 04:00 Uhr winterdienstlich betreut, die restlichen folgen entsprechend nacheinander. Verbindungen der Stufe 1 werden bei Bedarf auch tagsüber erneut geräumt und gestreut. Die Winterdienst-Saison beginnt am 1. November und endet am 31. März, die Rufbereitschaft besteht vom 15. November bis zum 15. März. Bei Bedarf kann auch außerhalb dieser Zeiten auf das benötigte Personal und die Einsatzmittel zugegriffen werden, da es sich nach Angabe der AWB um eine Ersatzleistung für die ansonsten stattfindende Straßenreinigung handelt.

Innerhalb des Zuständigkeitsbereiches der AWB werden keine externen Dienstleister eingesetzt. Kooperationen und Abstimmungen mit benachbarten Kommunen und Kreisen sind nicht gegeben.

Gemäß der Kölner Straßenreinigungssatzung werden im gesamten Stadtgebiet bestimmte winterdienstliche Pflichten auf die Anlieger übertragen. Die betrifft insbesondere Gehwege und Randstreifen. Straßen selbst sind nur zu betreuen, falls diese nicht im zugehörigen Straßenverzeichnis der AWB aufgelistet sind. „Das gilt nicht für von Gehwegen mit Farbmarkierungen getrennte, diesen aber zugehörige Radwege, wenn die Stadt für die Hauptfahrbahn reinigungspflichtig ist. Ist ein Radweg vorhanden und liegt ein Teil des Gehwegs jenseits des Radwegs, ist auch hierfür der Anlieger zuständig, unabhängig ob der Radweg dem Gehweg oder der Fahrbahn zugehörig ist.“ [Stadt Köln 2017].

Die Winterdienstpflichten sind durch die Anlieger grundsätzlich zu verrichten, sobald es aufgehört hat zu schneien oder der Schneefall spürbar abnimmt. Setzen Frost und Schnee nach 20:00 Uhr ein, reicht es, wenn die Wege bis 07:00 Uhr am Folgetag gestreut bzw. geräumt sind; an Sonn- und Feiertagen bis 09:00 Uhr. Grundsätzlich sind durch die Anlieger dabei abstumpfende Streustoffe zu verwenden, auftauende Streustoffe sind jedoch bei extremer Witterung zugelassen.

3.3 Befahrung von Routen bei winterlicher Witterung

3.3.1 Methodik

Für die Befahrung von Radrouten bei winterlicher Witterung wurden für jede Kommune ca. 5 Routen ausgewählt. Diese sollen real genutzten und ggf. ausgewiesenen Routen von Radfahrenden entsprechen, und sich nicht an den Routenvorschlägen einer Navigationssoftware zwischen einem Start- und Zielpunkt orientieren. Außerdem werden Routen gewählt, welche aufgrund eines häufigen Wechsels der Führungsformen, aber auch der für den Winterdienst zuständigen Akteure (Gemarkungsgrenze) für eine Befahrung interessant sind. Die Fahrten auf diesen Routen werden mit einer Kamera sowie GPS-Tracking aufgezeichnet, um eine Analyse der Befahrungen zu ermöglichen. Die Befahrungen erfolgen bei winterlicher Witterung sowie je Route in einer Referenzfahrt bei nicht-winterlicher Witterung

Basierend auf der Methodik von KRAMER [2021] wurden die Befahrungen sofern möglich mit dem EcoSensorBike der Hochschule Karlsruhe durchgeführt. Dabei handelt es sich um ein am Institut für Informationsmanagement und Medien (IMM) entwickeltes Fahrrad mit der Möglichkeit zur Installation verschiedener Sensoren (s. Bild 19). Aufgrund der nicht durchgängigen Verfügbarkeit des EcoSensorBike sowie zeitgleicher Befahrungen bei winterlicher Witterung auf verschiedenen Routen musste bei einzelnen Befahrungen auf die Nutzung anderer Kameramodelle und Fahrräder zurückgegriffen werden.



Bild 19: EcoSensorBike der Hochschule Karlsruhe (Bild: WIESLER)

Angebracht wurde eine Kamera mit hoher Auflösung und Bildstabilisation. Mittels der Videoaufnahmen wurden die Fahrten in Abschnitte unterteilt, welchen bestimmte Befahrbarkeitsklassen zugeordnet wurden. So konnte später geprüft werden, an welchen Stellen besonders häufig eine schlechte Befahrbarkeit gegeben ist, wie sich die Befahrbarkeit abhängig von der Zeit nach ggf. durchgeführten Winterdiensteinsätzen verändert, wie sich die Übergänge zwischen Zuständigkeitsbereichen auswirken und ob bestimmte Merkmale (Führungsform etc.) einen Einfluss haben könnten. Die Befahrbarkeit wird in 5 Klassen (s. Tabelle 2) unterteilt.

Klasse	Beschreibung
1	Befahrbarkeit ohne Einschränkungen
2	Befahrbarkeit mit geringen Einschränkungen (geringe Reduktion der Geschwindigkeit, reduzierte Griffigkeit, erhöhte Konzentration, aber noch sicher befahrbar; Schneeablagerungen, aber sicher befahrbar)
3	Befahrbarkeit mit Einschränkungen (deutliche Reduktion der Geschwindigkeit, deutlich reduzierte Griffigkeit, in der Regel sicher befahrbar, aber auch punktuell mit Einschränkung; deutliche Schneeablagerungen z. B. auf dem Radfahrstreifen oder auf einem vor längerem geräumten Radweg)
4	Befahrbarkeit erheblich eingeschränkt (eher Schrittgeschwindigkeit, Rad kommt streckenweise ins Rutschen; kein Winterdienst, aber geschlossene, befahrbare Schneedecke)
5	Keine Befahrbarkeit (Absteigen und Schieben erforderlich; zu glatt, z. B. schneebedeckte Brückenrampe)

Tab. 2: Bewertungsklassen der Befahrbarkeit

Die Erfassung und Visualisierung der Befahrbarkeit auf den ausgewählten Routen wurden durch die im Folgenden aufgelisteten Schritte durchgeführt. Beispiele sind in Anhang 7 zusammengestellt. Das Vorgehen zur Visualisierung von Führungsformen sowie der Breite der Radverkehrsinfrastruktur wurde analog auf Basis der GPS-Daten einer Befahrung dieser Route durchgeführt.

Fahrt

Die Befahrungen wurden an Tagen durchgeführt, an welchen eine winterliche Witterung eingetreten war bzw. dies erwartet wurde. Aufgrund des möglichen Vorkommens von Glätte wurden bei geringen Temperaturen auch Befahrungen durchgeführt, wenn kein signifikanter Niederschlag gefallen war. Idealerweise fanden Befahrungen früh morgens statt, um die Befahrbarkeit beim Einsetzen der morgendlichen Spitze zu erfassen. Die Fahrt wurde mit einer Kamera aufgezeichnet, außerdem wurde die Route per GPS aufgezeichnet. Die Fahrt wurde mit einer möglichst geringen Höchstgeschwindigkeit (ca. 15 bis 20 km/h) durchgeführt, um gute Aufnahmen zu ermöglichen.

Protokollierung

Nach der Fahrt wurde auf Basis der aufgenommenen Videos durch den jeweiligen Fahrer ein Protokoll erstellt (s. Anhang 7.1). Dies hat sich nach den ersten Fahrten als notwendig herausgestellt, da bestimmte Bewertungen (z. B. aufgrund im Video kaum sichtbarer Glätte) im Nachhinein nur schwer zu erkennen sind.

In diesem Protokoll wurde aufgelistet, welche Abschnitte der Route mit welcher Befahrbarkeits-Klasse bewertet wurden. Um die Zuordnung für die die Auswertung durchführende Person zu erleichtern, wurden als Referenz die begrenzenden Zeitstempel der Videos sowie geografische Angaben (z. B. von Knotenpunkt X bis Einmündung Straße Y) angegeben.

Export der GPS-Daten

Die aufgezeichneten GPS-Daten wurden exportiert, um als Grundlage für die abschnittsbasierte Visualisierung der Befahrbarkeit zu dienen. Bei jenen Befahrungen, welche mit dem EcoSensorBike durchgeführt wurden, konnten die vom Fahrradcomputer aufgezeichneten GPS-Daten mittels einer zugehörigen Software direkt als CSV-Tabelle exportiert werden (s. Anhang 7.2).

Andere Fahrten, welche nicht mit dem EcoSensorBike durchgeführt werden konnten, wurden mittels der App „Strava“ aufgezeichnet. Diese ermöglicht den Export nur im GPX-Format, weshalb in diesem Fall ein separates Konvertieren in eine CSV-Datei notwendig ist. Für die einzelnen Befahrungen, bei welchen eine Aufzeichnung von GPS-Daten nicht möglich war, wurde als Grundlage der Track einer anderen Befahrung auf der gleichen Route genutzt.

Auswertung der Videos und Eintragung in Excel-Tabelle

Die GPS-Daten wurden, um die Auswertung zu erleichtern, in der Software DashWare mit einer Karte in das entsprechende Video eingebettet (s. Anhang 7.3).

In der Software CycliqPlus werden Hilfslinien eingeblendet, welche in Abhängigkeit von der Position der Kamera eine Breite von ca. 1 m visualisieren (s. Anhang 7.4). Hierdurch kann die jeweilige Breite der Radverkehrsinfrastruktur vermerkt werden, um mögliche Engstellen zu identifizieren. Allerdings sind die Werte lediglich als Orientierungswert zu betrachten, eine zentimetergenaue Erfassung ist nicht möglich.

Um die Befahrbarkeits-Klassen auf der Route visualisieren zu können, mussten die Daten in ein Geoinformationssystem eingelesen werden. Hierfür wurde die Software QGIS genutzt.

Da die einzelnen Befahrungen teilweise kleine Abweichungen zur vorgesehenen Route hatten und eine für jede Fahrt individuelle Zuweisung der Befahrbarkeit erforderlich war, wurde zunächst eine Tabelle mit allen exportierten GPS-Messpunkten erstellt. Dieser wurde eine Spalte hinzugefügt, in welcher jeder Messung ein bestimmter Abschnitt zugewiesen wurde (s. Anhang 7.5). So konnten die einzelnen Abschnitte, welche entsprechend dem Protokoll jeweils eine Strecke mit gleicher Befahrbarkeit abdecken, später in QGIS farblich entsprechend der Einstufung dargestellt werden.

Einlesen in QGIS

Die erstellten CSV-Tabellen wurden in QGIS importiert (s. Anhang 7.6). Die GPS-Messpunkte wurden in der Karte als Punkte dargestellt. Mittels einer Funktion zur Vektorenerzeugung wurden die in der eingelesenen CSV-Tabelle definierten Abschnitte zusammengesetzt und in einen neuen Layer übertragen. Diesen neu erzeugten Vektoren wurde nun als

Attribut die Befahrbarkeit des jeweiligen Abschnitts hinzugefügt (s. Anhang 7.7). Basierend hierauf konnte die Befahrbarkeit der Fahrt nach einem Farbschema abgestuft dargestellt werden.

Überprüfung durch Fahrer

Zuletzt wurde die erzeugte Karte von der jeweiligen Person, welche die Befahrung durchgeführt hatte, überprüft. Als Basis hierfür diente die zuvor ausgegebene Karte, auf welcher die Befahrbarkeit in verschiedenen Farben dargestellt ist (s. Anhang 7.8). Durch diese Prüfung wird sichergestellt, dass die Befahrbarkeit immer korrekt übertragen wurde.

Vergleich mit durchgeführtem Winterdienst

Weiter wurden verfügbare Daten zum durchgeführten Winterdienst auf den Befahrungstrecken ausgewertet und mit einem Farbspektrum um die jeweiligen Abschnitte dargestellt. Während in Karlsruhe durch die elektronische Einsatzdatenerfassung mit GPS-Tracking ein genauer Abgleich möglich war, wurden für die Auswertung der Befahrungen in München schriftliche Tagesprotokolle als Grundlage genutzt. Die zeitliche Differenz zwischen Einsatz und Befahrung wird in folgenden Kategorien angegeben:

- Einsatz auf dieser Strecke/in diesem Gebiet vor weniger als 2 Stunden
- Einsatz auf dieser Strecke/in diesem Gebiet vor 2 bis 4 Stunden
- Einsatz auf dieser Strecke/in diesem Gebiet vor 4 bis 6 Stunden
- Einsatz auf dieser Strecke/in diesem Gebiet vor mehr als 6 Stunden
- Kein Einsatz
- Unklar bzw. Einsatz nicht vorgesehen

Die Angaben beziehen sich auf den Tag und Zeitpunkt der Befahrung, die Kategorie „Kein Einsatz“ schließt daher nicht aus, dass ein späterer Einsatz auf dem Abschnitt erfolgte. Separat ausgewiesen wurden Abschnitte, bei denen der Status zum Zeitpunkt der Auswertung noch nicht geklärt war, oder bei denen keine Betreuung durch den Winterdienst vorgesehen war.

Die Visualisierung der Befahrbarkeit in Kombination mit den Daten zum durchgeführten Winterdienst ist am Beispiel einer Fahrt in Karlsruhe in Anhang 7.9 dargestellt.

Mit dieser Darstellung kann somit überprüft werden, inwiefern sich insbesondere länger zurückliegende Einsätze auf die Befahrbarkeit ausgewirkt haben, und ob kurz zuvor durchgeführte Einsätze immer zu einer guten Befahrbarkeit geführt haben.

Vergleich mit der Führungsform

Zuletzt wurden die Resultate der Befahrungen mit den jeweiligen Führungsformen abgeglichen. Damit soll überprüft werden, ob bestimmte Führungsformen tendenziell schlechter befahrbar sind.

Dabei wurde nach den folgenden Führungsformen differenziert:

- Baulicher Radweg (Z-237, s. Bild 1)
- Getrennter Geh- und Radweg
- Radfahrstreifen

- Schutzstreifen
- Fußgängerzone, Radverkehr frei
- Gehweg, Radverkehr frei
- Gemeinsamer Geh- und Radweg
- Wirtschaftsweg
- Kraftfahrstraße (Mischverkehr)
- Fahrradstraße

Die Visualisierung der Befahrbarkeit in Kombination mit der Führungsform ist am Beispiel einer Fahrt in Karlsruhe in Anhang 7.10 dargestellt.

3.3.2 Karlsruhe

Für die Befahrung von Radrouten bei winterlicher Witterung wurden in Karlsruhe fünf Verbindungen ausgewählt (s. Tabelle 3 und Bild 20). Drei der Routen haben einen Start- bzw. Endpunkt in einer der benachbarten Kommunen Ettlingen, Pfinztal und Rheinstetten. Die Führungsformen sowie Breiten der Radinfrastruktur auf den gewählten Routen sind in den Anhängen 8.1 und 8.2 dargestellt.

Route	Start	Ziel	Länge
Route Knielingen	Hochschule Karlsruhe	KA-Knielingen	5,5 km
Route Rheinstetten	Hochschule Karlsruhe	Rheinstetten, Hst. Mörsch-Rheinaustraße	12,5 km
Route Söllingen	Hochschule Karlsruhe	Bahnhof Söllingen	14,1 km
Route Hohenwettersbach	Hochschule Karlsruhe	KA-Hohenwettersbach	10,5 km
Route Ettlingen	Hochschule Karlsruhe	Ettlingen	8,9 km

Tab. 3: Übersicht befahrener Routen in Karlsruhe

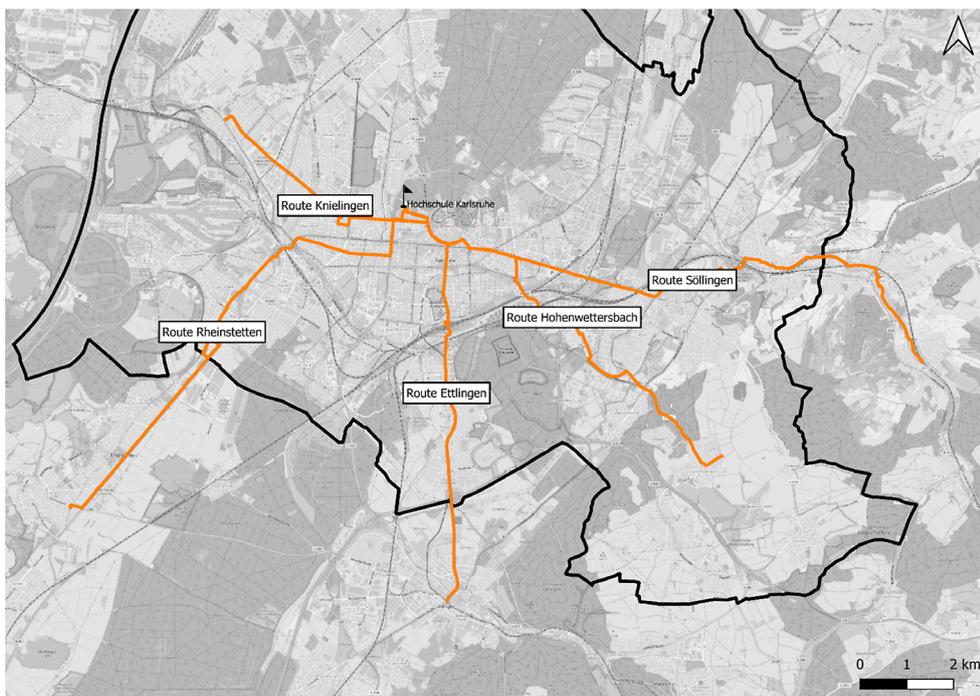


Bild 20: Routen für die Befahrung bei winterlicher Witterung in Karlsruhe [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Tabelle 4 gibt einen Überblick über alle im Zeitraum Januar bis Februar 2021 durchgeführten Befahrungen der ausgewählten Routen in Karlsruhe. In den Anhängen 8.3 bis 8.25 sind die Befahrungen detailliert dokumentiert.

Route	Datum	Tageszeit	Start	Niederschlag	Temperatur [°C]	Oberflächenzustand	Anhang
Route Knielingen	08.01.2021	Nachmittag	Knielingen	Leichter Schneefall	2,5	Nässe	n.V., Testfahrt
	27.01.2021	Vormittag	Knielingen	Schneefall	2,0	Dünne Schneedecke	8.3
	08.02.2021	Abend	Knielingen	Nein	5,0	Nässe	8.4
	10.02.2021	Morgen	Knielingen	Schneefall	-4,0	Schneedecke	8.5
	10.02.2021	Abend	Knielingen/ Städt. Klinikum	Nein	-4,0	Schnee, Nässe	8.6
Route Rheinstetten	08.02.2021	Nachmittag	HKA	Schneefall	5,0	Nässe	8.7
	10.02.2021	Nachmittag	Rheinstetten	Schneefall	-4,0	Teilw. Schnee	8.8
	12.02.2021	Nachmittag	Rheinstetten	Nein	-4,5	V.a. Nässe, teilweise Schnee	8.9
Route Hohenwettersbach	12.01.2021	Morgen	Hohenwettersbach	Teilw. Leichter Regen	0,0	Nässe	8.10
	15.01.2021	Morgen	Hohenwettersbach	Nein	0,0	Trocken, teilw. Leichte Nässe	8.11
	17.01.2021	Morgen	Hohenwettersbach	Leichter Schneefall	0,0	Teilweise Schnee	8.12
	25.01.2021	Vormittag	HKA	Schneefall	2,0	Nässe	8.13
	08.02.2021	Abend	Zündhütte/ Hohenwettersbach	Teilw. Schneefall	2,5	Nässe	8.14
	10.02.2021	Abend	HKA	Teilw. Leichter Schneefall	-4,5	Teilw. Schnee	8.15
	12.02.2021	Morgen	Hohenwettersbach	Nein	-4,5	Teilw. Schnee	8.16
Route Ettlingen	10.01.2021	Morgen	Ettlingen	Nein	-1,0	Trocken	8.17
	25.01.2021	Morgen	HKA	Schneefall	2,0	Teilweise Schnee	8.18
	08.02.2021	Abend	HKA	Nein	5,5	Nass	8.19
	10.02.2021	Nachm.	HKA	Nein	-3,5	Schnee	8.20
	10.02.2021	Nachm.	Ettlingen	Nein	-3,5	Schnee	8.21
Route Söllingen	11.01.2021	Morgen	Söllingen	Nein	-2,0	Trocken, teilw. Leichter Reif	8.22
	17.01.2021	Morgen	HKA	Leichter Schneefall	0,0	V.a. Nässe, teilweise Schnee	8.23
	10.02.2021	Nachmittag	Söllingen	Schneefall	-4,0	Teilweise Schnee	8.24
	11.02.2021	Nachmittag	Söllingen	Nein	-5,0	V.a. Nässe, teilweise Schnee	8.25

Tab. 4: Befahrungen im Winter 2020/2021 in Karlsruhe



Bild 21: Auswertung der Winterdiensteinsätze an befahrenen Strecken [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben, kann in Karlsruhe mithilfe der elektronisch erfassten Einsatzdaten eine präzise zeitliche Einordnung der Einsätze erfolgen (s. Bild 21). Beispielhaft wurden für die Befahrungstage bei winterlichen Bedingungen die Einsatzdaten durch das AfA zur Verfügung gestellt. Die Auswertung der Daten bringen Aufschluss über die betreuten Streckenabschnitte, die Häufigkeit der Betreuung sowie den Beginn der Betreuung und dienen als Vergleichsdaten für die Auswertungsdaten der Befahrung.

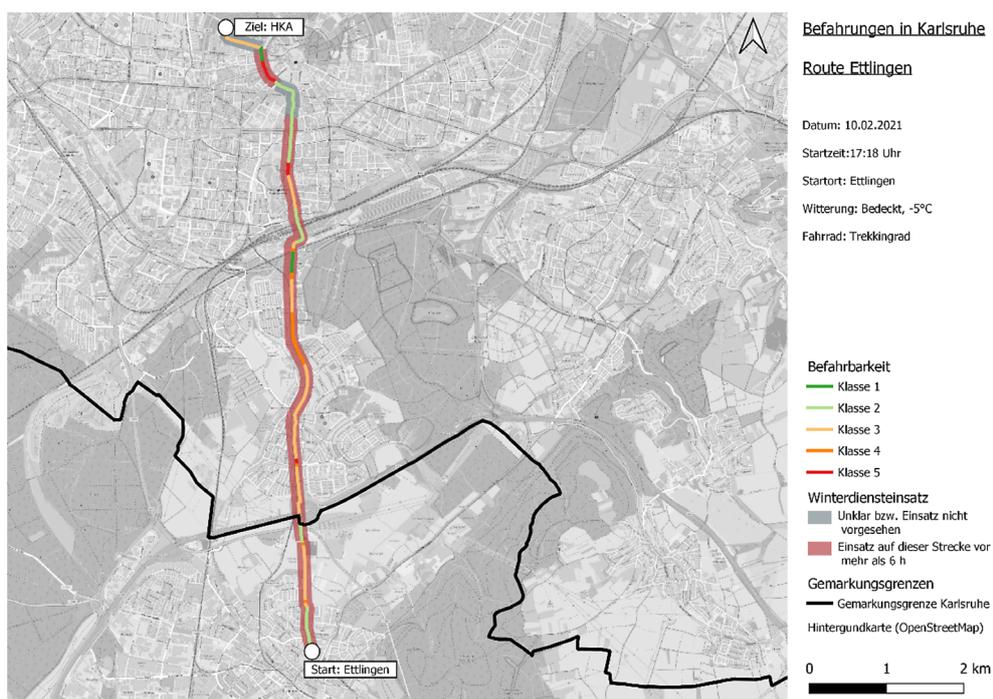


Bild 22: Auswertung der Befahrung der Route Ettlingen am 10.02.2021 [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Wenn die Winterdiensteinsätze bis zu vier Stunden zurücklagen, war eine mangelhafte Befahrbarkeit nur in wenigen Fällen gegeben; insbesondere bei einer Führung der Radwegeroute auf der Fahrbahn (im Mischverkehr oder auf einem Schutzstreifen bzw. Radfahrstreifen). Bei länger zurückliegenden Einsätzen ist insbesondere für Tage mit weiterem Schneefall eine teils erheblich schlechtere Befahrbarkeit aufgrund noch nicht durchgeführter Wiederholungseinsätze festzustellen (s. z. B. Bild 22).

An Tagen ohne Schneefall, aber Temperaturen von unter $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ und vereinzelter Glätte wurden auf den befahrenen Routen meist mehrere Einsätze gefahren. Die Befahrbarkeit bei dieser Witterungslage war deshalb überwiegend gut oder sehr gut.

Ein Problem stellen einzelne größere Knotenpunkte dar. Am Durlacher Tor etwa kreuzen sich viele Einsatzrouten, und auch für den Radverkehr ist dieser Knotenpunkt von großer Bedeutung und im Winterradnetz enthalten. Gerade im Bereich von Querungsstellen und Haltestellen, an welchen der Radverkehr gemeinsam mit dem Fußverkehr geführt wird, war die Befahrbarkeit jedoch bei mehreren Fahrten stark eingeschränkt (s. Bild 23). Die betroffenen Bereiche werden von den Schmalspurfahrzeugen des Dienstleisters nicht planmäßig befahren. Ob und wann hier mit einer Handkolonne Arbeiten durchgeführt wurden, ist nicht bekannt, die Stelle sticht jedoch bei mehreren Befahrungen negativ hervor. Die Defizite am Durlacher Tor können unter Umständen auch auf die 2020 abgeschlossene Umgestaltung der Verkehrsflächen nach einer langwierigen Baustelle zurückgeführt werden.

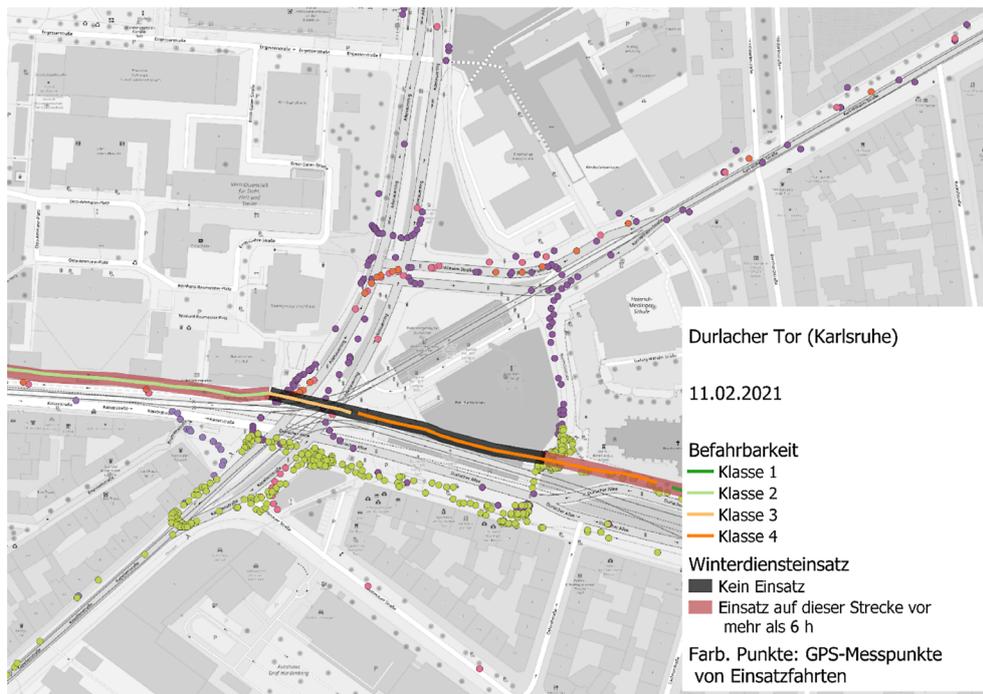


Bild 23: Auswertung der Befahrbarkeit am Durlacher Tor, 11.02.2021 (Die Punkte stellen GPS-Signale der Winterdienstfahrzeuge dar) [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Da in der Stadt Karlsruhe ein großer Teil der Radverkehrsinfrastruktur aus markierten Führungsformen besteht, kam es auch an Tagen mit nur leichtem Schneefall gelegentlich zur Verdeckung von Markierungen der Schutzstreifen und Radfahrstreifen. Auch wenn die Befahrbarkeit kaum eingeschränkt war, wäre die sichere Führung des Radverkehrs für mit der örtlichen Lage nicht vertraute Personen unter Umständen nicht oder nur schwer erkennbar gewesen.

Bei der Auswertung der Befahrbarkeit nach Führungsform konnten insgesamt keine strukturellen Unterschiede festgestellt werden. Schlechte und sehr schlechte Befahrbarkeit war sowohl bei markierten Führungsformen, Führung im Seitenraum mit und ohne Fußgänger sowie im Mischverkehr gegeben.

Auf Abschnitten, auf denen der Radverkehr im Mischverkehr mit Kfz geführt wird, war, in Abhängigkeit davon, ob Straßenwinterdienst durchgeführt wurde, meist eine sehr gute beziehungsweise sehr schlechte Befahrbarkeit gegeben. Ähnlich verhielt es sich auf baulich getrennten, z. B. straßenparallelen Radwegen und gemeinsamen Geh- und Radwegen. Auf Radfahrstreifen und insbesondere Schutzstreifen kam es durch Schneeablagerungen zu starken, aber selten extremen Einschränkungen.

Es kann beobachtet werden, dass die tatsächlich gefahrenen Routen der Winterdienstesätze teilweise leichte Abweichungen zueinander aufweisen und manchmal früher enden als bei anderen Umläufen. An den Grenzen der Stadt Karlsruhe kam es aber kaum zu größeren Differenzen bei der Befahrbarkeit. Die Einsatzdaten zeigen, dass die Verknüpfung mit dem Winterdienst der Nachbarkommunen gut funktioniert.

Insgesamt waren, sofern Winterdienstesätze durchgeführt wurden, wenige besonders kritische Gefahrenstellen vorhanden. Auf Basis der durchgeführten Befahrungen kann die Effektivität des durchgeführten Winterdienstes mit auftauenden Streustoffen auf Radwegeverbindungen in Karlsruhe und den Nachbargemeinden als gut beschrieben werden. Handlungsbedarf wird jedoch bei der Gewährleistung der durchgängigen Befahrbarkeit, insbesondere an Knotenpunkten sowie Abschnitten mit markierten Führungsformen auf der Fahrbahn gesehen.

3.3.3 München

Eine Befahrung ausgewählter Radwegeverbindungen (s. Tabelle 5 und Bild 24) wurde an mehreren Tagen in den Wintern 2020/2021 und 2021/2022 durchgeführt. Bei der Auswahl der zu befahrenden Routen wurden Vorschläge des Baureferats berücksichtigt. Neben dem Altstadttring wurden mehrere Routen aus der Kategorie 1 gewählt, welche auf Hauptachsen das Zentrum mit weiter außerhalb liegenden Stadtteilen verbinden. Auffällig bei der Befahrung war, dass hauptsächlich Splitt als Streumittel auf den befahrenen Routen eingesetzt wurde. Zudem weisen die in München befahrenen Routen eine große Vielfalt an Führungsformen und Breiten auf. Diese sind in den Anhängen 9.1 und 9.2 dargestellt.

Route	Start	Ziel	Länge
Route Altstadttring	Altstadttring		4,9 km
Route Moosach	Maximiliansplatz	Moosach	6,5 km
Route Pasing	Hauptbahnhof	Pasinger Marienplatz	7,5 km
Route Fasangarten	Isartorplatz	Fasangarten	7,4 km
Route Trudering	Maximilianstraße/Altstadttring	Trudering	8,2 km

Tab. 5: Übersicht befahrener Routen in München

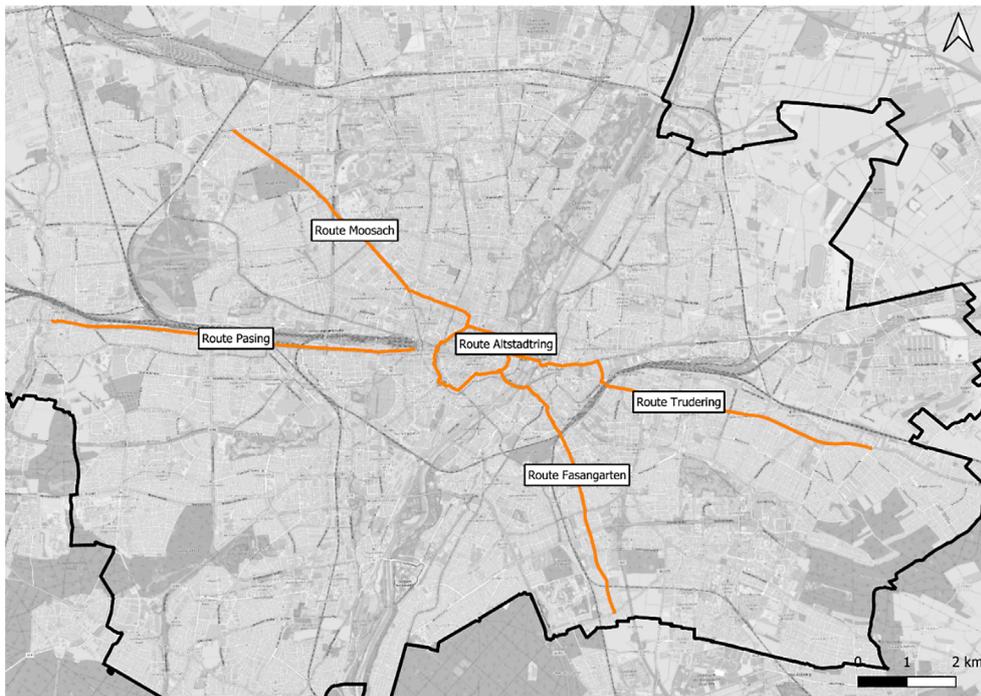


Bild 24: Routen für Befahrung bei winterlicher Witterung in München [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Die Befahrungen fanden im Rahmen von drei Aufenthalten am 10./11.02.2021, am 19./20.03.2021 sowie am 22.01.2022 statt (s. Tabelle 6). Am 10.02.2021 sowie am 11.02.2021 konnten Aufnahmen bei einer geschlossenen Schneedecke sowie Schneefall gemacht werden. Am 20.03.2021 kam es ebenfalls zu Schneefall am frühen Morgen, wodurch ebenfalls die Befahrbarkeit bei Schnee und Glätte auf dem Belag erfasst werden konnte. Am 22.01.2022 waren nach intensivem Schneefall ebenfalls Aufnahmen unmittelbar vor- und nach Winterdiensteinsätzen möglich. In den Anhängen 9.3 bis 9.23 sind die Einstufungen der Befahrbarkeit für jede Fahrt dargestellt.

Route	Datum	Tageszeit	Start	Niederschlag	Temperatur [°C]	Oberflächenzustand	Anhang
Route Altstadt-ring	10.02.2021	Abend	-	Schneefall	2,5	Schnee	9.3
	20.03.2021	Morgen	-	Nein		Teilw. Schnee	9.4
	22.01.2022	Morgen	-	Schneefall	2,0	Schnee	9.5
	22.01.2022	Vormittag	-	Schneefall	2,0	Teilw. Schnee	9.6
	22.01.2022	Vormittag	Karlsplatz bis Maximilianstraße (Südhälfte)	Leichter Schneefall	2,0	Teilw. Schnee	9.7
	22.01.2022	Mittag	Isartor bis Karlsplatz (Nordhälfte)	Leichter Schneefall	2,0	Teilw. Schnee	9.8
	22.01.2022	Mittag	Maximiliansplatz (Südhälfte)	Leichter Schneefall	2,0	Teilw. Schnee	9.9

Tab. 6: Befahrungen im Winter 2020/2021 und 2021/2022 in München

Route	Datum	Tageszeit	Start	Niederschlag	Temperatur [°C]	Oberflächenzustand	Anhang
Route Fasangarten	19.03.2021	Abend	Altstadtring	Leichter Schneefall	0,5	Nässe	Keine Auswertung aufgrund der Lichtverhältnisse
	20.03.2021	Vormittag	Fasangarten	Nein	-1,5	Nass	9.10
	22.01.2022	Morgen	Fasangarten	Schneefall	2,0	Schnee	9.11
	22.01.2022	Mittag	Fasangarten	Leichter Schneefall	2,0	Teilw. Schnee	9.12
Route Moosach	10.02.2021	Abend	Altstadtring	Schneefall	2,5	Schnee	9.13
	20.03.2021	Mittag	Moosach	Nein		Trocken, teilw. nässe	9.14
	22.01.2022	Morgen	Moosach	Schneefall	2,0	Schnee	9.15
	22.01.2022	Mittag	Moosach	Leichter Schneefall	2,0	Teilw. Schnee	9.16
Route Pasing	19.03.2021	Nachmittag	Hauptbahnhof/Pasing	Nein	0,5	Trocken	n.V., Testfahrt
	20.03.2021	Mittag	Hauptbahnhof	Teilw. Leichter Schneefall	-1,5	Nass	9.17
	22.01.2022	Morgen	Hauptbahnhof	Schneefall	2,0	Schnee	9.18
	22.01.2022	Mittag	Hauptbahnhof	Leichter Schneefall	2,0	Teilw. Schnee	9.19
Route Trudering	20.03.2021	Morgen	Maximilianstraße	Nein		Schnee	9.20
	22.01.2022	Morgen	Maximilianstraße	Schneefall	2,0	Schnee	9.21
	22.01.2022	Mittag	Maximilianstraße	Leichter Schneefall	2,0	Teilw. Schnee	9.22
Route Trudering/-Fasangarten-Ludwigsvorstadt	11.02.2021	Nein	Nähe Hauptbahnhof	Leichter Schneefall	-8,0	Schnee	9.23

Tab. 6: Fortsetzung

Bei der Auswertung der Einsatzdaten zum Zeitpunkt der Befahrung war kein einheitliches Vorgehen möglich: Innerhalb des Vollanschlussgebietes werden Einsätze auf den priorisierten Radwegen (s. Bild 17) durch die Einsatzleiter in den Bezirken separat vermerkt. Diese werden vom Betriebspersonal für die Dauer einer (oder mehrerer) Schichten mit i. d. R. mindestens einer Wiederholungsfahrt durchgeführt, weshalb der Einsatz auf einer bestimmten Route zeitlich nur grob eingegrenzt werden kann (z. B. Einsatz auf Radwegtour 1 von 03:00 Uhr bis 10:30 Uhr). Da keine GPS-Daten aufgezeichnet werden und die genaue Reihenfolge der Bearbeitung der Abschnitte individuell von den Fahrern festgelegt wird, war keine weitere Eingrenzung der Einsatzzeit möglich. Die Befahrungen fanden im Vollanschlussgebiet fast ausschließlich auf diesen Routen statt, für Abschnitte im Mischverkehr werden die Einsatzdaten des Fahrdienstes (Winterdienst-Lkw für Fahrbahnen) genutzt. Außerhalb des Vollanschlussgebietes wird in den von Dienstleistern übernommenen Bezirken lediglich tagesbezogen vermerkt, ob die Räumung von Radwegen durchgeführt wurde. Diese Angaben beziehen sich auf den jeweiligen Bezirk, weshalb keine Zuordnung zu einer Einsatzroute möglich ist. Die Angaben zur zeitlichen Differenz zwischen Einsatz und Befahrung sind daher außerhalb des Vollanschlussgebietes weniger präzise als innerhalb.

Von Interesse sind insbesondere die Fahrten am 11.02.2021, 20.03.2021 und 22.01.2022, da diese morgens und vormittags unmittelbar nach starkem Schneefall durchgeführt

wurden. Allerdings kann auch für die abends durchgeführten Fahrten am 10.02.2021 bei Betrachtung der Tagesprotokolle festgestellt werden, dass aufgrund anhaltenden Schneefalls bis in die Abendstunden Winterdienstseinsätze auf Radwegen durchgeführt wurden. Die Befahrbarkeit insbesondere auf baulichen Radwegen im priorisierten Netz blieb überwiegend auf einem nicht sehr guten, aber in Anbetracht des anhaltenden Schneefalls akzeptablen Niveau.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass Winterdienstseinsätze auf den priorisierten Radrouten innerhalb des Vollanschlussgebietes in den meisten Fällen weniger lang zurücklagen als außerhalb. In einigen Fällen wurden die Abschnitte einer Route außerhalb des Vollanschlussgebietes durch den Dienstleister überhaupt nicht geräumt oder gestreut, während ab der Grenze zum Vollanschlussgebiet auf den priorisierten Radrouten sogar Wiederholungseinsätze durch den städtischen Winterdienst stattfanden. Ein Beispiel ist die Fahrt von der Innenstadt in den östlichen Stadtteil Trudering am 20.03.2021, bei welcher sich die Befahrbarkeit ab Erreichen des vom Dienstleister betreuten Gebietes, in welchem noch kein Einsatz stattfand, generell verschlechterte (s. Bild 25).

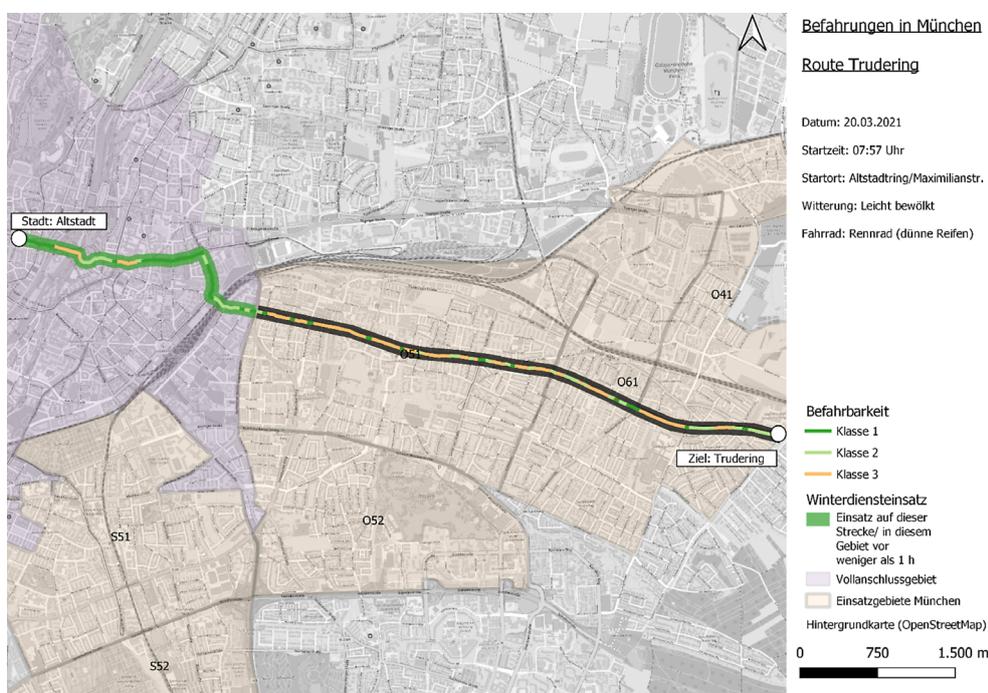


Bild 25: Auswertung der Befahrung der Route Trudering am 20.03.2021 [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Allerdings ist festzustellen, dass die Befahrbarkeit im Vollanschlussgebiet bei oder nach intensiverer winterlicher Witterung auch auf den in einer einzelnen Einsatzroute liegenden Abschnitten Schwankungen unterworfen war. Mängel traten insbesondere im Bereich von Knotenpunkten (z. B. Querungshilfen und Dreiecksinseln) sowie auf Abschnitten auf, auf welchen der Radverkehr im Mischverkehr oder (eher selten) auf Radfahr- bzw. Schutzstreifen geführt wird. Qualitativ lässt sich die Befahrung auf den Streckenabschnitten mit Splitt als die unangenehmere Befahrung im Vergleich zu den Streckenabschnitten mit Salz beschreiben. Durch den ausgetragenen Splitt entsteht das Gefühl von Unebenheiten und Fremdkörpern auf der betreuten Route, was die Befahrungsqualität mindert. Auf nicht geräumten Strecken mit baulich getrennten Radwegen stellten Furten an Einmündungen hingegen die Abschnitte mit der besten Befahrbarkeit dar, etwa entlang der B 304 aus dem Zentrum in Richtung Osten (s. Bild 25).

Auch wenn markierte Führungsformen in München weniger verbreitet sind wie in Karlsruhe, kam es auch hier häufig zur Verdeckung der Markierung, was insbesondere an stark befahrenen Knotenpunkten das subjektive Sicherheitsgefühl reduzierte.

3.3.4 Köln

Die Befahrungen in Köln fanden Anfang Februar 2021 an zwei Tagen bei unterschiedlichen Wetterbedingungen statt (s. Tabelle 7). Insgesamt wurde eine Streckenlänge von ca. 40 km bei leichtem Schnee, Nässe und leichtem Regen befahren. Die vier Routen, welche durch unterschiedliche Stadtbezirke der Stadt Köln führen, sind in Tabelle 8 bzw. in Bild 26 dargestellt. Trotz teilweise leichten Schneefalls kam es zu keiner geschlossenen Schneedecke bei der Befahrung der Routen in Köln. Der Winterdienst auf Radwegen fand dennoch als präventive Maßnahme in Form von Ausbringung der Streustoffe statt. Weitere winterliche Witterungsereignisse konnten während des Untersuchungszeitraums nicht einbezogen werden.

Route	Datum	Tageszeit	Start	Niederschlag	Oberflächenzustand
Route Deutz	07.02.2021	Vormittag	Severinsbrücke	Leichter Regen	Nässe/nass
Route Neustadt Süd-Deutz	07.02.2021	Vormittag	Severinsbrücke	Leichter Schneefall	nass
Route Rodenkirchen	07.02.2021	Mittag	Severinsbrücke	Leichter Schneefall	nass
Route Ehrenfeld-Nippes-Deutz	08.02.2021	Morgen/Vormittag	Severinsbrücke	Nein	nass

Tab. 7: Befahrungen im Winter 2020/2021 in Köln

Route	Start	Ziel	Länge
Route Deutz	Severinsbrücke	Deutzer Brücke	3,3 km
Route Neustadt Süd-Deutz	Severinsbrücke	Severinsbrücke	9,0 km
Route Rodenkirchen	Severinsbrücke	Severinsbrücke	11,3 km
Route Ehrenfeld-Nippes-Deutz	Severinsbrücke	Severinsbrücke	17,5 km

Tab. 8: Übersicht befahrener Routen in Köln

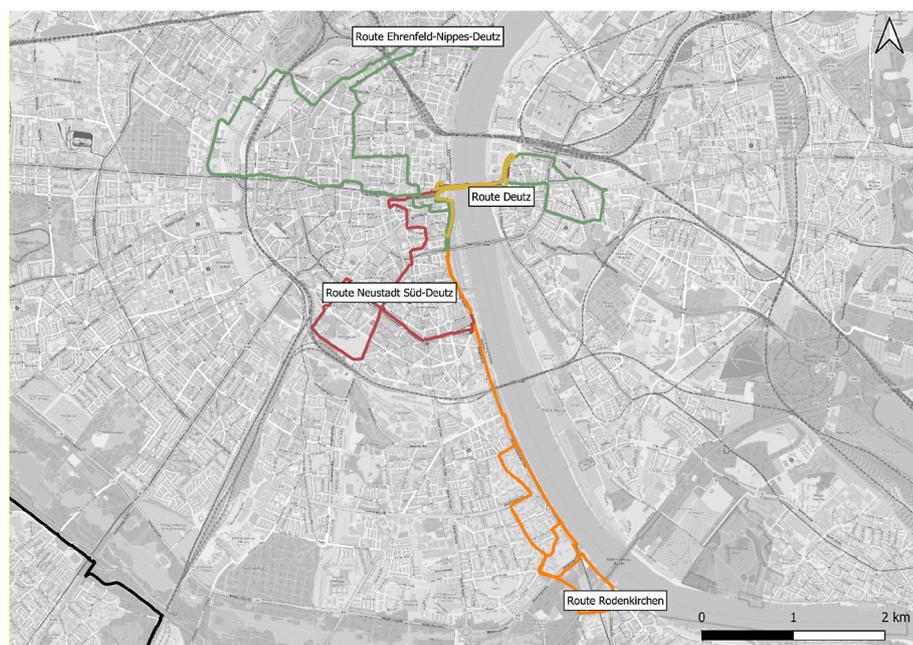


Bild 26: Routen für Befahrung bei winterlicher Witterung in Köln [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Bei der Auswertung der Einsatzdaten zum Befahrungszeitpunkt zeigte sich, dass die Routenabschnitte aufgrund ausbleibender winterlicher Bedingungen dennoch kontinuierlich kontrolliert wurden. Weiterhin fanden präventive Einsätze an mehreren Streckenabschnitten im Untersuchungsgebiet statt. Stark befahrene und häufig genutzte Routenabschnitte wie beispielsweise entlang des Rheins oder auch die Deutzer Brücke wurden gezielt durch präventives Streuen vor möglicher Glätte und Schneebildung geschützt.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Stadt Köln auch bei prognostizierten, aber ausbleibenden winterlichen Bedingungen durch präventive Maßnahmen die Radverbindungen stets verkehrssicher hält.

3.3.5 Resümee aus den Befahrungen

Aus den durchgeführten Befahrungen, die überwiegend bei Schneefall durchgeführt wurden, lassen sich die nachfolgend formulierten Erkenntnisse zu Räumeeinsätzen ableiten:

- Wenn durch Hochbord getrennte Radwege nicht separat geräumt werden, entsteht ein Flickenteppich in der Befahrbarkeit. Übergänge zwischen Radfahrstreifen und Radweg (s. Bild 27) sind besonders problematisch, da diese vom Räumfahrzeug der Straße „zugeschoben“ werden.



Bild 27: Fehlede Räumung der Übergänge zwischen Radweg und Radfahrstreifen (Bild: WIESLER)

- Querungsstellen (s. Bild 28) und Dreiecksinseln weisen häufig starke Unterschiede bei der Befahrbarkeit gegenüber den angrenzenden Radwegen auf, sowohl im positiven als auch im negativen Sinn. Die Befahrbarkeit der gesamten Radwegeverbindung wird für die Nutzer jedoch entscheidend durch die Abschnitte mit der schlechtesten Befahrbarkeit geprägt.



Bild 28: Fehlede Durchgängigkeit an Kreuzungen und Querungsstellen (Bild: WIESLER)

- Auf lockerem Schnee ist die Befahrbarkeit grundsätzlich gut, dieser kann sich jedoch unter den Schutzblechen sammeln und absetzen.
- Fußgänger auf gemeinsamen Flächen (z. B. Z-240 Geh- und Radwege) haben durch das Festtreten des Schnees möglicherweise einen Einfluss auf die Befahrbarkeit für den Radverkehr. Bei Rädern mit eher dünnen Reifen und wenig Profil wird durch die ver-

dichtete Schneedecke sowie die unebenen Fußspuren die Befahrbarkeit im Vergleich zu einer frischen Schneedecke verringert. Fahrräder mit einer speziellen Bereifung (z. B. Stollenreifen) kommen mit diesen Verhältnissen jedoch besonders gut klar.

- Schnee bleibt auf den Brückenbauwerken aufgrund des veränderten Temperaturverhaltens des Bauwerkes deutlich stärker liegen als auf den Rampen davor und dahinter, trotz winterdienstlicher Betreuung in gleichem Umfang (s. Bild 29).



Bild 29: Schneerückstände auf Brückenbauwerk (Bild: HOLLDORB)

- In einigen beobachteten Fällen (z. B. Ettlinger Allee über der Südtangente) war eine deutliche Diskrepanz zwischen dem Zustand auf Brückenbauwerken sowie anschließenden Verkehrsflächen (vor- und nach dem Brückenbauwerk) festzustellen. Offenbar wurden die Brückenbauwerke früh, präzise und mit höherer Priorität präventiv winterdienstlich betreut, während angrenzende Verkehrsflächen des Radverkehrs nicht oder erst weitaus später geräumt und gestreut wurden. Daher scheint bei der kommenden Untersuchung der Einsatzdaten eine genauere Betrachtung dieser Stellen sinnvoll.
- Kurven, starke Richtungswechsel und Steigungen sind auch bei gutem Zustand der Strecke schwieriger zu befahren. Zum Teil werden aber Flächen in Kreuzungsbereichen nicht vollständig geräumt und gestreut. Im Winterdienst sollten Flächen bei abbiegenden Routen daher vollständig entsprechend der Befahrung durch die Radfahrer betreut werden (s. Bild 30).



Bild 30: Schwierig zu befahrene Streckenabschnitte infolge nicht vollständiger Räumung (Bild: HOLLDORB)

- Wiederholungseinsätze am nächsten Tag, bzw. nach Ende des Schneefalls führen zu weitgehend uneingeschränkter Befahrbarkeit. Nur punktuell, z. B. an Zufahrten zum Radweg von der Straße und Knotenpunkten gab es noch Einschränkungen. Kritisch sind diese Bereiche auch deshalb, da hier eine starke Richtungsänderung gefahren wird.
- Auf Abschnitten, welche (noch) nicht winterdienstlich betreut wurden (beispielsweise in Karlsruhe am 11.02.2021 der Schlossgarten, die Knielinger Allee und der Ostring auf Höhe der Straßenwetterstation) wurde die Befahrbarkeit auf festgefahrenem Schnee eher schlechter bewertet (s. Bild 31).



Bild 31: Abschnitte ohne winterdienstliche Betreuung (Bild: RIEL)

- Die Diskrepanzen im Zustand der Verkehrsflächen des Rad- und Fußverkehrs (Beispiel: Schnee vom Gehweg durch Anlieger auf Radstreifen geschoben; Gehweg geräumt aber Radstreifen bei maschineller Räumung der Fahrbahn zugeschoben) bedingen teilweise eine unerlaubte - wenn auch alternativlose - Nutzung der Gehwege durch den Radverkehr (s. Bild 32).



Bild 32: Zugeschobene Radwege durch geräumte Gehwege (Bild: MÄRZ)

- Es kann einerseits zu Konflikten mit Fußgängern auf den Gehwegen kommen, andererseits provoziert das Befahren von Flächen abseits der vorhergesehenen Radverkehrsführung u.U. Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern (Beispiel: Kfz-Fahrer bemerkt Radfahrer an Einmündung nicht, da sich dieser entgegen der erwarteten Situation auf dem Gehweg oder gar in Gegenrichtung nähert.) Eine Nutzung des Gehwegs ist in bestimmten Ausnahmefällen gestattet, dies muss anderen Verkehrsteilnehmern aber nicht bewusst sein. Das erhöhte Konfliktpotenzial insbesondere zwischen Fußgängern und Radfahrern durch nicht oder kaum nutzbare Radverkehrsanlagen sollte genauer betrachtet werden.

3.4 Umfang und Analyse durchgeführter Winterdienstesätze

3.4.1 Methodik

Für die Analyse der durchgeführten Winterdienstesätze wurde auf die in den Partnerkommunen erhobenen Einsatzdaten zurückgegriffen.

Folgende Fragen sollten bezüglich der durchgeführten Winterdienstesätze geklärt werden:

- An welchen Tagen haben Einsätze stattgefunden?

- Wie oft wurden Fahrbahnen betreut, aber keine Radwege (und ggf. umgekehrt)?
- Wie oft wurden Einsätze auf Radwegen bzw. Fahrbahnen wiederholt?

Zusätzlich sollte veranschaulicht werden, welcher Zusammenhang zwischen der erfassten Befahrbarkeit der durchgeführten Befahrungen von Routen mit dem Fahrrad und ggf. zuvor stattgefundenen Winterdienstseinsätzen besteht.

Da die Einsatzdaten in den drei Partnerkommunen in unterschiedlicher Form erhoben werden (händisch bis automatisiert digital), musste die jeweilige Methodik zur Auswertung individuell angepasst werden. Ziel war es jedoch, für alle drei Kommunen vergleichbare Aussagen treffen zu können. Je nach Größe der Kommune wurden die Auswertungen auch nur für repräsentative Teilnetze durchgeführt. Die Auswertung erfolgte durch die Übertragung der übermittelten Daten der einzelnen Kommunen in eine Auswertungstabelle. Daraus ergaben sich die Anzahl der Tage, an denen eine winterliche Betreuung stattgefunden hatte, sowie die Anzahl der Wiederholungseinsätze.

3.4.2 Karlsruhe

Zur Analyse der Winterdienstseinsätze wurden im Rahmen des Forschungsprojektes ausgewählte Tage der Winterperioden 2020/2021 und 2021/2022 vom AfA aus Karlsruhe zur Verfügung gestellt. Die detaillierten Einsatzprotokolle gaben Aufschluss über die Häufigkeit der Winterdienstseinsätze auf der Fahrbahn, auf den Geh – und Radwegen und sämtlichen zum Winterradnetz zugehörigen Radrouten. Daraus ergaben sich quantitative Vergleiche zwischen den unterschiedlichen Betreuungen, Häufigkeiten der Wiederholungseinsätze sowie Unregelmäßigkeiten in Bezug auf bestimmte Abschnitte.

Die detaillierte Auswertung der Einsatzdaten erfolgte über die tagesspezifischen Einsatzprotokolle. Die Daten der Tagesprotokolle wurden in eine Gesamttabelle für die acht exemplarisch untersuchten Tage übertragen, um anschließend eine Vergleichsdarstellung der erhobenen Daten mit Bezug auf die zuvor genannten Punkte zu ermöglichen. Die Tabelle beinhaltet für jeden Tag und jedes Einzelprotokoll die gleichen Auswertungsmerkmale.

Datum	Dateiname	Tag	ID-Schlüssel	Beginn WD-Einsatz	Ende WD-Einsatz	WD-Fahrzeuge „Fahrbahn“	WD-Fahrzeuge „Geh- und Radwege“	WD-Fahrzeuge „Winterradnetz“
07.01.2022	WINTER~2	Fr	UNI 59	01:59	04:56			
07.01.2022	WINTER~3	Fr	KL 08	06:07	10:53	Ja	-	-
07.01.2022	WINTER~4	Fr	KL 18	06:44	11:54	Ja	-	-
07.01.2022	W124B4~1	Fr	KL 57	10:57	11:13	Ja	-	-
07.01.2022	WI8BE0~1	Fr	KL 40	10:15	11:00	Ja	-	-
07.01.2022	WIBB35~1	Fr	KL 79	06:06	11:31	Ja	-	-
07.01.2022	WIE30E~1	Fr	KL 55	05:16	11:48	Ja	-	-
17.01.2022	T03A49~1	Mo	KL 14	02:32	05:48	Ja	-	-
17.01.2022	TO08C5~1	Mo	KD 41	02:50	07:39	-	-	Ja
17.01.2022	TOA8EC~1	Mo	KL 31	02:42	05:47	Ja	-	-
17.01.2022	T016C3~1	Mo	KL 08	07:08	15:21	Ja	-	-
17.01.2022	T066E0~1	Mo	KL 34	07:46	15:15	Ja	-	-
17.01.2022	TO0507~1	Mo	KL 28	07:43	16:08	Ja	-	-
17.01.2022	TO9960~1	Mo	KL 14	06:20	14:58	Ja	-	-
17.01.2022	TOA732~1	Mo	KD 39	02:50	07:27	-	-	Ja

Tab. 9: Ausschnitt der Gesamtauswertung der Winterdienstseinsätze in Karlsruhe

Datum	Dateiname	Tag	ID-Schlüssel	Beginn WD-Einsatz	Ende WD-Einsatz	WD-Fahrzeuge „Fahrbahn“	WD-Fahrzeuge „Geh- und Radwege“	WD-Fahrzeuge „Winterradnetz“
17.01.2022	TOC2E0~1	Mo	KI 08	06:57	11:00	Ja	-	-
17.01.2022	TOD4B1~1	Mo	KL 14	02:34	05:49	Ja	-	-
17.01.2022	TOE1C3~1	Mo	KD 28	02:50	07:32	-	-	Ja
17.01.2022	TOE5C6~1	Mo	KL 33	07:22	16:13	Ja	-	-
17.01.2022	TOE145~1	Mo	KD34	02:50	07:35	-	-	Ja

Tab. 9: Fortsetzung

Anhand der Daten aus Tabelle 9 lassen sich ein quantitativer Vergleich der Einsätze auf Fahrbahn und Winterradnetz sowie mögliche Wiederholungseinsätze auf dem Winterradnetz darstellen.

Die Auswertung der untersuchten Tage ergab, dass an sämtlichen Tagen Winterdienstleistungen auf der Fahrbahn stattgefunden hatten. An sechs der acht untersuchten Tage war eine winterliche Betreuung auf den Radwegen des Winterradnetzes dokumentiert.

Bezogen auf die Radwege des Winterradnetzes ergibt sich aus der Auswertung der Daten, dass nicht an allen untersuchten Tagen mit Winterdienstleistungen auch Wiederholungseinsätze am gleichen Tag stattgefunden hatten. Bezogen auf die analysierten Tage wurden an drei der sechs Einsatztage Wiederholungseinsätze für die Radwege des Winterradnetzes durchgeführt, wohingegen auf der Fahrbahn an sämtlichen Untersuchungstagen Wiederholungseinsätze beziehungsweise mehrere Einsätze zu unterschiedlichen Zeitintervallen stattgefunden hatten.

3.4.3 München

Einsätze durch externe Dienstleister

Für den Winter 2020/2021 wurden unter anderem Einsatzdaten für die vier durch Dienstleister betreuten Straßenunterhaltsbezirke (Nord, Süd, West, Ost) im Zeitraum November 2020 bis März 2021 zur Verfügung gestellt, wobei im November 2020 keine Einsätze stattfanden. Betrachtet wurden die Leistungen, welche das Räumen und Streuen von Fahrbahnen, Fahrradstraßen sowie Radwegen betrafen.

Tabelle 10 vergleicht die Anzahl der durchgeführten Einsätze sowie die Zahl der Tage, an welchen Einsätze für Fahrbahnen sowie die Radverkehrsinfrastruktur stattgefunden hatten.

Daten beziehen sich auf die Bezirke Nord, Süd, West und Ost. Zeitraum November 2020 - März 2021												
Leistung	2020		2021								Summe Tage mit Einsätzen	Summe Einsätze
	Dezember		Januar		Februar		März					
	Tage mit Einsätzen	Einsätze										
Räumen Fahrbahn vorrangig	0	0	6	268	1	62	0	0	7	330		
Räumen Fahrbahn	0	0	13	421	1	49	1	5	15	475		
Streuen Fahrbahn	1	15	8	201	2	60	0	0	11	276		
Räumen Fahrradstraßen	1	9	15	193	6	28	1	5	23	235		
Streuen Fahrradstraße (Splitt)	4	21	11	106	3	33	1	4	19	164		
Räumen Priorisierte Radwege	3	32	15	496	1	71	2	16	21	615		
Räumen Radweg	3	36	14	549	1	77	2	20	20	682		
Streuen Radweg	6	89	9	212	2	71	1	9	18	381		
Summe		202		2446		451		59		3158		

Tab. 10: Anzahl Einsätze und Einsatztage nach Leistung in München

Als Einsatz mit Wertung „1“ werden hierbei auch Einsätze verstanden, welche nicht vollständig durchgeführt wurden (Abrechnungsmenge < 1). Die Anzahl der Einsätze ist in der Statistik aller Einsätze unabhängig von der Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge.

Insgesamt fanden in den vier Bezirken Winterdiensteinsätze an 35 Tagen statt. Auf stadtweiter Ebene kamen in den betrachteten Straßenunterhaltsbezirken lediglich einzelne Tage vor, an welchen ausschließlich Radwege und Fahrradstraßen geräumt bzw. gestreut wurden. Tage, an denen Fahrbahnen geräumt bzw. gestreut wurden, jedoch keine Radwege/ Fahrradstraßen, kamen nicht vor. Die ausgewerteten Daten zeigen auf, dass im Vergleich zu anderen Einsätzen eine hohe Anzahl an Räumeeinsätzen von Radwegen dokumentiert wurde.

In Tabelle 11 wird die mittlere Anzahl der Einsätze je Leistung je Einsatzgebiet auf das gesamte Stadtgebiet bezogen (exkl. Stadtzentrum) dargestellt. Dabei wurden nur Leistungen ≥ 1 betrachtet. Ein Mittelwert von 1,00 bedeutet also, dass in jenen Einsatzgebieten, in welchen Einsätze der entsprechenden Leistungsart durchgeführt wurden, diese nur einmal (ohne Wiederholung) durchgeführt wurden. Demnach wurden Räumeeinsätze deutlich häufiger wiederholt als Streueinsätze. Mit durchschnittlich 1,27 bzw. 1,26 Einsätzen je Einsatzgebiet an Tagen, an denen Einsätze stattfanden, wurden priorisierte Fahrbahnen und Radwege besonders häufig an Einsatztagen erneut geräumt.

Eine Limitierung der Auswertung dieser Daten stellt die Tatsache dar, dass die reine Betrachtung der Anzahl durchgeführter Einsätze nur eine bedingte Aussagekraft besitzt. Dies liegt daran, dass der Umfang einer Leistung gleichen Typs von Einsatzgebiet zu Einsatzgebiet variieren kann, etwa je nachdem, wie lang das in dem Einsatzgebiet zu betreuende Netz an Fahrbahnen oder Radwegen ist. Daher wurde im Folgenden eine weitergehende Analyse basierend auf dem Streckennetz in den jeweiligen Einsatzgebieten durchgeführt.

Einsätze durch die Stadt München

Für die Auswertung und Analyse einer gesamten Winterperiode wurden Einsatzdaten verschiedener Reinigungsbezirke innerhalb des Vollanschlussgebiets aus München zur Verfügung gestellt. Die Stadt München teilt ihre Einsatzgebiete unter anderem für den Winterdienst in kleinere Reinigungsbezirke ein. Jeder Reinigungsbezirk regelt und steuert seine Winterdiensteinsätze separat und vermerkt diese in täglichen Einsatzprotokollen. Diese Tagesprotokolle wurden für sämtlich angefragte Reinigungsbezirke über den Zeitraum November 2020 bis März 2021 zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Daten wurde eine tagesspezifische Analyse der Winterdiensteinsätze auf Fahrbahn, Geh- bzw. Radweg und priorisierten Radrouten erstellt.

In Abstimmung mit dem Baureferat der Stadt München wurde exemplarisch für die Bezirke 3, 5, 7 und 8 eine detaillierte Auswertung der Einsatzdaten über den gesamten Zeitraum erstellt. Diese beinhaltet eine tagesgenaue Auflistung der Wetterdaten, der Zustände der Straßen und Geh- bzw. Radwege sowie die mengenmäßige Auflistung der Einsatzfahrten (Beispiele s. Anhang 10). Diese Einsatzfahrten konnten in den Bezirken 5 und 8 noch detaillierter zwischen Fahrbahn und Radwege unterschieden werden.

Die Auswertung der Daten erfolgte über eine Analyse der einzelnen Tagesprotokolle für den gesamten Zeitraum für jeden Bezirk. Die Daten der Tagesprotokolle wurden in eine Gesamttabelle übertragen, um anschließend eine Vergleichsdarstellung der erhobenen Daten zu ermöglichen. Die Tabelle beinhaltet für jeden Bezirk die gleichen Auswertungsmerkmale, welche aus den Protokollen übertragen wurden.

Durchschnittliche Anzahl der Leistungsmenge nach Leistungsart									
	Räumeinsätze					Streueinsätze			
	Räumen Fahrbahn vorrangig	Räumen Fahrbahn	Räumen Fahrrad- straßen	Räumen priorisierter Radwege	Räumen Radwege	Streuen Fahrbahn	Streuen Fahrrad- straße	Streuen Fahrbahn	
Ø 2020			1,00	1,10	1,09	1,00	1,00	1,00	1,03
Dez			1,00	1,10	1,09	1,00	1,00	1,00	1,03
01. Dez			1,00	1,00	1,00			1,00	1,00
02. Dez							1,00	1,00	1,00
03. Dez							1,00		1,00
07. Dez							1,00	1,00	1,00
09. Dez				1,33	1,30			1,00	1,19
25. Dez				1,00	1,00			1,00	1,00
29. Dez						1,00	1,00	1,00	1,00
Ø 2021	1,27	1,00	1,00	1,26	1,25	1,05	1,00	1,01	1,13
Ø Jan	1,27	1,00	1,00	1,23	1,23	1,07	1,00	1,01	1,12
06. Jan	1,00	1,00	1,00	1,24	1,23		1,00		1,11
07. Jan		1,00	1,00	1,09	1,08	1,00	1,00	1,00	1,03
08. Jan		1,00	1,00						1,00
11. Jan						1,00	1,00		1,00
12. Jan		1,00	1,00	1,00	1,00			1,00	1,00
13. Jan			1,00			1,00	1,00	1,00	1,00
14. Jan	1,00	1,00	1,00	1,12	1,10	1,27	1,00	1,07	1,11
15. Jan							1,00		1,00
16. Jan				1,00	1,00				1,00
17. Jan	1,21	1,00	1,00	1,34	1,36				1,20
18. Jan	1,00	1,00	1,00	1,45	1,45	1,00	1,00	1,00	1,19
19. Jan			1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00
20. Jan		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21. Jan		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
25. Jan	1,26	1,00	1,00	1,33	1,32				1,20
26. Jan	1,71	1,00	1,00	1,60	1,55				1,41
27. Jan		1,00	1,00	1,07	1,06		1,00	1,00	1,04
28. Jan		1,00	1,00	1,05	1,04	1,00			1,02
31. Jan				1,00					1,00
Ø Feb	1,27	1,00	1,00	1,69	1,64	1,00	1,00	1,00	1,19
10. Feb						1,00	1,00	1,00	1,00
11. Feb	1,27	1,00	1,00	1,69	1,64	1,00	1,00	1,00	1,22
12. Feb			1,00				1,00		1,00
13. Feb			1,00						1,00
14. Feb			1,00						1,00
15. Feb			1,00						1,00
16. Feb			1,00						1,00
Ø Mrz		1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00
17. Mrz		1,00	1,00	1,00	1,00				1,00
20. Mrz				1,00	1,00		1,00	1,00	1,00
Winter 20/21	1,27	1,00	1,00	1,26	1,24	1,05	1,00	1,01	1,12

Tab. 11: Anzahl an Einsätzen pro Tag/Einsatzgebiet in München 2020/2021

Datum	Zeitintervall	Temperatur °C	Witterung	Straßen-zustand	Fahrbahn	Fahrbahnbetreuung Winterdienst	Einsatz- fahrzeuge Winter- dienst	Gehbahn	Radwege- betreuung	Einsatz- fahrzeuge Winter- dienst	davon Radweg Tour	Winterdienstprotokoll	Anmerkungen Winterdienst Rad- wege/Gehwege
01.12.2020	03:30 - 12:00	-3	°C	bewölkt	trocken	Schnee u. eisfrei	Volleinsatz	15	Schnee u. eisfrei				Sicherungsdienst 2:1 - Alle Winterstrecken/Radwege Räumen und nach Bedarf streuen
	04:00 -12:00	-1	°C	Schneereg	Matsch	Schnee u. eisfrei	Kein Einsatz	-	leichter Schneefall			gestreut, stellw. am Rand Schneewulst, nass und Matsch	
	12:30 - 20:30	2	°C	Schneereg	Matsch	Schnee u. eisfrei, Salznass	Teileinsatz	8	Geräumt u. gestreut			gestreut, stellw. am Rand Schneewulst, nass und Matsch	
	13:00 -21:00	1	°C	Schneereg	Matsch	Schnee u. eisfrei, Salznass	Teileinsatz	5	Geräumt u. gestreut	1		gestreut, stellw. am Rand Schneewulst, nass und Matsch	
02.12.2020	03:30 - 12:00	-1	°C	bewölkt	trocken	Schnee u. eisfrei	Teileinsatz	7	Schnee u. eisfrei			stellenw. Feucht, Schneewulst am Rand, geräumt und gestreut	Sicherung 2:1 - Gefahrenkontrolle + Radwege
	04:00 -12:00	-2	°C	bewölkt	trocken	Schnee u. eisfrei	Teileinsatz	4	Schnee u. eisfrei	1	1	stellenw. Feucht, Schneewulst am Rand, geräumt und gestreut	
	12:30 - 20:30	-2	°C	bewölkt	trocken	Schnee u. eisfrei, trocken	Teileinsatz	4	Schnee u. eisfrei, trocken			Stellw. Schneewulst am Rand, besplittet	
	13:00 -21:00	-2	°C	bewölkt	trocken	Schnee u. eisfrei, trocken	Kein Einsatz	-	Schnee u. eisfrei, trocken	1		Stellw. Schneewulst am Rand, besplittet	Sicherung 3:1 - Alle Winterstrecken kontrollieren nach
03.12.2020	03:30 - 12:00	-2	°C	bewölkt	trocken	Schneefrei	Volleinsatz	9	Schneefrei			Stellw. Reifeglätte, Schneewulst am Rand, Gehwege geräumt und	Sicherungsdienst 2:1 - Radwege
	04:00 -12:00	-2	°C	bewölkt	trocken	Schneefrei	Teileinsatz	5	Schneefrei	1		Stellw. Reifeglätte, Schneewulst am Rand, Gehwege geräumt und	
	12:30 - 20:30	1	°C	bewölkt	trocken	Schnee u. eisfrei, trocken	Teileinsatz	4	Schnee u. eisfrei, trocken			Stellw. Schneewulst am Rand, besplittet	
	13:00 -21:00	0	°C	bewölkt	trocken	Schnee u. eisfrei, trocken	Teileinsatz	1	Schnee u. eisfrei, trocken			Stellw. Schneewulst am Rand, besplittet	Sicherungsdienst 4:1 - Alle Winterstrecken kontrollieren, nach

Tab. 12: Ausschnitt der Auswertungstabelle der Winterdiensteinsätze in München für Bezirk 8

In Tabelle 12 sieht man einen Ausschnitt der Gesamttabelle beispielhaft für den Bezirk 8 in München. Darin zu erkennen sind die Wetterdaten, die Zustände der betreuten Strecken und die Anzahl sämtlicher Winterdiensteinsätze. Daraus ergeben sich für die Fahrbahn Volleinsätze (= Einsatz aller oder fast aller Fahrzeuge) und Teileinsätze. Radwege wurden jeweils pro Zeitintervall fast immer mit einem Fahrzeug betreut, in seltenen Fällen sogar durch zwei Fahrzeuge.

Für die quantitative Darstellung der Winterdiensteinsätze auf Radwegen und allgemein im Vergleich zu den sonstigen Winterdiensteinsätzen wurden die einzelnen Bezirke in einer separaten Tabelle genauer analysiert. Wie bereits erwähnt wurde ausschließlich in den beiden Bezirken 5 und 8 die Winterdiensteinsätze auf den Radwegen in den Tagesprotokollen deutlich durch Abkürzungen und Vermerke abgegrenzt. Tabelle 13 zeigt die detaillierte mengenmäßige Erfassung sämtlicher Winterdiensteinsätze im gesamten Untersuchungs-

Datum	WD-Fahrzeuge Fahrbahn				WO-Fahrzeuge Geh- und Radwege								WO-Fahrzeuge Prio Radrouten							
	Streuen		Räumen		Bez. 3		Bez. 5		Bez. 7		Bez. 8		Bez. 3		Bez. 5		Bez. 7		Bez. 8	
	früh	spät	früh	spät	früh	spät	früh	spät	früh	spät	früh	spät	früh	spät	früh	spät	früh	spät	früh	spät
31.01.2021	2	0	0	0	3	1	6	1	2		4	2	-	-	0	0	-	-	0	0
01.02.2021	0	0	0	0	13	8	17	6	14	15	14	10	-	-	0	0	-	-	1	0
02.02.2021	0	0	0	0	13	9	15	5	6	7	15	12	-	-	0	0	-	-	0	0
03.02.2021	0	0	0	0	13	4	13	3	7	7	13	11	-	-	0	0	-	-	0	0
04.02.2021	0	0	0	0	12	6	16	4	7	7	14	11	-	-	0	0	-	-	0	0
05.02.2021	0	0	0	0	11	4	14	5	9	7	15	12	-	-	0	0	-	-	0	0
06.02.2021	0	0	0	0	2	-	1	-	3	-	2	-	-	-	0	0	-	-	0	0
07.02.2021	0	0	0	0	2	-	1	-	3	-	2	-	-	-	0	0	-	-	0	0
08.02.2021	5	0	0	0	12	7	16	7	14	13	16	10	-	-	0	0	-	-	0	0
09.02.2021	5	5	0	0	14	8	14	11	15	12	19	7	-	-	2	0	-	-	1	0
10.02.2021	10	10	0	0	12	12	13	14	14	15	18	18	-	-	2	2	-	-	2	1
11.02.2021	10	10	0	0	12	12	14	12	14	15	17	17	-	-	2	2	-	-	1	1
12.02.2021	10	5	0	0	15	11	13	11	14	11	16	16	-	-	2	2	-	-	1	1
13.02.2021	5	5	0	0	7	5	14	12	7	4	8	6	-	-	0	0	-	-	1	1
14.02.2021	5	2	0	0	6	4	13	11	6	4	8	5	-	-	0	0	-	-	1	1

Tab. 13: Ausschnitt der Gesamtauswertung der Winterdienstesätze in München

biet über den Winter 2020/2021. Darin enthalten sind sämtliche Einsätze auf der Fahrbahn sowie auf den Geh- und Radwegen und den Priorisierten Winterradrouten.

Anhand der Daten lässt sich ein quantitativer Vergleich der Betreuung von Radwegen und Radrouten im Vergleich zu der Fahrbahn darstellen sowie die Regelmäßigkeit der Betreuung und auch mögliche Wiederholungseinsätze.

Insgesamt kam es im Untersuchungszeitraum zusammengefasst in allen Bezirken an 94 Tagen zu Winterdienstesätzen auf der Fahrbahn. Im Bezirk 5 fand anhand der Dokumentation an 36 Tagen und in Bezirk 8 an 43 Tagen eine Winterdienstbetreuung auf den priorisierten Radwegen statt. Weiterhin zeigt sich, dass in beiden Bezirken zwei Einsätze auf den priorisierten Radrouten stattgefunden haben, an denen nicht auch die Fahrbahn winterdienstlich betreut wurde.

Bezogen auf die priorisierten Radrouten der beiden Bezirke und deren Wiederholungseinsätze ergibt die Auswertung, dass nicht an allen Einsatztagen auch Wiederholungseinsätze stattgefunden haben, jedoch an einer Vielzahl der Einsatztage. Im Bezirk 5 fanden an 37 möglichen Tagen mit Winterdienst im Winter 2020/2021 23 Wiederholungseinsätze und im Bezirk 8 an 45 Tagen mit Winterdienst 35 Wiederholungseinsätze statt.

3.4.4 Köln

Für die Stadt Köln wurde eine von der AWB Köln durchgeführte maschinelle Auswertung der Winterdienstesatzdaten auf Radwegen und Fahrbahnen über den Zeitraum November 2020 bis März 2021 erstellt. Tabelle 14 zeigt die durch die AWB erstellte, Auswertung mit den genauen Einsatztagen bei winterlichen Bedingungen in der Stadt Köln.

Die Auswertung der übermittelten Daten ergibt, dass im gesamten Untersuchungszeitraum 7 Winterdienstesätze stattgefunden hatten. An sämtlichen Tagen wurde sowohl die Fahrbahn als auch die Radwege winterdienstlich betreut. Über mögliche Wiederholungseinsätze im Tagesverlauf der Einsatztage lässt sich anhand der Tabelle keine Aussage treffen.

Januar 2021.			Februar 2021.		
Volleinsätze			Volleinsätze		
	Anzahl der geplanten Routen	Anzahl der geplanten Routen		Anzahl der geplanten Routen	Anzahl der geplanten Routen
Einsatztag	Fahrbahn	Radweg	Einsatztag	Fahrbahn	Radweg
17.01.2021	30	13	07.02.2021	30	13
24.01.2021	30	13	08.02.2021	30	13
25.01.2021	30	13	14.02.2021	30	13
			15.02.2021	30	13
Tage: 3	90	39	Tage: 4	120	52

Tab. 14: Auswertung der Winterdienstseinsätze in Köln

In den restlichen Monaten fanden nach Angaben der AWB Köln keine Winterdienstseinsätze statt.

3.5 Interviews mit operativem Personal

3.5.1 Allgemeines

Um zusätzlich zu den Befahrungen von Radwegeverbindungen bei winterlicher Witterung die Perspektive des operativen Winterdienstpersonals zu erfassen, wurden Workshops im Umfang von 2 bis 3 Stunden mit diesen durchgeführt. Ziel war es, einen Einblick in den Betriebsablauf bei Winterdienstseinsätzen auf Radwegeverbindungen zu erlangen. Dabei hatten das Betriebspersonal sowie die Einsatzleitung auch zu Herausforderungen, Besonderheiten und Abläufen berichtet. Zudem waren die Erfahrungen mit bestimmter technischer Ausrüstung sowie mögliche Verbesserungen aus operativer Sicht für Abläufe und Infrastruktur von Interesse.

Folgende Fragen standen bei den Workshops im Vordergrund:

- Welche typischen Hindernisse und Probleme treten in der Praxis bei Winterdienstseinsätzen auf Radverbindungen auf?
- Wie laufen die Einsätze ab? Wie werden sie vor- und nachbereitet?
- Welche Werkzeuge werden bei Räum- und Streueinsätzen verwendet? Wie kommen die Fahrer mit der jeweiligen Technik zurecht und welche Erfahrungen haben sie mit dieser gemacht?
- In welchen Fällen und wo wird mit welchen Streustoffen gefahren?
- Wann gibt es Wiederholungen bzw. wie lange bleibt die Strecke gut befahrbar?
- Welche Unterschiede und Herausforderungen gibt es im Vergleich zu Einsätzen auf anderen Verkehrswegen?
- Welche Unterschiede gibt es allgemein beim Einsatz auf Radwegen verschiedener Führungsformen?
- Wie sind die Situation und das Vorgehen an den Grenzen der Kommune? Wie handeln die Fahrer an bestimmten Stellen?
- Gab es, etwa in den vergangenen Jahren, eingeführte Änderungen bezüglich der Technik, der Methodik und Strategie? Wie war der jeweilige Zustand zuvor, wie haben sich die Änderungen ausgewirkt und wie werden sie bewertet?

- Welche Probleme sehen die Fahrer sonst noch? Was könnte verbessert werden, auch im Ablauf?
- Welche konkreten Vorschläge zur Verbesserung der Einsätze, aber auch der Infrastruktur und der winterlichen Befahrbarkeit allgemein hat das Betriebspersonal?

Trotz Corona-Pandemie konnten die Workshops in Präsenz durchgeführt werden. Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt geltenden Hygienevorschriften war dies jedoch nur mit reduzierter Teilnehmeranzahl möglich; Mitarbeiter von beauftragten Dienstleistern hatten nicht teilgenommen.

3.5.2 Karlsruhe

Am 10.12.2020 wurde der vorgesehene Workshop mit dem Betriebspersonal in Karlsruhe durchgeführt. Infolge der Corona-Pandemie war die Durchführung des Workshops durch geltende Hygiene-Vorschriften beeinträchtigt. Neben der Einsatzleitung war jedoch die Teilnahme sowohl eines operativen Mitarbeiters des AfA als auch einer operativen Mitarbeiterin des beauftragten Dienstleisters möglich.

Als größtes Hindernis für die Abläufe im Winterdienst auf Radwegeverbindungen werden Baustellen bezeichnet. Grundsätzlich werden Belange des Betriebsdienstes zwar durch die Verkehrsbehörde berücksichtigt, etwa bei Vorgaben zu notwendigen Durchfahrtsbreiten. In der Praxis käme es jedoch bei den Baufirmen zu Mängeln in der Umsetzung, sodass die Fahrzeuge des Betriebsdienstes bestimmte Stellen nicht passieren könnten. Die Folge sei die Notwendigkeit einer aufwändigen händischen Räumung und Streuung.

Auch sonst sei im Baubetrieb das Bewusstsein bezüglich dem Betriebsdienst sowie der Befahrbarkeit angrenzender Verkehrsflächen teilweise wenig ausgeprägt. Als Beispiel wird das wiederholte Abpumpen von Wasser aus einer Baugrube auf die Straße genannt, was zu erheblichen Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit führte. Ähnliche Handlungen würden auch durch andere Akteure vollzogen, wie etwa Reinigungskräfte, welche Wasser trotz niedriger Temperaturen auf Verkehrsflächen leiten.

Durch das Betriebspersonal wird ein mangelndes Verständnis sowie fehlender Respekt von Fußgängern und Radfahrern gegenüber ihrer Tätigkeit beklagt. In der Praxis drücke sich dies etwa durch eine fehlende Bereitschaft, dem Betriebsdienstfahrzeug auszuweichen, aus. Allgemein sei nach Aussage der Einsatzleitung in der Bürgerschaft nur ein rudimentäres Verständnis gegenüber der Relevanz winterdienstlicher Tätigkeiten gegeben. Aufgrund des milden Klimas in Karlsruhe und der relativ selten auftretenden winterlichen Ereignisse würde die Notwendigkeit des Winterdienstes von vielen Bürgerinnen und Bürgern, aber auch von Akteuren der Verwaltung falsch eingeschätzt.

Als Einschränkung speziell im Bereich von Grünflächen, wie etwa der Günther-Klotz-Anlage, wurde durch das Betriebspersonal auf das bereits frühmorgendliche Aufkommen von Joggern hingewiesen. Diese würden auf bestimmten Strecken regelmäßig für eine Beeinträchtigung des Betriebs sorgen.

Die Zufriedenheit mit der zur Verfügung stehenden Räum- und Streutechnik ist hoch. Insbesondere der Einsatz von Kehrwalzen wird als äußerst effektiv und für Karlsruher Verhältnisse gut angepasst bezeichnet. Das Räumbild sei deutlich sauberer, insbesondere auch auf gepflasterten Oberflächen. Zum Zeitpunkt der Untersuchung sind Kehrwalzen zur Räumung nur an Fahrzeugen des AfA im Einsatz, der Einsatz an Fahrzeugen beauftragter Dienstleister ist jedoch im Zuge der nächsten Leistungsvergabe aufgrund der positiven Erfahrungen im Vergleich zur Schild-Räumung fest eingeplant.

Sowohl das AfA als auch der beauftragte Dienstleister sind mit den Leistungen der jeweils eingesetzten Streustoffe – FS 100 durch Fahrzeuge des AfA, FS 30 durch Fahrzeuge des Dienstleisters - zufrieden. Auf Seiten des Dienstleisters wird jedoch der Einsatz eines Kombi-Geräts für FS 30 und FS 100 erwogen, da FS 100 in Bezug auf die zu erwartenden Karlsruher Witterungsverhältnisse als bessere Option angesehen wird. Bei einer Temperatur von unter -10 °C sei jedoch weiterhin FS 30 vorzuziehen. Da auftauende Streustoffe in Karlsruhe auf Radwegen bereits seit den 1990er-Jahren eingesetzt werden, ist kein direkter Vergleich zum Einsatz abstumpfender Streustoffe auf Radwegeverbindungen möglich. Die Umstellung des AfA auf FS 100 habe jedoch sehr positive Wirkungen gezeigt; die Ausbringung reiner Sole sei in geschätzt 95 % der Fälle die beste Option.

Die Betreuung von Radwegeverbindungen, welche die Gemarkungsgrenzen der Stadt Karlsruhe überschreiten, wird durch informelle Absprachen zwischen dem AfA sowie den Verantwortlichen in den Nachbarkommunen geregelt. Diese Absprachen sind jedoch nur auf räumliche Details bezogen, etwa wo Fahrzeuge wenden. Eine zeitliche Abstimmung ist nicht vorhanden, wird aufgrund des Grundsatzes der Räumung vor Einsetzen des Berufsverkehrs aber auch nicht als notwendig erachtet. Das Betriebspersonal kommt mit diesem Ablauf gut zurecht. In der Praxis erkennt der jeweils später an der Gemarkungsgrenze eintreffende Fahrer, bis wohin der jeweils andere Einsatz stattgefunden hat, und kann sich daran orientieren. Außerdem sei der zeitliche Versatz i. d. R. eher gering. Als Beispiel für eine gut funktionierende Verzahnung der jeweiligen Winterdienstbetriebe wird die Grenze zur südlichen Nachbarkommunen Rheinstetten genannt.

Obwohl über die App KA-Feedback eine digitale Option zur Einreichung von Rückmeldungen bezüglich des Winterdienstes auf Radwegeverbindungen besteht, wird diese Möglichkeit nur selten genutzt. Typischerweise gehe im Winter über diesen Kanal lediglich etwa eine entsprechende Rückmeldung pro Monat ein.

Folgende Vorschläge, Wünsche und Empfehlungen zur Schaffung besserer Rahmenbedingungen für den Winterdienst auf Radwegeverbindungen wurden geäußert:

- Pfosten stellen in Karlsruhe zwar keinen akuten Handlungsbedarf dar, eine zur Durchfahung ausreichend breite Lücke oder die Möglichkeit einer schnellen Demontage sollten jedoch beachtet werden. Im Fall umlegbarer- und demontierbarer Pfosten wird auf die Gefahr des Festfrierens hingewiesen.
- Die Belange des Winterdienstes sollten nicht nur bei der Planung und Genehmigung von Baustellen berücksichtigt werden, eine Kontrolle während der Bauzeit etwa von Durchfahrtbreiten ist ebenfalls unumgänglich.
- Es müssen Maßnahmen getroffen werden, um die Akzeptanz der Bürgerschaft gegenüber winterdienstlichen Tätigkeiten zu erhöhen und insbesondere bei Fußgängern und Radfahrern eine Verhaltensänderung zu bewirken.
- Es wird anderen Kommunen erfahrungsbedingt empfohlen, Leistungen im Winterdienst auf Radwegeverbindungen längerfristig auszuschreiben. So werde das wirtschaftliche Risiko für die Anschaffung hochwertiger Betriebsmittel minimiert, wodurch deren Anschaffung attraktiver wird und in der Folge eine verbesserte Räum- und Streuleistung erwartet werden kann.

3.5.3 München

Der Workshop mit dem operativen Personal in München wurde am 23.09.2021 durchgeführt. Neben der Betriebsleitung und zwei Vertreterinnen und Vertretern der Einsatzleitung nahmen drei Fahrer der städtischen Straßenreinigung teil.

Grundsätzlich wurden vom Betriebspersonal nur wenige Probleme beschrieben. Die Interaktion mit Fußgängern und Radfahrenden sei nur in sehr seltenen Fällen mit Konflikten behaftet. Problematisch seien aber falsch abgestellte Fahrräder, E-Scooter und E-Roller, da diese häufig die Geh- und Radwege blockieren. Es gebe keine Abstimmung zwischen dem für die Fahrbahnen zuständigen Fahrdienst und den Reinigungsbezirken, welche für den Winterdienst auf Radwegen zuständig sind. Daher komme es gelegentlich vor, dass Verkehrsflächen zugeschoben würden. Baustellen stellen auch in München ein Problem dar, da oftmals die von den Bauunternehmen zu schaffenden Durchfahrtsbreiten nicht eingehalten werden.

Mit der zur Verfügung stehenden Ausrüstung zeigten sich die Fahrer überwiegend zufrieden. Lediglich der restriktive Einsatz auftauender Streustoffe wurde als mögliches Handlungsfeld für zukünftige Änderungen genannt. Die Nutzung von Kehrwalzen zur Räumung auf Radwegen wurde bisher nicht näher in Betracht gezogen.

Einsätze werden im Vollanschlussgebiet durch den Winterdienstleiter für die Straßenunterhaltsbezirke ausgelöst. Welche Routen durch welche Fahrer betreut werden, wird von den Einsatzleitern in den jeweiligen Bezirken entschieden. Teilweise werden hierfür auch Informationen zur Witterung von anderen Bezirken einbezogen. Die Witterungsbedingungen unterscheiden sich innerhalb des Stadtgebiets teilweise stark, so fällt üblicherweise im etwas höher gelegenen Osten der Stadt etwas mehr Schnee. Die Entscheidung, ob Splitt gestreut wird, wird zentral für alle Bezirke und Einsatzgebiete getroffen.

Die priorisierten Radwege im Vollanschlussgebiet haben höchste Priorität, je nach Wettervorhersage werden Einsätze früher begonnen als auf der Fahrbahn. Die Einsätze auf priorisierten Radwegen dauern üblicherweise 2,5 bis 3 Stunden und werden innerhalb einer Schicht ggf. wiederholt. Die Einsätze werden nicht mit einem Telematik-System aufgezeichnet, sondern manuell vom Einsatzleiter pauschal protokolliert.

Einsätze auf Radwegen werden im Vollanschlussgebiet von den jeweiligen Bezirken und mit Kleintraktoren durchgeführt. Zur Räumung werden ausschließlich VARIO-Schilder mit einer Räumbreite von ca. 120 cm eingesetzt. Diese werden vom Betriebspersonal nach individueller Präferenz eingestellt. Die Kleintraktoren können an insgesamt ca. 70 Silos, die über das gesamte Stadtgebiet verteilt sind, mit Splitt befüllt werden. Die neueren Streuer haben eine Kapazität von ca. 350 kg Splitt. Das Nachladen geht nach eigener Angabe ohne größere Umwege und wird auch in der Planung nicht als Zeitverlust betrachtet. Üblicherweise (bei durchschnittlicher Schneemenge) werden die Silos pro Einsatzfahrt 2- bis 3-mal zum Nachladen genutzt. Die Streudichte und -breite wird manuell und nach individueller Einschätzung eingestellt, Referenzwerte können nicht angegeben werden.

Es werden auf Radwegen ausschließlich abstumpfende Streustoffe (Splitt) ausgebracht, und auch nur sofern akut mit Glatteis zu rechnen ist. Nebenstraßen und Radwege werden nur im absoluten Ausnahmefall gesplittet. Im Durchschnitt wird der Splitt 1- bis 2-mal vor Ende der Winterperiode entfernt. Der aufgenommene Splitt wird zunächst dezentral gelagert und schließlich abtransportiert und teilweise recycelt. Für den Bereich außerhalb des Vollanschlussgebietes wird der Splitt von den Fremdunternehmern selbst geliefert. Laut Beschluss „Konkrete Verbesserung der Schneeräumung im Winter 2009/2010 Antrag Nr. 08-14/A 01119 vom 09.10.2009 Sitzungsvorlage Nr. 08-14/V 03364“ erfolgt der Einsatz von Streusalz „entsprechend dem differenzierten Winterdienst auf allen Straßen, auf denen aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Verkehrsflusses ein höherer Kraftschluss zwischen Fahrzeug und Fahrbahn erreicht werden muss. Dies sind alle hochbelasteten Hauptverkehrsstraßen, Straßen mit öffentlichem Busverkehr und Gefahrenstellen (z. B. Steigungsstrecken). Hierbei werden im Stadtgebiet die Feuchtsalzstreuung sowie Soleaus-

bringung angewendet. Ansonsten findet aus Gründen des Umweltschutzes (insbesondere der Baumgräben) ausschließlich eine Splittstreuung statt: In den Nebenstraßen erfolgen Splittstreuungen bei besonderer Glättebildung, die bei Bedarf auch flächendeckend im Stadtgebiet durchgeführt werden. Auf Geh- und Radwegen sowie in den Fußgängerzonen wird hingegen regelmäßig Splittstreuung durchgeführt.

Grundsätzlich werden Einsätze im Vollanschlussgebiet so lange wiederholt, bis es aufgehört hat zu schneien. Ist nach vollendeten Einsatzfahrten noch Zeit, werden bestimmte Stellen nachgearbeitet. Regulär sind 2 durchgehend besetzte Schichten (Beginn 04:00 Uhr, 12:00 Uhr) vorgesehen, am Wochenende werden die Zeitfenster häufig angepasst. Bei Bedarf (entsprechende Vorhersage) können die Schichten in Absprache mit dem Personalrat zeitlich nach vorne oder hinten verschoben werden. Gemäß Reinigungs- und Sicherungsvertrag muss an Werktagen eine Befahrbarkeit ab 06:00 Uhr, an Sonn- und Feiertagen ab 07:00 Uhr, jeweils bis 22:00 Uhr gewährleistet sein. Dies gilt auch für das Vollanschlussgebiet.

Es gibt keine Absprachen mit benachbarten Kommunen und Landkreisen, auch nicht zwischen der städtischen Straßenreinigung und den Fremdunternehmen auf Ebene der Einsatzgebiete. Die zugewiesenen Grenzen des Vollanschlussgebietes werden präzise eingehalten. Innerhalb des Vollanschlussgebietes werden Radwege-Touren je nach Kapazität und Situation gelegentlich auch von anderen Bezirken übernommen. Seit 2011/2012 wird dem Winterdienst auf Radwegen eine größere Bedeutung zugewiesen. Vorher wurden alle Radwege zeitgleich und in gleicher Priorität wie die Fahrbahnen betreut. Seitdem werden hierfür mehr Fahrzeuge und Mitarbeiter bereitgestellt. Zunächst gab es vier priorisierte Radrouten, deren Anzahl wurde sukzessive ausgeweitet.

3.5.4 Köln

Am 21.09.2021 wurde aufgrund der Corona-Pandemie im kleineren Kreis ein Workshop unter Einhaltung sämtlicher Hygienevorschriften bei der AWB in Köln abgehalten. Anwesend war die Betriebsleitung der AWB Köln, das Betriebspersonal sowie Vertreter der BAST. Das Forschungsprojekt und das Vorhaben speziell im Winter 2020/21 wurden detailliert dargestellt und sämtliche Zusammenarbeit besprochen.

Bezüglich der Organisation der Winterdiensteinsatzfahrten auf Radwegen zeigt sich auch in Köln das Problem der fehlenden Absprache im Grenzbereich. Für den Innenstadtbereich selbst gibt es jedoch eine genaue Absprache der zu betreuenden Strecken und auch der bevorzugt betreuten Strecken. Diese Strecken werden als stark frequentierte Radwege bezeichnet und die Räumung dieser Radwege wird bei winterlichen Bedingungen bevorzugt. Welche Streckenabschnitte dies genau sind, steht aktuell noch in der Planung der AWB Köln und wird voraussichtlich in einer Plandarstellung in der Zukunft folgen.

Weiterhin werden bei winterlichen Bedingungen Kontrollfahrten ab bestimmten Temperaturen durchgeführt und es sollen zu bestimmten Zeiten Wiederholungseinsätze auch auf den Radwegen stattfinden, um eine Räumung der Streckenabschnitte zu garantieren. Das Nachladen der Streustoffe ist in Köln nur auf den Betriebshöfen möglich.

Als Probleme und Hindernisse bei den Winterdiensteinsätzen wird auch in Köln verstärkt das Problem der im Fahrweg der Einsatzfahrzeuge positionierten Poller angesprochen, welche häufig einen enormen Zeitverlust verursachen. Diese müssen bei einem Einsatz entfernt und nach der Durchfahrt wieder aufgestellt werden. Jedoch sei die Kommunikation zwischen der Stadt und der AWB im Bereich der Ausbesserungsmaßnahmen oder Behebung solcher Hindernisse durchaus gut. Auch die Weiterleitung der Informationen über geplante Baustellen an den zu befahrenden Abschnitten funktioniert recht gut.

3.6 Analyse ausgewählter Winterdienstseinsätze

3.6.1 Methodik

Im Zuge des Forschungsprojektes wurde in allen Untersuchungsgebieten (Karlsruhe, Köln und München) in Zusammenarbeit mit dem entsprechenden Dienstleister und dem operativen Personal für Winterdienst eine Untersuchung der Winterdienstseinsätze mit Hilfe von Kameras an den Winterdienstfahrzeugen geplant. Die Aufnahmen dienen zur Analyse und Auswertung der durchgeführten Einsatzfahrten bei winterlichen Ereignissen und sollen einen Eindruck über die Räumung, die Streuung, die Routen und einen Vergleich zwischen Radwegen und Fahrbahn ermöglichen. Durch diese Auswertung der generierten Daten ergeben sich z. B. aus den Zeitverlusten an Problemstellen, wie zu geringe Breiten oder Hindernissen wie Schranken und Pfosten, Optimierungsansätze bezüglich der Winterdienstseinsatzfahrten.

Die Analyse ausgewählter Winterdienstseinsätze basiert auf der Aufzeichnung von Einsatzfahrten auf verschiedenen Einsatzrouten mit Kameras. Zur Aufnahme der Einsatzfahrten wurden Kamera-Sets zusammengestellt, mit welchen die Aufzeichnung der Bereiche unmittelbar vor und hinter dem Fahrzeug ermöglicht werden soll. Die Sets bestanden aus jeweils zwei Kameras:

- Eine hochauflösende Frontkamera mit eingebautem GPS-Tracking zum Filmen des Einsatzes aus Perspektive des Fahrers
- Eine Rückkamera zur Erfassung des Bereichs hinter dem Fahrzeug und der Dokumentation des Räum- und Streuergebnisses
- Neben Ersatzteilen und zusätzlichen Speicherkarten beinhalteten die Kamerasets auch eine detaillierte Anleitung zu Anbringung und Betrieb der Kameras.



Bild 33: Anbringung der Frontkameras zur Dokumentation der Winterdienstseinsätze (Bild: WIESLER)

Die Frontkameras konnten, wie in Bild 33 zu sehen, an allen Fahrzeugen mithilfe von Saugnapfen von innen an der Frontscheibe befestigt werden. In allen Fahrzeugen des AfA sowie des Karlsruher Dienstleisters sind Zigarettanzünder vorhanden, mit welchen über einen Adapter das Laden der Frontkameras während der Fahrt möglich ist. In München stand diese Form der Stromversorgung nicht zur Verfügung, hier musste die Frontkamera für eine sichere dauerhafte Stromversorgung über eine Powerbank betrieben werden.

Der Betrieb der Frontkamera während des gesamten Einsatzes wurde über die Stromversorgung über das Fahrzeug gewährleistet. Die für die Aufnahme des rückwärtigen Bereichs

zur Verfügung stehenden Kameras waren lediglich in der Lage, Speicherkarten mit einer geringen Kapazität (32 GB) aufzunehmen. Daher wurden hier zunächst nur Einzelbilder mit einer Frequenz von 5 s aufgenommen, während ein durchgehender Film nur über die Frontkamera aufgenommen wurde. Zur Stromversorgung der Rückkameras wurden Powerbanks genutzt, welche nahe den Kameras angebracht wurden und diese über ein Kabel, das an den Schnittstellen gegen Feuchtigkeit und Salz gesichert war, mit Strom versorgten. Um ein schnelles Anbringen und Entfernen der beiden Kameras zu ermöglichen, wurden diese nicht dauerhaft, sondern nur mit Klemmen, Saugnäpfen und Magneten an den Fahrzeugen befestigt.



Bild 34: Anbringung der rückwärtigen Kamera an einem Fahrzeug des AfA mit Sprühbalken für FS 100 (Bild: WIESLER)



Bild 35: Anbringung der rückwärtigen Kamera an einem Fahrzeug des Dienstleisters in Karlsruhe (Bild WIESLER)

Die Anbringung der Kameras war teilweise vom Modell des Fahrzeugs, mit welchem die Einsätze gefahren wurden, abhängig. Bild 34 und Bild 35 zeigen die Anbringung der rückwärtigen Kamera an unterschiedlichen Schmalspurfahrzeugen in Karlsruhe.

Die in München eingesetzten Kleintraktoren verfügten über keine Möglichkeit, die Rückkameras wie an den Karlsruher Fahrzeugen anzubringen. Für die Aufzeichnung von Einsatz-

fahrten im Winter 2021/2022 wurden die rückwärtigen Kameras in München ebenfalls mit einem Saugnapf an der Heckscheibe der Kleintraktoren angebracht.

Nach der erfolgreichen Aufzeichnung verschiedener Winterdiensteseinsätze bei möglichst winterlichen Bedingungen wurden die Kameras zur Auswertung zurückgeholt. Die Auswertung erfolgte im Anschluss mit Hilfe verschiedener Programme und Hilfsmittel. Die Videos und die GPS-Daten wurden durch das Bearbeitungstool DashWare bildlich dargestellt und durch einen Kartenhintergrund verdeutlicht (s. Bild 36). Das Programm ermöglichte somit eine lokale Einordnung der Fahrstrecke und zusätzlich eine dauerhafte Auswertung bezüglich sonstiger Fahrdaten, wie z. B. Geschwindigkeit, Uhrzeit und Einsatzzeit.

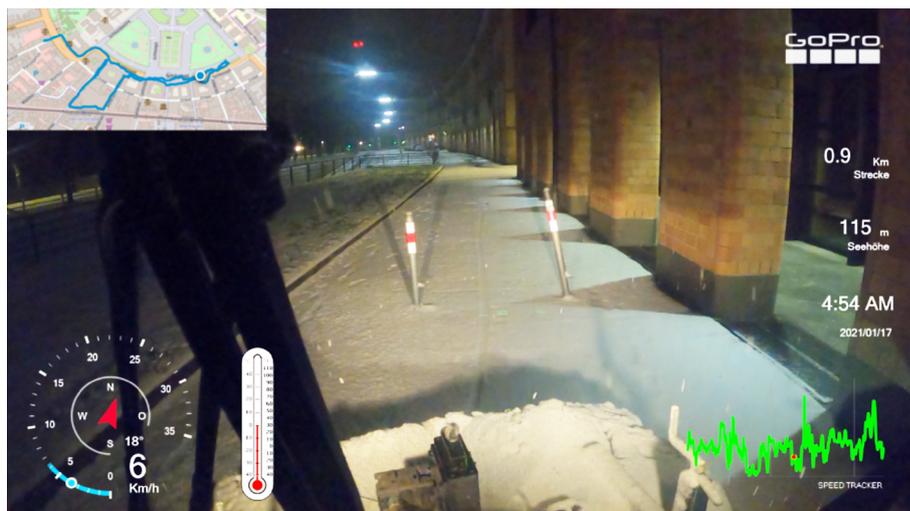


Bild 36: Ausschnitt der Videoaufzeichnung bei der Winterdienstbetreuung in Karlsruhe über das Programm DashWare (Bild: MÄRZ)

Nachdem im Winter 2020/2021 die Kamerasets zunächst in Karlsruhe, dann im München zum Einsatz vorgesehen waren, konnten im Winter 2021/2022 in allen drei Kommunen parallel Einsätze aufgezeichnet werden. So sollte sichergestellt werden, dass bei möglichst vielen winterlichen Witterungsereignissen in den drei Kommunen Aufnahmen gemacht werden können. Hierfür wurden vor Beginn der Winterperiode jeweils zwei Kamerasets vor Ort gebracht. In diesem Zug wurde auch das jeweils mit der Aufzeichnung betraute Betriebspersonal detailliert in die Handhabung der Kamerasets eingewiesen.

Der Umfang der Einsatzfahrten bezieht sich auf die gesamte Einsatzfahrt eines Winterdienstfahrzeuges. Die Kameras dokumentieren den gesamten Einsatz von Beginn bis zum Ende des durchzuführenden Winterdienstes. Zu dem Umfang zählt die Anfahrt zur ersten zu räumenden Strecke sowie die entsprechende Rückfahrt. Dazwischen werden alle abgefahrenen Strecken mit Hilfe der Kameras festgehalten und dokumentiert.

3.6.2 Karlsruhe

Die Auswertung mit entsprechender Analyse wurde bei winterlichen Bedingungen im Winter 2020/2021 und im Winter 2021/2022 für die Stadt Karlsruhe durchgeführt. In Absprache mit dem AfA und basierend auf der Verfügbarkeit der technischen Ausstattung wurde ein Kamera-Set an einen Fahrer des AfA ausgegeben, zwei weitere an das Personal des beauftragten Dienstleisters. Bild 37 zeigt eine erfasste Route eines Winterdienstfahrzeuges mit Verantwortlichkeit für Radverkehrsflächen und Fahrbahnen des aufgezeichneten Winterdiensteseinsatzes des AfA vom 17.01.2021 bei winterlichen Bedingungen. Die GPS-Daten der Kameraaufzeichnung wurden in QGIS übermittelt und farblich dargestellt.

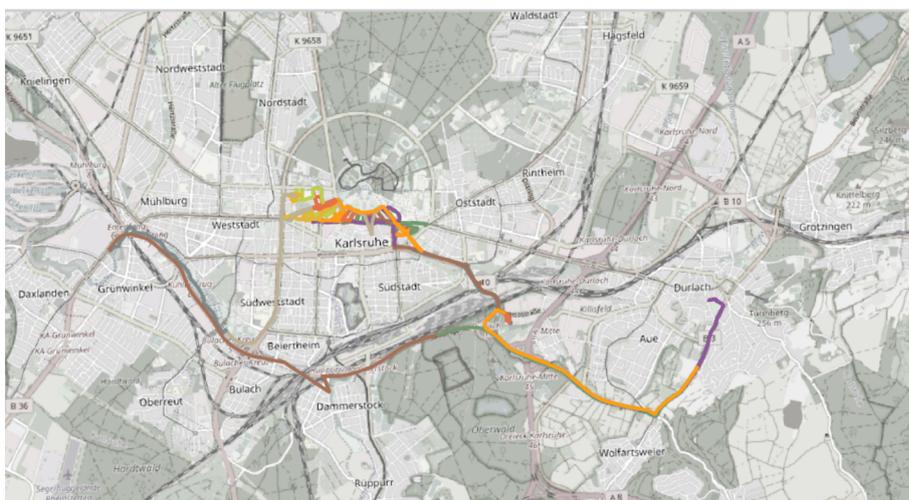


Bild 37: Darstellung der aufgezeichneten GPS-Daten des Winterdiensteinsatzes des AfA am 17.01.2021 [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

In Karlsruhe wurden beispielhaft zwei Winterdiensteinsätze ausgewertet. Der dargestellte Winterdiensteinsatz wurde bei winterlichen Bedingungen dokumentiert und ausgewertet. Tabelle 15 zeigt einen Ausschnitt der tabellarischen Auswertung der Einsatzrouten für einen Teilabschnitt der gesamten Einsatzroute. Darin deutlich zu erkennen ist ein möglicher Optimierungsansatz bezogen auf den Winterdienst. Die in Tabelle 15 aufgeführten Pfosten führen pro Einsatz zu einem Zeitverlust von etwas mehr als einer Minute und stellen damit eine potenzielle Problemstelle dar, die einer Optimierung bedarf.

Einsatzfahrten AfA-Volleinsatz 21/01/17 - Frontkamera												
Video	Räumungsart	Uhrzeit	Strecke	Zeitabschnitt	RV-Führung	Problemstelle (Zeitstempel)	Zeitverlust (min)	km	sek	sek/km	durch. Km/h	Witterung
GH060053	Kehrbesen	4:49	Herrenstraße	00:00 - 01:51	Mischverkehr	-	-	0,3	91	303	11,87	leichter Niederschlag
GH060053	keine Räumung	4:50	Kaiserstraße	01:52 - 02:25	-	-	00:33	0,13	33	254	14,18	leichter Niederschlag
GH060053	Kehrbesen	4:51	Ritterstraße	02:26 - 03:24	Mischverkehr	-	-	0,19	58	305	11,79	leichter Niederschlag
GH060053	Kehrbesen	4:51	Schloßplatz	03:25 - 10:32	-	Pfosten entfernen (03:38 u. 06:18)	01:13	0,82	427	521	6,91	leichter Niederschlag
GH060053	keine Räumung	4:59	Schloßplatz/Waldstraße	10:33 - 11:23	-	-	00:50	0,24	so	208	17,28	leichter Niederschlag
GH060053	Kehrbesen	4:59	Akademiestraße	11:24 - 11:46	-	-	-	0,06	22	367	9,82	leichter Niederschlag

Tab. 15: Ausschnitt der Auswertungstabelle einer dokumentierten Einsatzfahrt des AfA

Anhand des Routenplans und mit Hilfe der Aufzeichnungen konnte die tabellarische Auflistung verschiedener Kriterien erfasst und aufgelistet werden. Durch die Auswertungen ergaben sich für den ersten Einsatz bei winterlichen Bedingungen ca. 17 Problemstellen, welche in der Summe einen Zeitverlust von ca. 15 min verursachen. Zur Optimierung der Winterdiensteinsätze auf Radwegen wäre speziell für diese Route die Behebung dieser Problemstellen eine Option. Weiterhin zeigt sich, dass die durchschnittliche Geschwindigkeit bei der Räumung mit wenigen Abweichungen zwischen ca. 8 km/h und 12 km/h liegt. Bei dieser Geschwindigkeit ist eine ordnungsgemäße Räumung jeglicher Verkehrsflächen gewährleistet. An den Problemstellen mit Zeitverlusten unterschreitet die Räumgeschwin-

digkeit die durchschnittliche Geschwindigkeit. Insgesamt dauert der Winterdiensteseinsatz für diese Route 4 Stunden und 33 Minuten. Davon ist das Fahrzeug ca. 50 min ohne eine Räumung unterwegs. Die Vermeidung von Fahrten, in denen nicht geräumt wird, wäre ein weiterer Ansatzpunkt zur Optimierung des Winterdienstes; dies kann aber nur im Zusammenhang mit der gesamten Einsatzplanung überprüft werden.

Auch der zweite dokumentierte Winterdiensteseinsatz wurde nach dem gleichen Prinzip ausgewertet. Dieser Einsatz fand ohne winterliche Bedingungen statt, weshalb die Auswertung hauptsächlich präventive Streuungen an bestimmten Stellen ergab und entsprechend wenig Aussagen über eine durchschnittliche Räumgeschwindigkeit oder auch das Räumbild möglich sind.

Im Winter 2021/2022 wurden erneut Einsatzfahrten in Karlsruhe aufgezeichnet. Hierfür wurden wieder zwei Fahrzeuge des AfA mit je einer Frontkamera ausgestattet. Auf die Rückkamera wurde verzichtet, da diese im Winter 2020/2021 in der Handhabung für das Einsatzpersonal sehr aufwändig war und in der Auswertung nur einen vergleichsweise niedrigen Nutzen hatte. Diese dokumentierten Einsatzfahrten ergaben aufgrund schlechter Bildmaterialien keine neuen bzw. unbekanntenen Erkenntnisse über weitere Problemstellen oder Zeitverluste bei der Betreuung von Radwegen.

3.6.3 München

Die Auswertung und Analyse der Winterdienst-Einsatzfahrten für die Stadt München wurde über den gesamten Winter 2021/2022 durchgeführt. Wie auch in den anderen Untersuchungsstädten wurden mit Hilfe von Kameras Aufzeichnungen mehrerer Winterdiensteseinsätze in der Stadt München dokumentiert. Dabei filmten die Kameras sowohl in der Frontansicht als auch in der Heckansicht, um eine Aussage bzgl. der Räum- und Streubilder zu erhalten, sowie mögliche Hindernisse bei der Befahrung zu erfassen.

Zur Analyse in der Stadt München wurden 3 Winterdiensteseinsätze aufgezeichnet und ausgewertet. Aus den Auswertungen ergab sich wie auch für die Stadt Karlsruhe eine tabellarische Darstellung einzelner Routenabschnitte. Die einzelnen Abschnitte wurden auf Befahrbarkeit und Problemstellen untersucht und zeigten anhand von notierten Zeitverlusten und bildlichen Darstellungen die Problemstellen bei der Befahrung.

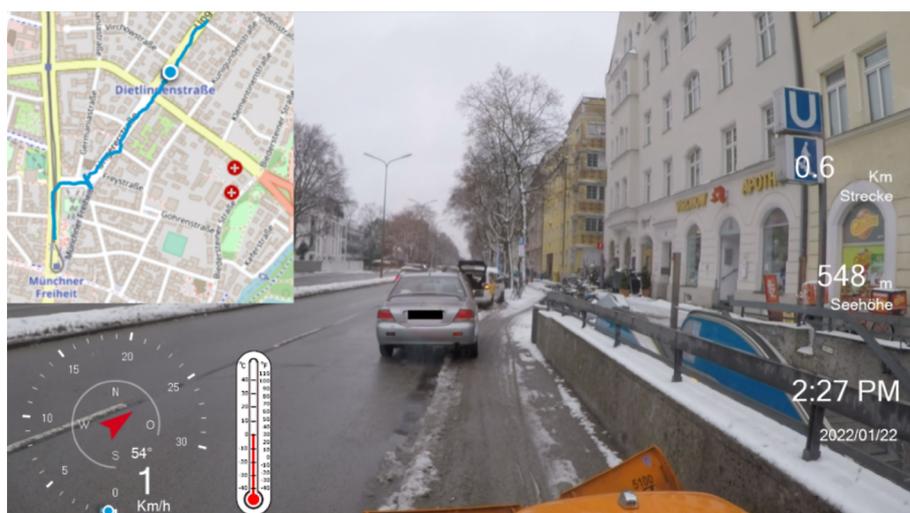


Bild 38: Ausschnitt der Videoaufzeichnung bei der Winterdienstbetreuung in München über das Programm DashWare (Bild: MÄRZ)

Beispielhaft zeigt das Bild 38 eine mögliche Problemstelle bei der Winterdienstbetreuung auf Radwegen in München. Durch falsch abgestellte Fahrzeuge auf bereits zu schmalen Radwegen wird die Betreuung wie in diesem Beispiel unmöglich (s. Tabelle 16). Der Zeitverlust an dieser Problemstelle liegt bei ca. 5 Minuten.

Einsatzfahrten München - GoPro 1												
Video	Räumungsart	Uhrzeit	Strecke	Zeitschnitt	RV-Führung	Problemstelle (Zeitstempel)	Zeitverlust	km	sek	sek/km	durch. Km/h	Witterung
GP020528	Räumschild	13:57	Briener Straße	00:00 - 04:05	RFS	-	-	0,6	245	408	8,82	leichter Niederschlag
GP020528	Räumschild	14:01	Königsplatz	04:05 - 05:44	Gehweg - Rad frei	-	-	0,2	99	495	7,27	leichter Niederschlag
GP020528	Räumschild	14:02	Briener Straße	05:44 - 09:22	RFS	-	-	0,6	218	363	9,91	leichter Niederschlag
GP020528	-	14:06	Briener Straße	09:22 - 10:20	-	-	-	0,2	58	290	12,41	leichter Niederschlag
GP020528	Räumschild	14:07	Briener Straße	10:22 - 11:18	Schutzstreifen	-	-	0,1	56	560	6,43	leichter Niederschlag
GP020528	Räumschild	14:08	Briener Straße	11:18 - 11:47	RFS	-	-	0,04	29	725	4,97	leichter Niederschlag
GP030528	Räumschild	14:09	Leopoldstraße	00:00 - 11:47	RFS	-	-	2,5	707	283	12,73	leichter Niederschlag
GP040528	Räumschild	14:21	Ungerstraße	00:00 - 11:47	RFS	Parken (06:16)	04:40	0,8	707	884	4,07	leichter Niederschlag

Tab. 16: Ausschnitt der Auswertungstabelle einer dokumentierten Einsatzfahrt in München

Es zeigte sich für den gesamten Einsatz 5 Problemstellen, welche in der Summe einen Zeitverlust von ca. 7 min verursachten. Zur Optimierung der Winterdiensteinsätze auf Radwegen wäre die Behebung dieser Probleme eine wichtige Maßnahme. Weiterhin ist aus der tabellarischen Erfassung der Einsatzdaten zu erkennen, dass mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von ca. 10 km/h die winterliche Betreuung in München im Bereich einer Geschwindigkeit zur ordnungsgemäßen Räumung liegt. Insgesamt dauert der Winterdiensteinsatz der exemplarisch dargestellten Route 1 Stunden und 43 Minuten. Davon ist das Fahrzeug lediglich gut 6 Minuten ohne Räumung unterwegs.

3.6.4 Köln

Wie auch in Karlsruhe und München war eine Aufzeichnung und Dokumentierung der Einsatzfahrten mit Hilfe von Kamerasets für Köln geplant. In Absprache mit den zuständigen Einsatzleitern und der AWB Köln sollte auf Grundlage der ersten Erfahrungen in Karlsruhe eine Analyse und eine Auswertung der Einsatzfahrten stattfinden.

Aufgrund weniger Tage mit winterlichen Bedingungen wurden keine Volleinsätze bei Schnee oder Glätte sowie Niederschlag aufgezeichnet. An den Befahrungstagen in der Stadt Köln fanden bei leichten winterlichen Bedingungen zwar Kontroll- und Einsatzfahrten statt, jedoch wurden diese nicht mit Hilfe der Kameras zur Auswertung dokumentiert. Auch im weiteren Verlauf der beiden vergangenen Winter wurden keine Einsatzfahrten dokumentiert, u. a. aufgrund ausbleibender extremer winterlicher Bedingungen.

4 Befragung von Radfahrenden aus Nutzersicht

4.1 Konzeption

Die Befragung von Radfahrenden aus Nutzersicht wurde mit einer Online-Umfrage umgesetzt. Somit konnte eine möglichst große Zahl an Personen aus dem Umfeld der Kommunen Karlsruhe, München und Köln erreicht werden.

Folgende Themen wurden im Rahmen der Umfrage abgedeckt:

- Erfahrungen bei der Fahrradnutzung im Winter
- Individuelle Bewertung von verschiedenen winterlichen Situationen und Zuständen der Radverkehrsinfrastruktur
- Winterradnetze: Anforderungen und Bekanntheit
- Bekanntheit und Nutzung von Möglichkeiten zur Meldung mangelhafter Zustände auf Radwegen und Präferenz bezüglich dem Medium

In Absprache mit dem Betreuerkreis wurde die Befragung nicht wie ursprünglich geplant in Präsenz, sondern als Online-Umfrage durchgeführt. Dies bietet den Vorteil, eine weitaus größere Gruppe an Personen befragen zu können. Außerdem wird der mögliche Umfang der Befragung erhöht, da die Beantwortung zu einem beliebigen Zeitpunkt an einem Computer erfolgen kann und nicht auf eine kurze Unterbrechung einer Fahrt durch die Befragenden limitiert ist.

Aufgrund der Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie hatten viele Beschäftigte die Möglichkeit, von zuhause aus ihrer beruflichen Tätigkeit nachzugehen. Daher nehmen die gestellten Fragen Bezug auf das Mobilitätsverhalten der Befragten zu einem Zeitpunkt vor der Corona-Pandemie. Eine Ausnahme stellt eine Frage nach konkreten Erfahrungen aus dem letzten Winter dar, in diesem Fall wird jedoch explizit auf den besagten Zeitraum hingewiesen.

Es sollten mit der Online-Umfrage verschiedene Personengruppen, die das Fahrrad umfassend im Alltag nutzen, angesprochen werden. Dazu zählen neben Erwerbstätigen auch Schüler und Studierende sowie nicht Erwerbstätige, die das Fahrrad für Einkäufe und sonstige Alltagsfahrten nutzen. Daher wurden zielgruppenorientiert unterschiedliche Kanäle zur Verbreitung der Umfrage genutzt:

- Intranet der Stadtverwaltung und Regionalzeitung (Karlsruhe)
- Interessensverbände, wie ADFC und Lastenradvereine
- E-Mail-Verteiler ausgewählter Studiengänge und Fakultäten sowie private Kontakte zu Studierenden
- Elternbeiräte weiterführender Schulen (Gymnasien und Realschulen)

Kinder unter 12 Jahren waren nicht Zielgruppe der Umfrage, weshalb lediglich weiterführende Schulen adressiert wurden. Die Ansprache über die Elternbeiräte und damit über die Eltern ist aus Datenschutzgründen erforderlich; inwieweit die Schüler die Umfrage alleine oder mit ihren Eltern beantwortet haben, kann daher nicht beurteilt werden. Durch diese

Methodik können jedoch auch Eltern als Teil der berufstätigen Zielgruppe für die Teilnahme an der Umfrage gewonnen werden.

Die vollständige Umfrage befindet sich in Anhang 4. Die Umfrage besteht aus 15 Fragegruppen, welche jeweils mehrere Fragen untereinander bündeln:

1) Einstiegsfrage

Kurze Frage zum Einstieg, wie gerne die Befragten mit dem Fahrrad fahren.

2) Fahrradnutzung und Mobilitätsverhalten

Diese Fragegruppe enthält Fragen, wie häufig ausgewählte Verkehrsmittel im Sommer bzw. im Winter genutzt werden. Außerdem soll die Art des am häufigsten im Alltag genutzten Fahrrads angegeben werden sowie, u. a. ob es sich dabei um ein E-Bike oder Pedelec handelt. Weiterhin werden Informationen zum typischen ersten täglichen Weg abgefragt, etwa die Uhrzeit sowie die Länge der Strecke. Zuletzt werden die Befragten gebeten, ihren Grad der Zustimmung zu elf verschiedenen Aussagen/Statements zum Fahrradfahren im Winter anzugeben.

3) Piktogramm für Winterradnetze

Das entwickelte Piktogramm für die Beschilderung von Routen in einem Winterradnetz (s. Kapitel 6.2) wird dargestellt. Die Befragten sollen unter mehreren möglichen Bedeutungen jene auswählen, welche sie mit dem Piktogramm assoziieren.

4) Winterradnetze

Es wird abgefragt, ob den Teilnehmenden ein Winterradnetz an ihrem Wohnort bekannt ist. Wird diese Frage mit „Ja“ beantwortet, erscheint eine weitere Frage nach festgestellten Mängeln im Winterradnetz. Zwei weitere Fragen an alle Befragten thematisieren die präferierten Kanäle, um sich über (potenzielle) Winterradnetze zu informieren sowie Anforderungen, welche die Befragten an ein Winterradnetz stellen bzw. stellen würden.

5) Erfahrungen zum Fahrradfahren im Winter

Mittels einer vierpoligen Skala (sehr zufrieden“ bis „sehr unzufrieden“) wird die Zufriedenheit mit dem Zustand der Radwegeverbindungen im Winter in der jeweiligen Stadt abgefragt. In einer zweiten Frage soll angegeben werden, wie oft bestimmte Situationen, etwa ein Sturz aufgrund von Glätte oder die Notwendigkeit vom Rad zu steigen und es zu schieben, erlebt wurden. Da eine Frage nach der konkreten Zahl der Erlebnisse als zur Beantwortung zu schwer betrachtet wird, werden nur individuelle Empfindungen der Häufigkeit (Nie/Selten/Gelegentlich/Häufig/Sehr häufig) abgefragt.

6) Meldung von schlechten Zuständen auf Radwegen

Die Befragten werden gebeten anzugeben, ob sie sogenannte Mängelmelder kennen, mit welchen sie schlechte Zustände auf Radwegen melden könnten. Ist dies der Fall, erscheint eine weitere Frage, ob sie diese auch nutzen. Schließlich werden alle Befragten gefragt, welches Medium sie zur Meldung von schlechten Zuständen auf Radwegen nutzen oder nützen würden.

7) – 14) Individuelle Bewertung verschiedener Glättezustände

In den Fragegruppen 7 bis 14 (vgl. Tabelle 17) werden die Teilnehmenden gebeten, Ihre Einschätzung verschiedener winterlicher Zustände der Radverkehrsinfrastruktur zu äußern. Die Teilnehmenden werden zunächst aufgefordert, ihre individuelle Einschätzung der Befahrbarkeit in der Situation auf einer fünfpoligen Skala von „ohne Einschränkungen“ bis „nicht möglich“ abzugeben. Anschließend geben die Teilnehmenden an, ob sie in der gezeigten Situation die Fahrtgeschwindigkeit reduzieren sowie ob sie ausweichen würden. Bei letzterer Frage unterscheiden sich die Antwortmöglichkeiten je

nach Situation, bei baulichen Radwegen werden etwa der Gehweg sowie die Fahrbahn als Optionen gelistet. Zuletzt wird die Frage gestellt, ob die Kenntnis über die jeweilige Situation auf einer Strecke dazu führen würde, dass die Routenwahl angepasst wird.

Nummer	Bezeichnung des Zustands	Beschreibung im Fragetext	Bild
7	Reifglätte	„Die Lufttemperatur ist unter 0 °C. Auf dem Radweg befindet sich Reifglätte.“	 <p>Bild: Hoidorb</p>
8	Eisglätte	„Auf dem Radweg befindet sich Glätteis.“	 <p>Bild: Lehmann</p>
9	Mäßige Schneerückstände	„Ca. die Hälfte des Radwegs ist mit einer dünnen und lockeren Schneedecke bedeckt.“	 <p>Bild: Wiesler</p>
10	Dünne Schneedecke	„Der Radweg ist vollständig mit einer dünnen Schneedecke bedeckt.“	 <p>Bild: Wiesler</p>
11	Starke Schneedecke	„Der Radweg ist vollständig mit einer starken Schneedecke bedeckt.“	 <p>Bild: Wiesler</p>
12	Rückstände von Räumung der Fahrbahn	„Der straßenbegleitende Radweg ist zu etwa der Hälfte mit Schnee bedeckt, darunter auch kleinere Schneebrocken.“	 <p>Bild: Cypra</p>
13	Fahrradstraße mit Schneedecke	„Auf der Fahrradstraße ist eine geschlossene Schneedecke vorhanden.“	 <p>Bild: Wiesler</p>
14	Schutzstreifen teilweise zugeschoben	„Der am Fahrbahnrand markierte Schutzstreifen ist vollständig mit Schnee bedeckt. An vielen Stellen befinden sich größere Schneehaufen. Die angrenzende Fahrbahn wurde bereits geräumt und gestreut.“	 <p>Bild: Wiesler</p>

Tab. 17: Winterliche Zustände in der Online-Umfrage

15) Demographie

Abgefragt werden Geschlecht, Alter, Postleitzahl sowie Haupttätigkeit der Befragten. Die Kategorien für die Altersgruppen sowie die Haupttätigkeit sind der Studie Mobilität in Deutschland (MID) entnommen [NOBIS 2019]. Die Fragen nach der Postleitzahl des Wohnortes sowie der Haupttätigkeit sind keine Pflichtfragen. Bei ersterer Frage wird auf die Möglichkeit hingewiesen, nur die ersten beiden Zahlen der Postleitzahl anzugeben. So soll sichergestellt werden, dass auch Personen, welche ihre genaue Postleitzahl nicht preisgeben möchten, zumindest einer Region zugeordnet werden können.

Auf der letzten Seite des Fragebogens hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, in einem Textfeld weitere Anmerkungen zum Thema Winterdienst und Radverkehr im Winter zu verfassen.

Insgesamt sind nur wenige Fragen als Pflichtfragen ausgewiesen. Damit sollte bezweckt werden, dass Personen Fragen, die sie nicht beantworten wollen, überspringen können und nicht ggf. die Beantwortung der gesamten Umfrage abbrechen.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Beteiligung

In der folgenden Auswertung wird grundsätzlich zunächst auf die Ergebnisse aus dem gesamten Teilnehmerfeld eingegangen. Eine Unterteilung in Kategorien wie Herkunftsort, Alter und Nutzungshäufigkeit des Fahrrads wird nur dann vorgenommen, wenn dies von besonderem Interesse ist oder größere Abweichungen zum gesamten Teilnehmerfeld festgestellt wurden.

Insgesamt wurde der Fragebogen von 2944 Personen vollständig beantwortet. Die meisten Teilnehmenden kommen aus der Region Karlsruhe (1345), gefolgt von München (581) und Köln (561). Außerdem nahmen 422 Personen aus anderen Regionen teil, in 35 Fällen konnte keine genaue Zuordnung erfolgen. Die Auswertung der Alters- und Geschlechterverteilung sowie die der Haupttätigkeit der Befragten ergibt, dass eine diverse Gruppe an Menschen zur Teilnahme an der Umfrage bewegt werden konnte. Der Anteil der 40- bis 60-jährigen an der Umfrage ist gegenüber der Gesamtbevölkerung überdurchschnittlich, der Anteil der über 60-jährigen hingegen unterdurchschnittlich. 74 % sind erwerbstätig, 19 % sind Schüler, Studierende oder Auszubildende. Das Teilnehmerfeld kann als insgesamt eher fahrradaffin charakterisiert werden. 81,1 % der Teilnehmenden gibt an, sehr gerne mit dem Fahrrad zu fahren, weitere 15,9 % wählten die Option „eher gerne“. Nur 2,6 % antworteten mit „eher nicht so gerne“, 0,4 % mit „überhaupt nicht gerne“. 12,1 % gaben an, als Hauptfahrrad im Winter E-Bikes oder Pedelecs (unabhängig von der Bauform) zu nutzen, der Anteil der Lastenräder oder Fahrräder mit Anhänger lag bei 4,3 %.

Die Details zur Demographie der Teilnehmenden sowie deren Fahrradnutzung sind in Anhang 5 dargestellt.

4.2.2 Fahrradnutzung im Winter

Bei den Antworten auf die elf Statements zur Fahrradnutzung im Winter können große Unterschiede zwischen der Gesamtheit der Befragten sowie denjenigen Befragten, die höchstens 1- bis 3-mal pro Monat im Winter Fahrrad fahren oder das Fahrrad im Winter seltener nutzen als im Sommer, festgestellt werden (s. Bild 39).

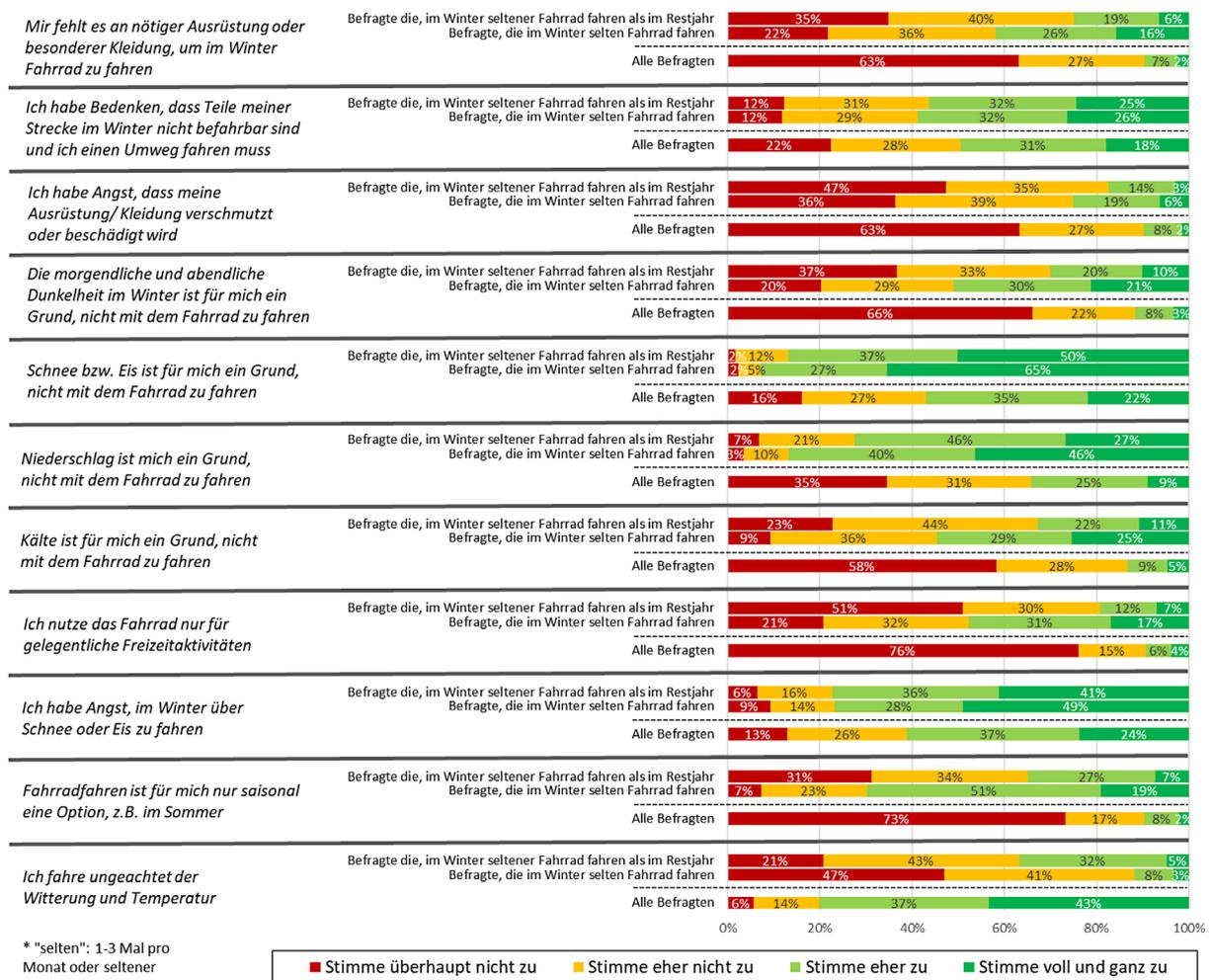


Bild 39: Zustimmung zu Statements in Abhängigkeit von der Fahrradnutzung im Winter

Bei einigen Statements ist das Antwortspektrum dieser Gruppen gegensätzlich dem der Gesamtheit der Befragten. Es kann festgestellt werden, dass witterungsbedingte Faktoren, wie Schnee, Eis, Niederschlag und Temperatur, für Befragte mit häufigerer Fahrradnutzung im Winter ein geringeres Hemmnis darstellen als für die Vergleichsgruppe. Insbesondere Schnee und Eis scheinen für diese ein sehr großes Hemmnis zu sein, im Winter das Fahrrad häufiger zu nutzen.

Unter denjenigen Befragten, welche das Fahrrad im Winter seltener nutzen als im restlichen Jahr, gaben mit 48 % wesentlich mehr Personen an, das Fahrrad tendenziell nur für gelegentliche Freizeitaktivitäten zu nutzen, als in der Gesamtheit der Befragten mit 10 %. Diese Gruppe scheint stark von Witterungseinflüssen beeinträchtigt zu sein: Nur 37 % geben an, eher oder vollständig unabhängig von der Witterung Fahrrad zu fahren. Auch Schnee, Niederschläge und niedrige Temperaturen werden überproportional oft als expliziter Grund gegen das Fahrradfahren genannt.

4.2.3 Winterradnetz

Nur 9,5 % der Teilnehmenden aus Karlsruhe gaben an, das Winterradnetz vor Ort zu kennen. Bild 40 stellt die bevorzugten Kanäle der Befragten zur Information über ein (potenzielles) Winterradnetz dar. 89,8 % der Befragten würden sich demnach am ehesten im Internet über ein Winterradnetz informieren. Für Befragte aus Karlsruhe, die das dort

vorhandene und über das Internet abrufbare Winterradnetz kennen, liegt dieser Wert sogar bei 92,2 %. Weitere 37,0 % aller Befragten würden sich im persönlichen Umfeld informieren. Andere öffentliche Kanäle, wie etwa eine App oder ein Auftritt in den sozialen Medien, würden lediglich 29,5 % bzw. 20,0 % nutzen. Eine Informationsmöglichkeit über eine Hotline ist nur für eine sehr kleine Minderheit der Befragten attraktiv, auch in der Altersgruppe über 60 Jahren wählten nur 3,5 % diese Option.

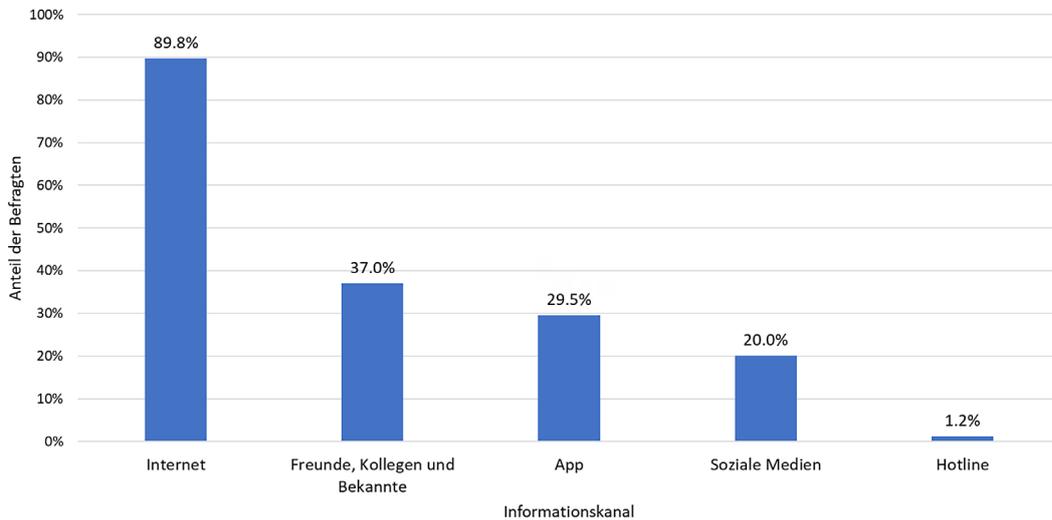


Bild 40: Bevorzugte Kanäle zur Information über ein Winterradnetz (Mehrfachantwort möglich, n=2944)

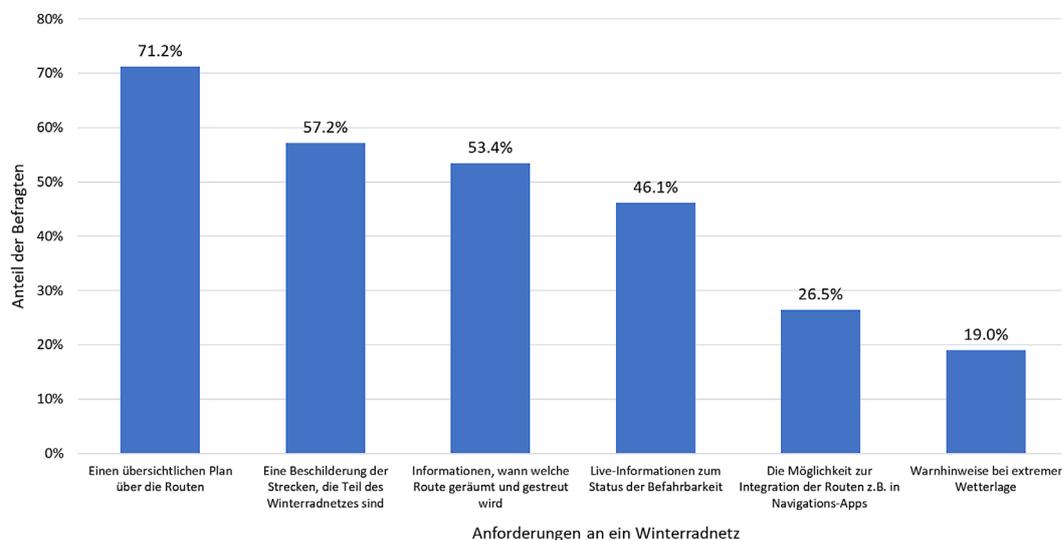


Bild 41: Wichtigste Anforderungen an ein Winterradnetz (max. 3 Antworten möglich, n=2944)

Für 71,2 % der Befragten ist ein übersichtlicher Plan über die ausgewiesenen Routen eine der wichtigsten Anforderungen an ein Winterradnetz (s. Bild 41). Mehr als die Hälfte der Befragten würde sich zudem eine Beschilderung der im Winterradnetz enthaltenen Strecken sowie Informationen zum angestrebten Räum- und Streustatus der Strecken wünschen. Live-Informationen zum Status der Befahrbarkeit sind mit 46,1 % nur etwas weniger als der Hälfte der Befragten wichtig. Als weniger wichtig werden die Integration der Routen in Navigations-Apps sowie Warnhinweise bei extremen Wetterlagen eingestuft.

Bei der Frage nach festgestellten Mängeln am Winterradnetz bietet sich eine Betrachtung nur jener Karlsruher Befragter an, welche das lokale Winterradnetz kennen (s. Bild 42). Der

am häufigsten genannte Kritikpunkt bezieht sich auf den Mangel an Informationen zum Winterradnetz. Oft genannt werden auch Mängel hinsichtlich Zuverlässigkeit und Zeitpunkt von Räumung und Streuung. An den Strecken des Netzes selbst, etwa in Bezug auf Länge, Verknüpfungsfunktion und Direktheit, gibt es hingegen nur wenig Kritik.



Bild 42: Mängel am Winterradnetz bzw. Gründe gegen das Fahrradfahren im Winter (Mehrfachantwort möglich; nur Befragte aus Karlsruhe, welche das lokale Winterradnetz kennen; n=128)

Das mögliche Piktogramm für die Wegweisung von Winterradnetzen (s. Kapitel 6.2, Bild 87) wurde von 96,4 % der Befragten als solches erkannt.

4.2.4 Zustand der Radwegeverbindungen im Winter

Bei der Zufriedenheit der Befragten mit dem Zustand der Radwegeverbindungen vor Ort im Winter bestehen große Unterschiede zwischen den Herkunftsorten der Befragten (s. Bild 43). Lediglich in Karlsruhe wird der Zustand der Radwegeverbindungen im Winter von einer Mehrheit der Befragten als tendenziell positiv beschrieben (56 %). In München und

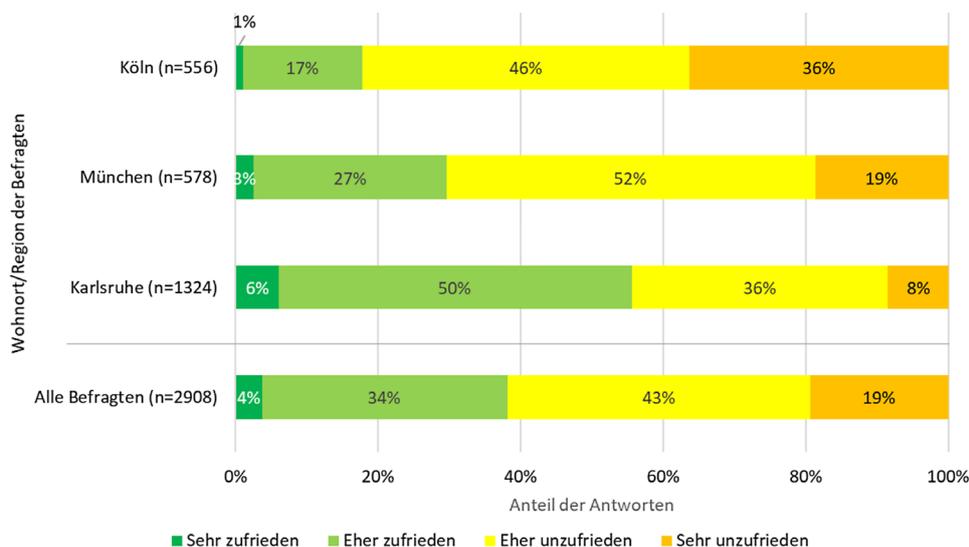


Bild 43: Zufriedenheit mit dem Zustand der Radwegeverbindungen im Winter

Köln sind 71 % bzw. 79 % eher oder sehr unzufrieden. In Köln ist sogar nur 1 % der dort 556 Befragten sehr zufrieden. Wird die Bewertung mit einer Punktzahl von 0 (sehr unzufrieden) bis 3 (sehr zufrieden) verknüpft, ergeben sich bei einem Durchschnitt von 1,23 Punkten ein Wert von 1,53 Punkten für Karlsruhe, 1,13 Punkte für München sowie 0,83 Punkte für Köln.

Die subjektive Einschätzung der Häufigkeit im Winter beim Fahrradfahren erlebter Situationen ist in Bild 44 dargestellt. Demnach sind nur 25 % der Radfahrenden bei Glätte noch nicht gestürzt, nur 7 % sind infolge von Glätte ins Schleudern gekommen oder beinahe stürzt. Besonders hoch ist der Anteil derjenigen Befragten, welcher regelmäßig Erfahrungen mit im Gegensatz zur Fahrbahn nicht geräumten markierten Führungsformen macht. 71 % der Befragten erleben diese Situation mindestens gelegentlich, 20 % nach eigener Einschätzung sogar sehr häufig. Schäden am Fahrrad infolge von Splitt haben über die Hälfte der Nutzer (59 %) angegeben.

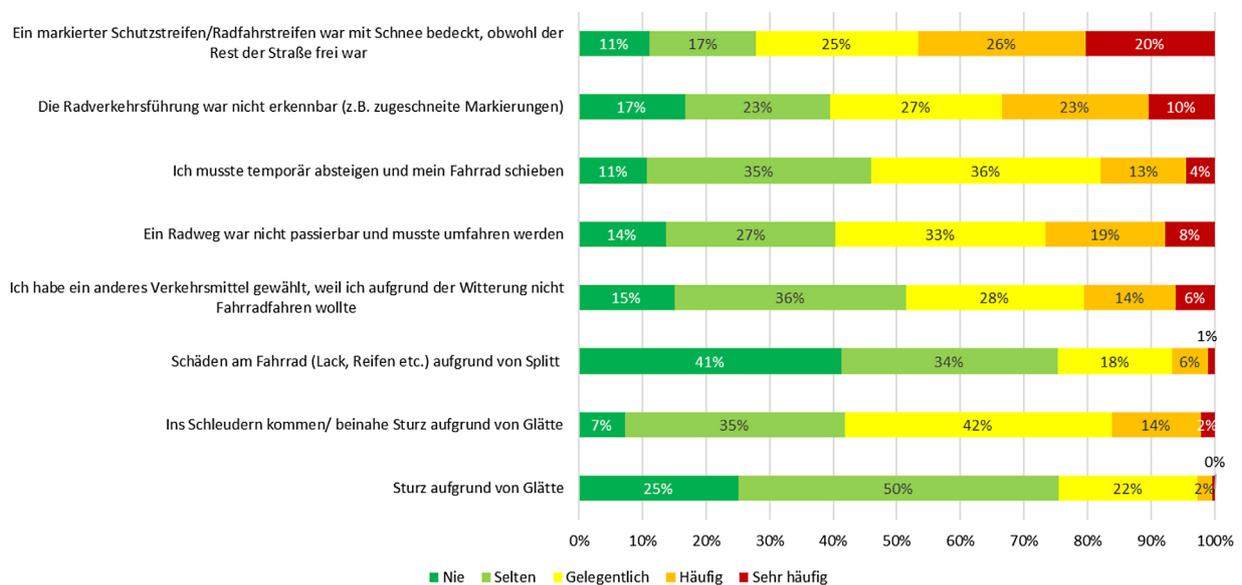
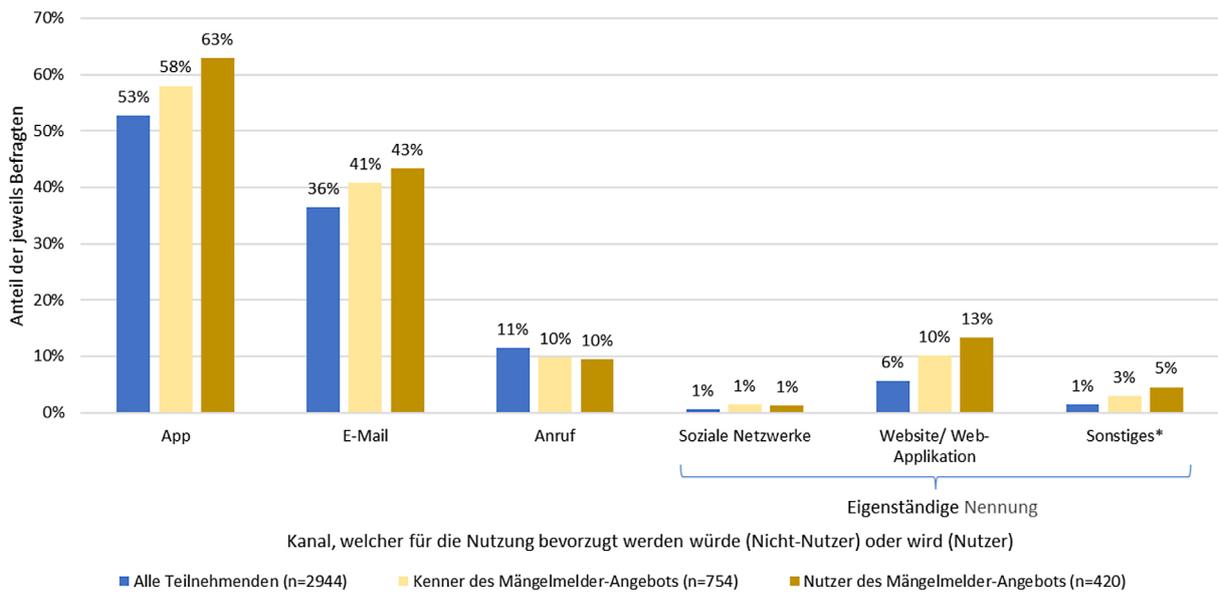


Bild 44: Darstellung der Häufigkeit erlebter Situationen bei der Radnutzung im Winter

Mängelmelder als Möglichkeit zur Meldung mangelhafter Zustände auf Radwegen sind 25,8 % der Befragten grundsätzlich bekannt, obwohl in allen untersuchten Städten entsprechende Angebote bestehen. Unter den Kennern dieses Angebots gaben 56,0 % an, das Angebot zu nutzen oder bereits genutzt zu haben.

Bild 45 stellt die bevorzugten Kanäle für die Meldung von Mängeln für alle Befragten, die Kenner von Mängelmeldern sowie die das Angebot Nutzenden dar. Insbesondere die Möglichkeiten zur Meldung von Mängeln über eine App oder per Mail scheint für die Befragten attraktiv und werden auch von denjenigen Befragten bevorzugt, welche Mängelmelder kennen sowie nutzen. Die Option einer Hotline wird dagegen als weniger wichtig eingeschätzt. Die Möglichkeit, Mängel über eine Web-Applikation zu melden, ist weniger wichtig, sie wurde nur von etwa 13 % der Nutzer bereits angewandt. Auch die Meldung über Telefon und Soziale Netzwerke wird als weniger wichtig bewertet.



* inkl. Nennung von "KA-Feedback", dem auf verschiedenen Plattformen verfügbaren Mängelmelder der Stadt Karlsruhe

Bild 45: Bevorzugte Kanäle zur Meldung von Mängeln (Mehrfachantwort möglich)

4.2.5 Bewertung winterlicher Situationen

Bei der Bewertung der vorgestellten winterlichen Situationen kann festgestellt werden, dass diese sehr unterschiedlich bewertet werden. Bild 46 stellt zunächst die Bewertung der Befahrbarkeit in den winterlichen Situationen dar. Reifglätte, mäßige, aber nicht durchgehende Schneerückstände sowie Rückstände auf Radwegen von der Räumung der benachbarten Fahrbahn werden allgemein als eher weniger störend wahrgenommen, für jeweils

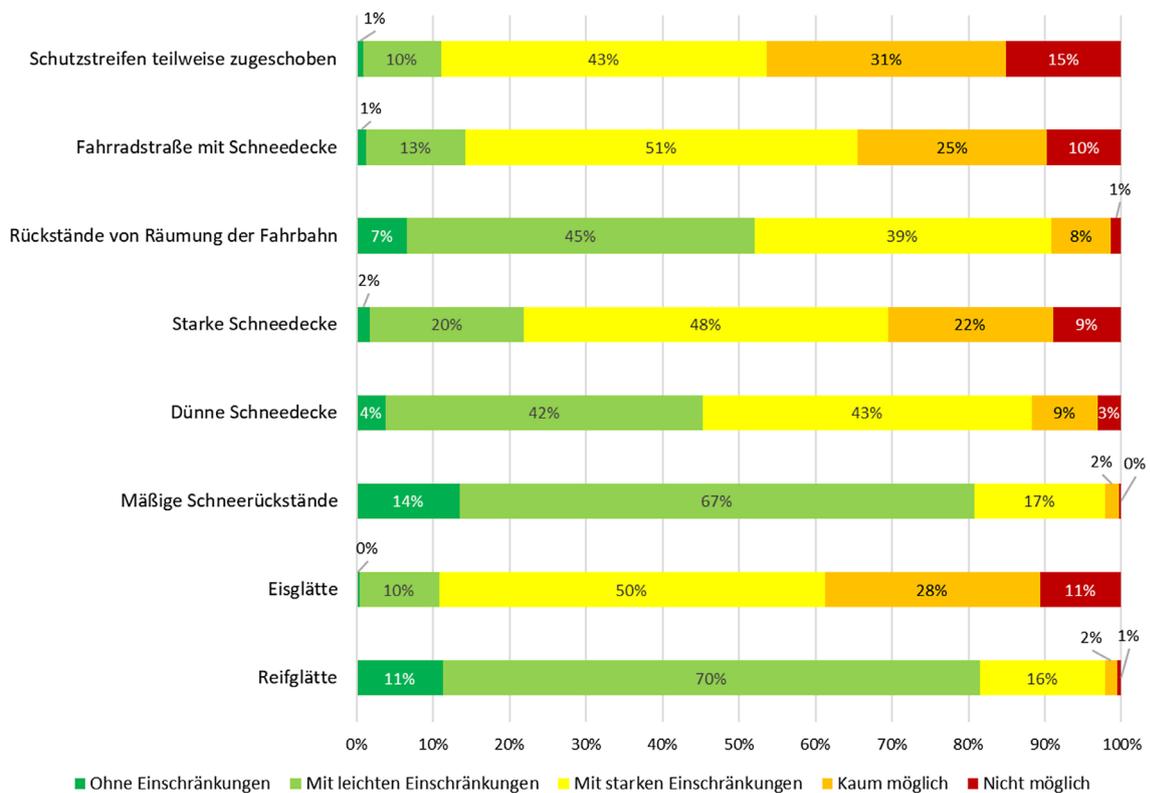


Bild 46: Bewertung der Befahrbarkeit in den winterlichen Situationen (n=2944)

mehr als die Hälfte der Befragten stellen sie höchstens eine leichte Einschränkung der Befahrbarkeit dar. Eine dünne und flächendeckende Schneedecke wird zwar insgesamt negativer bewertet, doch nur 12 % der Befragten halten eine Befahrung für kaum oder nicht möglich. Einen starken Kontrast bilden die starken Schneedecken auf Radweg und Fahrradstraße, Eisglätte sowie zugeschobene Schutzstreifen. Eine überwiegende Mehrheit der Befragten fühlt sich durch diese stark beeinträchtigt. Ein nicht geräumter Schutzstreifen oder Radfahrstreifen – eine wie im vorherigen Abschnitt erläutert für viele Radfahrende häufige Situation – wird von fast einem Drittel als kaum befahrbar eingeschätzt, 15 % halten das Befahren in dieser Situation für nicht möglich.

Bild 47 zeigt die Angaben der Befragten dazu, ob sie in den Situationen ihre Geschwindigkeit reduzieren würden. Eine Reduzierung der Geschwindigkeit hält in allen Situationen die Mehrheit der Befragten für notwendig. Eine besondere Notwendigkeit für eine starke Reduzierung der Geschwindigkeit ist bei Eisglätte sowie in Situationen, in welchen über eine größere Menge Schnee gefahren werden muss (starke Schneedecke auf Radweg, Fahrradstraße mit Schneedecke, zugeschobener Schutzstreifen), festzustellen.

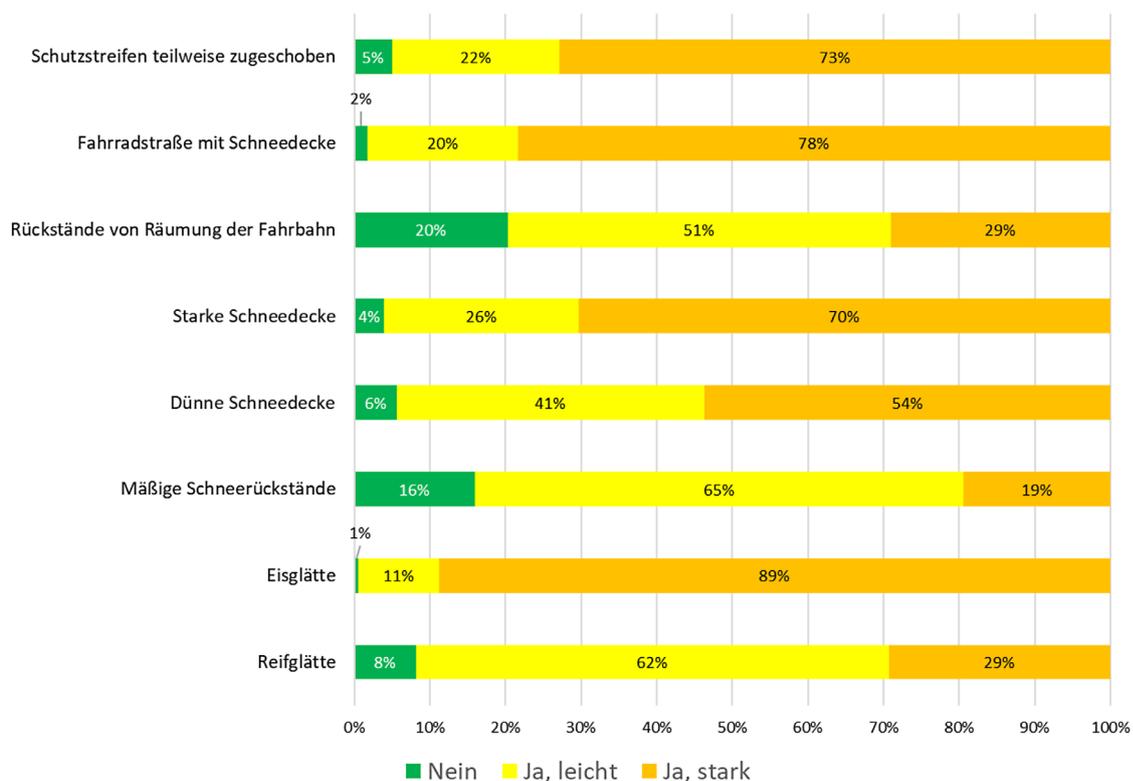


Bild 47: Ergebnisse zur Geschwindigkeitsreduktion in den winterlichen Situationen (n=2944)

Da auf die Frage nach möglichem Ausweichen je nach Situation verschiedene Antworten zur Auswahl standen, sind die Ergebnisdiagramme einzeln in Anhang 6 dargestellt. Auffallend ist hier, dass sich in einigen Situationen ein erheblicher Teil der Radfahrenden entscheiden würde, von der eigenen Radverkehrsinfrastruktur auf die Fahrbahn auszuweichen, wo auch Konflikte mit dem Kfz-Verkehr zu erwarten wären. Bei den Situationen mit dünner bzw. starker Schneedecke würden 31 % bzw. 27 % auf die Fahrbahn ausweichen. Bei einem zugeschobenen Schutzstreifen würden sogar 63 % auf die Fahrbahn ausweichen. In den Situationen, in welchen das Ausweichen auf den Gehweg möglich ist, wurden separate Optionen für einen geräumten und nicht geräumten Gehweg angeboten. Situationsabhängig würde ein nicht geräumter Gehweg nur von 1 % bis 6 % (ggf. illegal) genutzt

werden, ist der Gehweg jedoch besser befahrbar als die Infrastruktur für den Radverkehr, würde dieser wesentlich häufiger genutzt. Was die generell gesehene Notwendigkeit zum Ausweichen/Absteigen betrifft, sind drei Situationen auffällig: Ist der Schutzstreifen zugeschoben, würden lediglich 9 % der Befragten ihre Fahrt ohne auszuweichen fortsetzen. Bei Reifglätte sowie mäßigen, aber nicht flächendeckenden Schneerückständen würden jeweils 74 % der Befragten nicht ausweichen. In den restlichen Situationen würden 31 % bis 50 % nicht ausweichen.

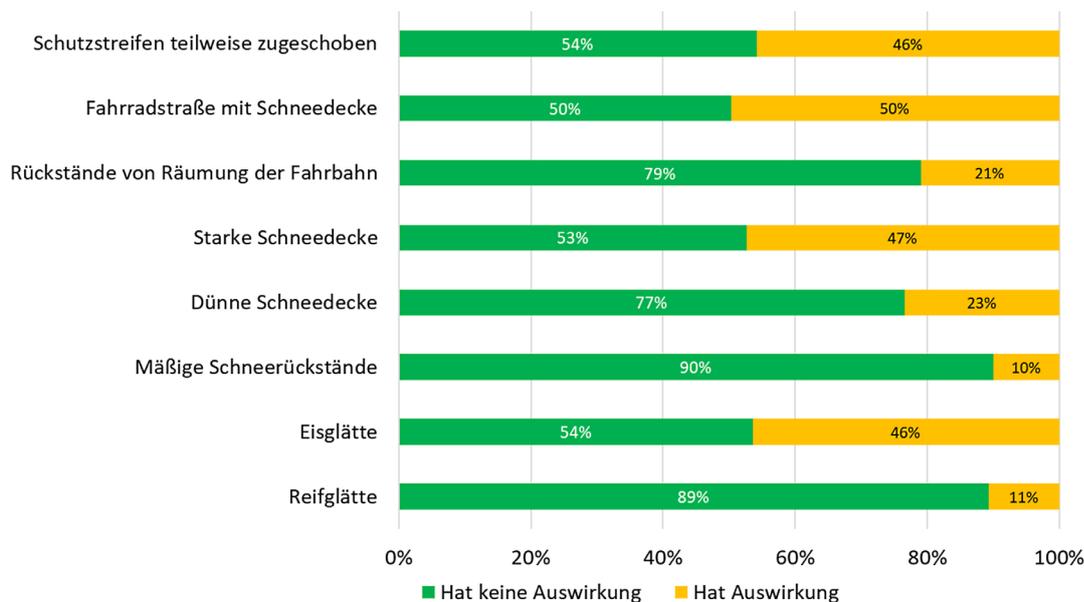


Bild 48: Auswirkung der winterlichen Situationen auf die zukünftige Routenwahl (n=2944)

Bild 48 zeigt die Antworten auf die Frage, ob sich die jeweilige Situation auf die Routenwahl der Befragten auswirken würde. Grundsätzlich gab für jede Situation die Mehrheit oder in einem Fall die Hälfte der Befragten an, dass diese ihre Routenwahl für eine hypothetische nächste Fahrt auf gleicher Verbindung nicht beeinflussen würde. Ähnlich wie bei der Frage nach der Geschwindigkeitsreduzierung stehen hier jedoch Eisglätte sowie die starke Schneedecke auf Radweg oder Fahrradstraße sowie zugeschobene Schutzstreifen eher hervor, diese Witterungszustände hätten für 46 bis 50 % der Befragten eine Auswirkung auf die Routenwahl.

Für die Bewertung der winterlichen Situationen wurde das Gesamtteilnehmerfeld zusätzlich mit fünf Fokusgruppen verglichen:

- Befragte, welche im Winter hauptsächlich ein Lastenrad oder Fahrrad mit Anhänger nutzen
- Befragte, welche im Winter hauptsächlich ein E-Bike oder Pedelec nutzen
- Befragte, welche das Fahrrad im Winter 1- bis 3-mal pro Monat oder seltener nutzen
- Befragte, welche das Fahrrad im Winter seltener nutzen als im restlichen Jahr
- Befragte, welche 60 Jahre oder älter sind

Bei den Nutzenden von Lastenrädern, Fahrrädern mit Anhänger sowie E-Bikes/Pedelecs gibt es keine nennenswerten Abweichungen zum Gesamtteilnehmerfeld. Befragte der Altersgruppe über 60 Jahren geben in jeder Situation häufiger an, für eine kommende hypothetische Routenwahl beeinflusst zu sein und wählen bei der Bewertung der Befahrbarkeit meist seltener die Option „ohne Einschränkungen“.

Die größten Unterschiede zum Gesamtteilnehmerfeld gibt es bei den Befragten, die das Fahrrad im Winter selten bis nie bzw. seltener als im restlichen Jahr nutzen. Beide Gruppen bewerten die Befahrbarkeit negativer, geben häufiger an, ihre Geschwindigkeit zu reduzieren und auszuweichen, und sehen häufiger einen Einfluss der Situationen auf eine kommende hypothetische Routenwahl. Wird etwa die Gruppe der maximal 1- bis 3-mal pro Monat im Winter fahrradfahrenden Befragten mit der Gesamtheit der Befragten verglichen, geben diese im Durchschnitt der Situationen an 9 % häufiger stark zu bremsen (Nur bei Eisglätte sind die Werte fast identisch), 11 % häufiger auszuweichen und 10 % häufiger eine Auswirkung auf die nächste Routenwahl vorausszusehen. Die Befahrbarkeit wird in allen Situationen in unterschiedlichem Ausmaß negativer bewertet: Geben bei mäßigen Schneesrückständen etwa 14 % aller Befragten an, keine Einschränkungen zu sehen, und 0 % keine Möglichkeit zu Befahrung, liegen diese Werte für die im Winter selten fahrradfahrenden beinahe umgekehrt bei 0 % und 12 %.

4.2.6 Individuelle Kommentare

Zusätzlich zu den beantworteten Fragen wurden 1118 zusätzliche Kommentare über das Eingabefeld auf der letzten Seite des Fragebogens abgegeben, von welchen 1098 ausgewertet wurden. Nicht berücksichtigt wurden hier Kommentare, welche keinen erkennbaren Inhalt hatten, oder scheinbar versehentlich gesendet wurden.

Die Kommentare können in 15 thematische Kategorien unterteilt werden, wobei einzelne Kommentare auch mehreren Kategorien zugeordnet werden können (s. Tabelle 18).

Kategorie	Anzahl
Erfahrungen/Beschreibungen konkreter Situationen	329
Kritik am Winterdienst auf Radwegeverbindungen allgemein	261
Kritik am Räum- und Streuzustand von Radwegeverbindungen	246
Kritik an der (niedrigen) Priorität des Fahrrads für Verkehrsplanung (Netze) und Betriebsdienst (Zeitliche Priorisierung)	172
Kritik oder Bemerkungen zu Streustoffen	86
Idee oder Vorschlag für lokale Verbesserungen	76
Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern (z. B. Konflikte mit Pkw durch Wechsel auf Fahrbahn)	76
Wunsch nach Beleuchtung von Radwegen/Kritik an fehlender Beleuchtung	61
Kritik am baulichen Zustand örtlicher Fahrradinfrastruktur	50
Anmerkungen zu örtlicher Witterung oder dem eigenen Verhalten je nach Witterung	43
Anmerkungen/Kritik zum Thema Informationen für Radfahrende	25
Anmerkungen/Kritik zum Thema Beschwerdemanagement	11
Wunsch nach Überdachung von Radwegen/Kritik an fehlender Überdachung	4
Sonstige (z. B. Feedback zur Umfrage, Erwartungen etc.)	218

Tab. 18: Individuelle Kommentare von Teilnehmenden der Online-Umfrage

Besonders häufig (329-mal) werden Erfahrungen zum Fahrradfahren im Winter allgemein und in konkreten Situationen wiedergegeben. 261-mal wird Kritik am Winterdienst auf Radwegeverbindungen vor Ort geäußert, 23-mal wird jedoch auch Lob geäußert.

Hervorzuheben ist die Nennung des Wunsches nach ausreichender Beleuchtung von Radwegeverbindungen, dieser Aspekt wurde zuvor im Fragebogen nicht weiter thematisiert.

Für eine quantitative Analyse, welche über den Clustern von bestimmten Aspekten hinausgeht, können die nicht repräsentativen Kommentare nicht genutzt werden. Von Interesse sind jedoch die Begründungen der geteilten Meinungen sowie das Ansprechen von

Aspekten, welche zuvor nicht im Fokus standen (etwa die Beleuchtung von Radverkehrsinfrastruktur). Außerdem kann das ortsbezogene Feedback aus München und Karlsruhe den zuständigen Stellen für interne Zwecke zur Verfügung gestellt werden.

4.3 Zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse

Personen, die im Winter regelmäßig mit dem Fahrrad fahren oder ihre Nutzungshäufigkeit zumindest nicht reduzieren, zeigen sich als eher unempfindlich gegenüber typischer winterlicher Witterung. Vielmehr wird der Zustand der Radwegeverbindungen kritisiert. Im Gegensatz dazu wird die winterliche Witterung von vielen, die im Winter selten das Fahrrad nutzen, als Grund hierfür bezeichnet. Ist die Nutzungshäufigkeit des Fahrrads im Winter jedoch gering oder nimmt im Vergleich zum restlichen Jahr ab, wächst die Skepsis gegenüber einer Fahrt bei Kälte, Schnee oder Eis.

Auch wenn die morgendliche und abendliche Dunkelheit im Winter nur für wenige Befragte problematisch ist, wird in zahlreichen auf der letzten Seite verfassten Kommentaren die Bedeutung von guter Beleuchtung der Radverkehrsinfrastruktur betont. Der Aspekt der Beleuchtung war in dieser Form nicht Bestandteil der Umfrage, die dahingehenden Rückmeldungen geben jedoch einen Hinweis, dass dieses Thema für Radfahrende durchaus eine Rolle spielen kann.

Mängelmelder werden, sofern sie bekannt sind, auch häufig genutzt. Als Kanäle sollten designierte Mail-Adressen, Web-Portale und Apps dienen. Die Einrichtung einer telefonischen Hotline ist angesichts des geringeren Nutzerinteresses von geringerer Bedeutung.

In Karlsruhe sind die Befragten deutlich zufriedener mit dem Zustand der Radwegeverbindungen im Winter als in den beiden anderen Städten. Dies ist insbesondere auffällig im Vergleich zu Köln, wo vergleichbar milde Winter zu erwarten sind. Die Existenz des Karlsruher Winterradnetzes ist hingegen selbst im eher fahrradaffinen Teilnehmerfeld dieser Umfrage nur einer kleinen Minderheit von weniger als 10 % der lokal Befragten bekannt. Die Art der Darstellung über das Internet entspricht zwar der Präferenz der Befragten, allerdings ist die Seite im Karlsruher Fall nur schwer zu finden (vgl. Kapitel 2.2.3). Die Befragten wünschen sich von einem Winterradnetz insbesondere klare Grundsatz-Informationen, wie einen übersichtlichen Plan und eine Beschilderung. Zusatzleistungen, wie Warnhinweise bei Extremwitterung, sind hingegen nur für wenige Befragte wichtig. Die Radfahrenden sind mit Umfang und Streckenführung des Karlsruher Winterradnetzes zufrieden, dessen Gestaltungsmerkmale können also für andere Winterradnetze als Vorbild dienen.

Als besonders gefährlich werden auch von routinierten Radfahrenden starke Schneedecken, sowohl auf Radwegen als auch Fahrradstraßen, sowie Eisglätte bewertet, d. h. Situationen, welche bei seltenen Witterungssituationen oder aber bei stark reduzierten Winterdiensttätigkeiten auftreten. Aber auch Schnee auf Schutzstreifen oder Radfahrstreifen wird besonders negativ bewertet, diese Situation tritt in Städten mit einem großen Netz aus markierten Führungsformen besonders häufig auf und auch schon bei geringen Schneemengen, die dann aber von der breiteren Fahrbahn auf den Schutzstreifen/Radfahrstreifen geschoben werden. Leichtere Schneerückstände oder auch eine geschlossene, aber dünne Schneedecke werden weniger kritisch gesehen.

Wenig überraschend ist, dass ältere Befragte grundsätzlich vorsichtiger sind und Situationen gefährlicher einschätzen. Auffällig ist jedoch insbesondere der Unterschied bei Personen, die wenig oder keine praktische Erfahrung beim Fahrradfahren im Winter

haben. Diese bewerten Situationen deutlich negativer als diejenigen, welche das Fahrrad im Winter häufiger nutzen. Nutzer von E-Bikes oder Pedelecs stufen die Befahrbarkeit im Winter ähnlich wie alle Radfahrenden ein.

5 Detailanalysen zu Winterdienst und Radverkehr im Winter

5.1 Analyse von Oberflächentemperatur und -zustand auf einem Radweg im Vergleich zu der angrenzenden Fahrbahn

5.1.1 Untersuchungsmethodik und -umfang

Für die Analyse, wie sich Oberflächentemperatur und Oberflächenzustand auf einem Radweg im Vergleich zur Fahrbahn verhalten, wurden die Daten der Straßenwetterstation (SWS) in Karlsruhe Ostring herangezogen. Diese SWS wurde 2018 im Rahmen des Testfeldes Autonomes Fahren Baden-Württemberg installiert.

Standort der SWS ist die Einmündung Ostring/Käpplestraße, die mit einer Lichtsignalanlage geregelt ist. Der Ostring ist zweibahnig, vierstreifig ausgebaut, in beide Richtungen gibt es parallel geführte Geh- und Radwege (Zeichen 241, StVO). Die SWS befindet sich unmittelbar nach der Einmündung Fahrtrichtung Osten. Die Sensorik für die atmosphärischen Parameter sowie die Kamera sind an einem Beleuchtungsmast auf dem Mittelstreifen installiert. Der Fahrbahnsensor ist in der Mitte des linken Fahrstreifens, der Sensor auf dem Radweg ist mittig im Radweg eingebaut. Auf dem Mittelstreifen und dem Grünstreifen zwischen Fahrbahn und Radweg stehen Bäume, die zu einer zeitweiligen Beschattung des Radwegs führen können (s. Bild 49 bis Bild 51). Aufbaudaten für Fahrbahn oder Radweg liegen nicht vor. Außer Stromleitungen für die Straßenbeleuchtung verlaufen keine Versorgungsleitungen im Bereich der Fahrbahnsensoren.



Bild 49: SWS Karlsruhe Ostring, Beleuchtungsmast mit Sensorik für atmosphärische Parameter und Kamera (links), Sensor im Radweg (rechts) (Bild: HOLLDORB)



Bild 50: Nicht betreuter Radweg im Bereich der SWS (Bild: WIESLER)



Bild 51: Kamerabild SWS Ostring bei beginnendem Schneefall (Bild: HOLLDORB)

In Tabelle 19 sind die Parameter, die im Zeitraum der Messung erhoben wurden, zusammengestellt. Die Messwerte wurden in der Regel jede Minute aktualisiert, Kamerabilder wurden alle 10 min abgespeichert.

Parameter	Einheit
Allgemein	
Lufttemperatur	°C
Luftdruck	hPa
Relative Luftfeuchtigkeit	%
Art des Niederschlags gem. WMO-Code 4680	-
Niederschlagsintensität	mm/h
Niederschlagstyp	-
Taupunkttemperatur	°C
Spezifisch Fahrbahn	
Fahrbahnoberflächentemperatur	°C
Untergrundtemperatur 5 cm	°C
Untergrundtemperatur 30 cm	°C
Fahrbahnzustand TLS 2002 FG3 Typ DE70	-
Wasserfilmdicke	µm
Restsalzgehalt	%
Spezifisch Radweg	
Fahrbahnoberflächentemperatur	°C
Untergrundtemperatur 5 cm	°C
Untergrundtemperatur 30 cm	°C
Wasserfilmdicke	µm

Tab. 19: Erfasste Parameter an der SWS Ostring

Die Daten werden nicht unbegrenzt archiviert. Daher konnte im Rahmen des Forschungsprojektes nur auf Daten für die Winter 2020/2021 und 2021/2022 zurückgegriffen werden. Die Daten lagen für folgende Zeiträume vor:

- 29.11.2020 bis 07.04.2021
- 23.11.2021 bis 10.03.2022

Aus technischen Gründen kam es jedoch zu vereinzelt Ausfällen somit zu Lücken im Datenbestand (s. Tabelle 20).

Ende der Aufzeichnung	Erneuter Start der Aufzeichnung
09.12.2020, 03:14 Uhr	09.12.2020, 10:13 Uhr
17.01.2021, 17:39 Uhr	18.01.2021, 09:17 Uhr
11.02.2021, 12:06 Uhr	12.02.2021, 02:49 Uhr
12.02.2021, 02:50 Uhr	13.02.2021, 11:21 Uhr
22.11.2021, 05:21 Uhr	22.01.2021, 15:01 Uhr
06.12.2021, 08:53 Uhr	06.12.2021, 13:01 Uhr
11.02.2022, 12:09 Uhr	11.02.2022, 13:29 Uhr
11.02.2022, 19:14 Uhr	11.02.2022, 20:27 Uhr
712.02.2022, 00:53 Uhr	12.02.2022, 02:26 Uhr
15.02.2022, 12:57 Uhr	15.02.2022, 23:58 Uhr
16.02.2022, 00:08 Uhr	16.02.2022, 08:06 Uhr

Tab. 20: Lücken im Datenbestand der SWS-Daten

Folgende Fragestellungen wurden untersucht:

1. Wie verhält sich die Oberflächentemperatur des Radwegs im Vergleich zur Fahrbahn typischerweise?
2. Wann gibt es hierbei deutliche Schwankungen?
3. Wie stark wirken sich Schwankungen der Lufttemperatur auf die Oberflächentemperatur aus?
4. Bleibt die Oberfläche des Radweges nach Niederschlägen länger nass als die Oberfläche der Fahrbahn?

Als Indikatoren dienten die Luft- und Oberflächentemperatur in °C sowie die Wasserfilmdicke in µm, aus der bei der Untersuchung die Oberflächenzustände trocken (0 µm), feucht (< 50 µm) und nass (> 50 µm) abgeleitet wurden. Über die Wasserfilmdicke selbst konnten nur begrenzt Aussagen getroffen werden, da aus technischen Gründen in der Messung kleinere Schwankungen der Messwerte nicht unbedingt eine veränderte Wasserfilmdicke bedeuten müssen.

Da nur für den Winterdienst relevante Randbedingungen betrachtet wurden, wurden nur Daten berücksichtigt, bei denen die Lufttemperatur ≤ 2 °C war. Weiterhin wurde nur der Zeitraum von 17:00 Uhr bis 8:00 Uhr berücksichtigt, um den Einfluss von direkter Sonneneinstrahlung bzw. der Beschattung auszuschließen. Um den Einfluss des Verkehrs auf die Fahrbahntemperatur und den Oberflächenzustand besser abschätzen zu können, wurden die Hauptverkehrszeiten (HVZ) in den Morgen- und Abendstunden (06:00 bis 08:00 Uhr und 17:00 bis 19:00 Uhr) separat ausgewertet. Tage mit Lücken im Datenbestand wurden nicht berücksichtigt. Es ist anzumerken, dass das Verkehrsaufkommen durch die Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie beeinträchtigt worden sein könnte.

5.1.2 Analyse der Oberflächentemperatur auf Radweg und Fahrbahn

Für die Betrachtung der Oberflächentemperaturen auf Radweg und Fahrbahn wurden die in Kapitel 5.1.1 definierten Filter im Datensatz angewandt. Nicht berücksichtigt wurden zudem Zeiträume, in welchen ein Sensor auf Fahrbahn und/oder Radweg auf den Aufnahmen der Kamera erkennbar mit Schnee bedeckt war.

Tabelle 21 gibt einen Überblick über die mittleren Oberflächentemperaturen von Fahrbahn und Radweg, die jeweilige Differenz zur Lufttemperatur sowie die Differenz der Oberflächentemperaturen von Fahrbahn und Radweg. Dabei werden die HVZ sowie die Stun-

den mit geringerem Verkehrsaufkommen (19:00 Uhr bis 06:00 Uhr sowie 08:00 Uhr bis 17:00 Uhr) auch getrennt aufgeführt.

Insgesamt ist der Mittelwert der Fahrbahntemperatur mit 1,29 °C um 0,06 °C niedriger als der des Radweges. Die Differenz liegt in allen Monaten bei max. 0,47 °C, Betrachtet man nur die Messwerte zu den HVZ, zu denen der Einfluss des Verkehrs am stärksten sein müsste, zeigt sich ein ähnliches Bild: Die Fahrbahn ist tendenziell etwas wärmer als zu den anderen Zeiten, beim Radweg ist keine signifikante Abweichung zu erkennen. Aus den Daten können vorläufig folgende Tendenzen abgeleitet werden:

- Der Einfluss des Verkehrs auf die Oberflächentemperatur der Fahrbahn ist nicht signifikant.
- 2021 gab es Mitte Februar einige kalte Tage mit Tiefsttemperaturen unter – 10 °C. In diesen Nächten war der Sensor auf dem Radweg mit Schnee bedeckt, da der Radweg nicht geräumt war. Somit kühlte der Belag des Radwegs nicht so stark aus wie der der Fahrbahn.

	Anzahl der Messwerte	Mittelwert von Lufttemperatur [°C]	Fahrbahn			Radweg		
			Mittlere Oberflächentemperatur Fahrbahn [°C]	Mittlere Differenz Oberflächentemperatur Fahrbahn - Lufttemp. [°C]	Mittlere Oberflächentemperatur Radweg [°C]	Mittlere Differenz Oberflächentemperatur Radweg - Lufttemp. [°C]	Mittlere Differenz Oberflächentemperatur Fahrbahn-Radweg [°C]	
				Positiv: Fahrbahn wärmer		Positiv: Radweg wärmer	Positiv: Fahrbahn wärmer	
				Negativ: Luft wärmer		Negativ: Luft wärmer	Negativ: Radweg wärmer	
Insgesamt (Zeiträume ohne Schneedecke, Lufttemperatur $\geq 2^{\circ}\text{C}$)	2020	3786	0.66	0.92	0.26	0.89	0.23	0.03
	Nov	1005	-0.77	0.01	0.78	0.02	0.79	-0.01
	Dez	2781	1.17	1.25	0.08	1.20	0.03	0.05
	2021	19337	-0.07	0.65	0.73	0.69	0.76	-0.03
	Jan	8451	0.83	1.19	0.37	0.97	0.15	0.22
	Feb	3130	-2.34	-1.09	1.24	-0.74	1.59	-0.35
	Mrz	2529	0.19	1.22	1.03	1.51	1.32	-0.29
	Apr	1153	1.15	4.21	3.06	4.04	2.89	0.17
	Nov	1611	0.89	1.31	0.41	1.34	0.45	-0.04
	Dez	2463	-1.76	-1.65	0.12	-1.34	0.43	-0.31
	2022	9948	0.04	0.73	0.69	0.86	0.82	-0.13
	Jan	6165	0.09	1.04	0.95	1.00	0.92	0.04
	Feb	1442	-0.01	0.29	0.30	0.58	0.59	-0.29
	Mrz	2341	-0.03	0.20	0.23	0.66	0.69	-0.47
Summe/ Durchschnitt	33071	0.05	0.71	0.66	0.76	0.72	-0.05	
HVZ (06-08 Uhr; 17-19 Uhr)	2020	649	0.49	0.47	-0.02	0.43	-0.05	0.03
	Nov	195	-0.69	-0.08	0.61	-0.20	0.49	0.12
	Dez	454	0.99	0.70	-0.29	0.71	-0.29	-0.01
	2021	3916	-0.05	0.52	0.57	0.51	0.56	0.01
	Jan	1592	0.73	0.94	0.21	0.66	-0.07	0.28
	Feb	615	-1.93	-0.91	1.02	-0.64	1.29	-0.27
	Mrz	517	-0.37	0.25	0.63	0.56	0.94	-0.31
	Apr	346	1.00	3.95	2.95	3.84	2.84	0.11
	Nov	340	0.93	1.31	0.38	1.39	0.46	-0.08
	Dez	506	-1.29	-1.67	-0.38	-1.51	-0.22	-0.16
	2022	1808	-0.44	-0.02	0.42	0.10	0.54	-0.12
	Jan	1005	-0.14	0.55	0.69	0.48	0.62	0.07
	Feb	340	-0.34	-0.21	0.13	0.03	0.37	-0.24
	Mrz	463	-1.15	-1.10	0.05	-0.68	0.47	-0.43
Summe/ Durchschnitt	6373	-0.11	0.36	0.47	0.38	0.49	-0.02	

Tab. 21: Mittelwerte von Lufttemperatur sowie Oberflächentemperatur für Fahrbahn und Radweg an der SWS Ostring

	Anzahl der Messwerte	Mittelwert von Lufttemperatur [°C]	Fahrbahn			Radweg		
			Mittlere Oberflächentemperatur Fahrbahn [°C]	Mittlere Differenz Oberflächentemperatur Fahrbahn - Lufttemp. [°C]	Mittlere Oberflächentemperatur Radweg [°C]	Mittlere Differenz Oberflächentemperatur Radweg - Lufttemp. [°C]	Mittlere Differenz Oberflächentemperatur Fahrbahn-Radweg [°C]	
				Positiv: Fahrbahn wärmer		Positiv: Radweg wärmer	Positiv: Fahrbahn wärmer	
				Negativ: Luft wärmer		Negativ: Luft wärmer	Negativ: Radweg wärmer	
Außerhalb HVZ Nacht (19-06 Uhr)	2020	2315	0.61	0.87	0.26	0.82	0.21	0.05
	Nov	480	-1.60	-0.90	0.70	-0.91	0.69	0.01
	Dez	1835	1.19	1.33	0.14	1.27	0.08	0.06
	2021	10566	-0.08	0.47	0.55	0.51	0.60	-0.04
	Jan	4505	0.86	1.03	0.16	0.80	-0.06	0.23
	Feb	1521	-2.67	-1.95	0.72	-1.51	1.16	-0.44
	Mrz	1719	0.29	1.35	1.05	1.65	1.36	-0.30
	Apr	608	1.13	4.10	2.97	3.80	2.68	0.30
	Nov	954	0.77	1.24	0.47	1.22	0.46	0.02
	Dez	1259	-2.07	-2.10	-0.03	-1.75	0.33	-0.36
	2022	5758	0.09	0.63	0.55	0.79	0.70	-0.15
	Jan	3331	0.06	0.78	0.72	0.76	0.70	0.02
	Feb	921	0.08	0.55	0.47	0.82	0.75	-0.27
	Mrz	1506	0.14	0.35	0.21	0.82	0.68	-0.47
Summe/ Durchschnitt	18639	0.06	0.57	0.52	0.64	0.58	-0.06	
Außerhalb HVZ Tag (08-17 Uhr)	2020	822	0.92	1.42	0.50	1.44	0.51	-0.02
	Nov	330	0.39	1.39	1.00	1.49	1.10	-0.10
	Dez	492	1.28	1.44	0.16	1.40	0.12	0.04
	2021	4855	-0.07	1.16	1.23	1.20	1.28	-0.05
	Jan	2354	0.82	1.68	0.86	1.51	0.69	0.17
	Feb	994	-2.08	0.11	2.18	0.37	2.45	-0.27
	Mrz	293	0.57	2.18	1.61	2.35	1.79	-0.18
	Apr	199	1.47	5.01	3.53	5.11	3.64	-0.10
	Nov	317	1.24	1.50	0.26	1.65	0.41	-0.15
	Dez	698	-1.54	-0.81	0.74	-0.47	1.07	-0.34
	2022	2382	0.31	1.53	1.22	1.61	1.30	-0.08
	Jan	1829	0.25	1.77	1.52	1.73	1.47	0.04
	Feb	181	0.15	-0.10	-0.25	0.34	0.19	-0.44
	Mrz	372	0.68	1.18	0.51	1.69	1.01	-0.50
Summe/ Durchschnitt	8059	0.14	1.29	1.15	1.35	1.21	-0.05	

Tab. 21: Fortsetzung

Für ausgewählte Tage wurden anhand von Ganglinien die Schwankungen der Oberflächentemperatur von Fahrbahn und Radweg sowie der Lufttemperatur visualisiert. Hierfür wurden im Folgenden ausgewählte Tagesverläufe betrachtet, welche sich durch verschieden hohe Lufttemperaturen unterscheiden (s. Bild 52 bis Bild 55).

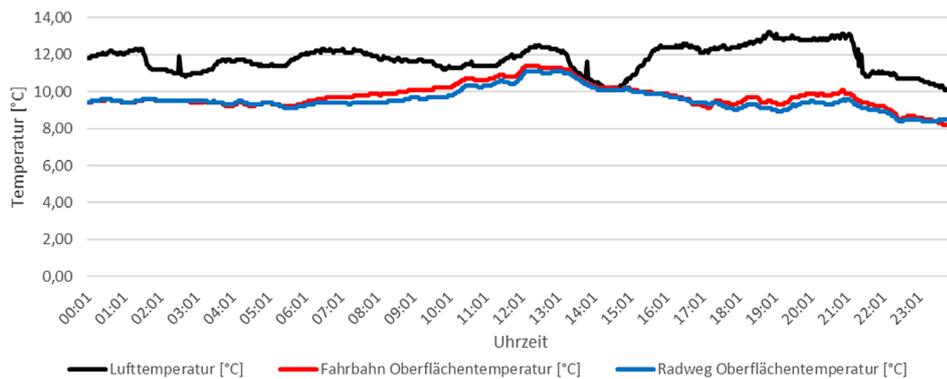


Bild 52: Ganglinie Oberflächen- und Lufttemperatur 03.02.2021 an der SWS Ostring

Der 03.02.2021 war durch eine durchgehend relativ hohe Lufttemperatur und Niederschläge zwischen 7:00 und 14:00 Uhr geprägt, so dass keine Sonneneinstrahlung auftrat. Die Oberflächentemperaturen von Radweg und Fahrbahn unterscheiden sich nicht signifikant, tendenziell ist zwar in den Vormittags- und Abendstunden eine höhere Temperatur auf der Fahrbahn zu erkennen. Dies kann auf den Einfluss des Verkehrs zurückzuführen sein, ist aber nicht eindeutig ableitbar.

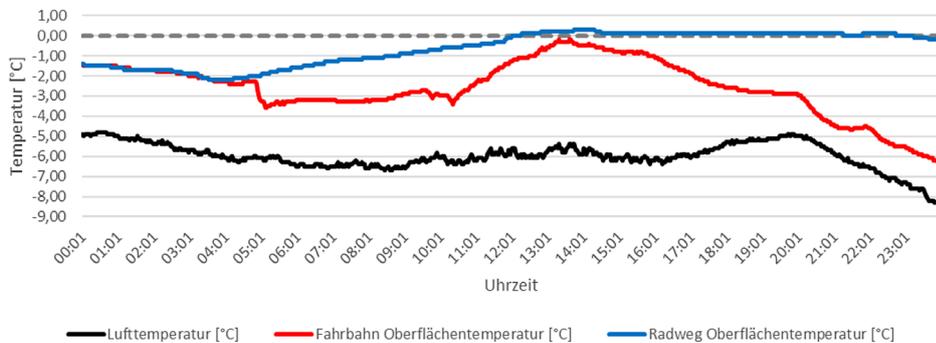


Bild 53: Ganglinie Oberflächen- und Lufttemperatur 10.02.2021 an der SWS Ostring

Am 10.02.2021 begann es in den frühen Morgenstunden zu schneien und die Lufttemperatur war durchgehend unter dem Gefrierpunkt, die Oberflächentemperatur auf Fahrbahn und Radweg war deutlich höher, was auf die Wärmeenergie aus dem noch nicht ausgekühlten Boden zurückgeführt werden kann. Der Abfall der Fahrbahnoberflächentemperatur ab ca. 05:00 Uhr kann seine Ursache im beginnenden Schneefall haben, der aber nicht liegen blieb. Auf dem Radweg hingegen, auf dem kein Restsalz vorhanden war, blieb der Schnee liegen, so dass die Oberflächentemperatur aufgrund des warmen Untergrundes leicht anstieg. Die deutlichen Temperaturunterschiede zwischen Fahrbahn und Radweg lassen erkennen, dass eine schneebedeckte Oberfläche wärmer als eine geräumte Fahrbahn ist.

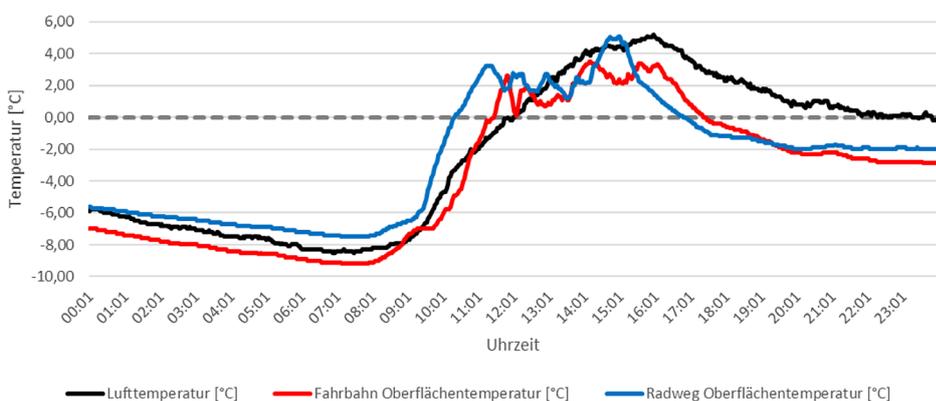


Bild 54: Ganglinie Oberflächen- und Lufttemperatur 14.02.2021 an der SWS Ostring

Der 14.02.2021 war durch eine kalte klare Nacht und einen sonnigen Tag geprägt. Hieraus resultiert der massive Temperaturanstieg in den Morgenstunden. Der Radweg ist vom Schnee geräumt, so dass sich die Temperatur auf Radweg und Fahrbahn ähnlich verhalten. Ursache für den verzögerten Temperaturanstieg der Fahrbahnoberfläche in den Morgenstunden kann eine Verschattung sein.

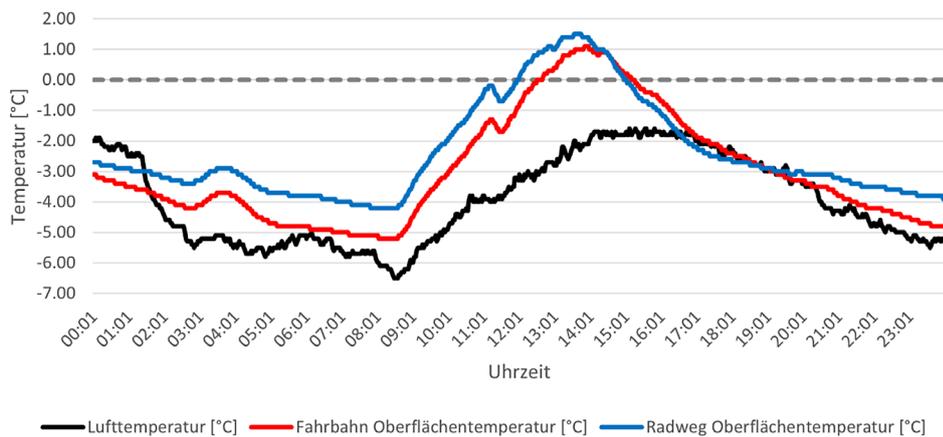


Bild 55: Ganglinie Oberflächen- und Lufttemperatur 22.12.2021 an der SWS Ostring

Ähnlich verhält es sich auch am 22.12.2021. Hier stiegen nach einer kalten Nacht und Morgen mit leichtem Schneefall die Temperaturen vormittags wieder, wobei lediglich die Belagstemperatur von Radweg und Fahrbahn, jedoch nicht die Lufttemperatur, den Gefrierpunkt überschritten.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Oberfläche des untersuchten Radweges höhere Temperaturen ausweist als erwartet. Besonders an Tagen mit besonders niedriger Lufttemperatur deuten die Messwerte höhere Oberflächentemperaturen auf dem Radweg als auf der Fahrbahn an. An wärmeren Tagen hingegen weist der Radweg eine tendenziell niedrigere Oberflächentemperatur auf. Die These, dass die Oberfläche des Radwegs aufgrund der fehlenden Wärmeenergie durch darüberfahrende Fahrzeuge generell kälter als die der Fahrbahn ist, lässt sich aufgrund der Messdaten nicht bestätigen.

5.1.3 Analyse der Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn nach Niederschlägen

Für die Betrachtung der Oberflächenzustände bei Nässe wurden wie in Kapitel 5.1.2 folgende Filter für den Datenbestand angewandt:

1. Grundsätzlich sind nur Lufttemperaturen $\leq 2 \text{ °C}$ interessant, daher wurde der Datensatz zunächst auf Messwerte der Lufttemperatur von $\leq 2 \text{ °C}$ begrenzt.
2. Es wurden lediglich Zeiten berücksichtigt, in welchen eine intensive Sonneneinstrahlung ausgeschlossen ist. Pauschal wurde lediglich der Zeitraum von 17:00 Uhr bis 08:00 Uhr berücksichtigt.
3. Tage bzw. Intervalle, an denen eine Schneedecke vorhanden ist, wurden nicht berücksichtigt.

Als Regen werden Niederschläge nach WMO Code 480, Typ 60 betrachtet, als Schnee solche nach WMO Code 480 Typ 70.

In Bild 56 wird die Zahl der Messungen je Tag dargestellt, welche einen Wasserfilm auf der Fahrbahn bzw. dem Radweg registriert haben. Es ist kein signifikanter Unterschied zwischen Fahrbahn und Radweg erkennbar. An vielen Tagen wurden für beide gleich viele Messungen mit feuchter oder nasser Oberfläche registriert. Es gibt aber auch einzelne Tage, an denen die Fahrbahn häufiger oder der Radweg häufiger feucht oder nass war.

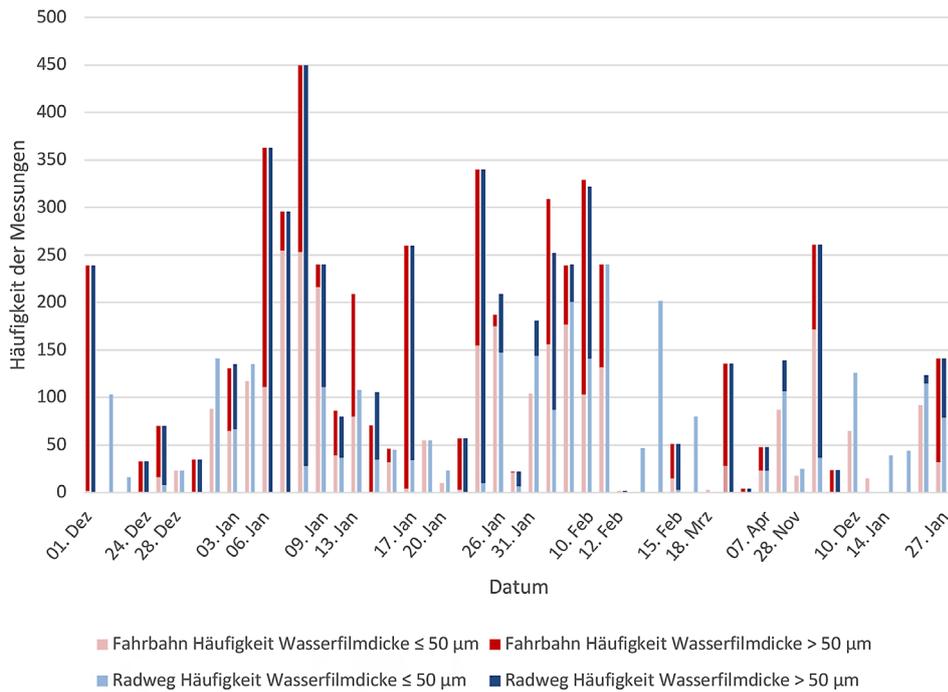


Bild 56: Häufigkeit der Messung eines feuchten (> 50 µm) bzw. nassen (≤ 50 µm) Zustands auf Fahrbahn und Radweg (Lufttemperatur < 2 °C, 17:00 - 08:00 Uhr)

Um den Verlauf des Abtrocknens der Fahrbahn sowie dem Radweg zu vergleichen, wurden Ereignisse identifiziert, welche folgenden Kriterien entsprachen:

- Erreichen eines trockenen Zustands auf der Fahrbahn und/oder auf dem Radweg innerhalb der definierten Zeiträume von 17:00 Uhr bis 08:00 Uhr
- Fahrbahn und Radweg müssen innerhalb des Zeitraums mind. einmal nass gewesen sein
- Die Lufttemperatur soll im Betrachtungszeitraum überwiegend unter 2 °C liegen, einzelne Messwerte bzw. kurze Intervalle ≥ 3 °C werden toleriert.

Nr.	Von ^[1]	Bis ^[2]	Mittlere Lufttemperatur nach Ende des letzten Niederschlags ^[3]	Zuerst trocken	Zeitdifferenz zwischen Radweg und Fahrbahn bis zum Erreichen des trockenen Zustands	Bemerkungen
1	30.12.2020	31.12.2020	2,14 °C	Fahrbahn	106 min	
2	03.01.2021	04.01.2021	2,02 °C	Fahrbahn	Radweg nicht vollständig trocken	Später wieder Wasserfilm auf Fahrbahn, Radweg trocknet dann schneller
3	12.01.2021	13.01.2021	1,70 °C	Fahrbahn	Radweg nicht vollständig trocken	Später wieder Wasserfilm auf Fahrbahn, Radweg trocknet dann schneller
4	19.01.2021	20.01.2021	1,06 °C	Fahrbahn	44 min	
5	30.01.2021	31.01.2021	1,77 °C	Fahrbahn	150 min	
6	27.11.2021	28.11.2021	2,00 °C	Fahrbahn	Radweg nicht vollständig trocken	
7	10.12.2021	11.12.2021	2,51 °C	Fahrbahn	406 min	

^[1] Start der Betrachtung: 17:00 Uhr

^[2] Ende der Betrachtung: 08:00 Uhr

^[3] Betrachtet wird der letzte Niederschlag mit einer Niederschlagsintensität > 0 mm/h

Tab. 22: Betrachtete Intervalle zur Analyse der Wasserfilmdicke an der SWS Ostring

Betrachtet wurden jeweils die gesamten verfügbaren Zeiträume von 17:00 Uhr bis 08:00 Uhr des Folgetags. Aus der Betrachtung ergaben sich insgesamt 5 Intervalle, welche den gesetzten Kriterien entsprechen. Bis auf ein Intervall lagen alle weiteren im Januar 2021. In Tabelle 22 werden die identifizierten Ereignisse dargestellt.

Im Folgenden werden die Wasserfilmdicken des Radweges sowie der Fahrbahn innerhalb der beschriebenen Intervalle dargestellt. Die Visualisierung beginnt jeweils unmittelbar nach dem letzten Niederschlag, welcher eine Niederschlagsintensität > 0 mm/h aufweist.

Im Intervall 30.12.20 bis 31.12.20 (s. Bild 57) kann nach Ende des Niederschlags bei fallender Lufttemperatur ein früheres Trocknen der Fahrbahn im Vergleich zum Radweg festgestellt werden. Allerdings bleibt sie ähnlich lange auch noch etwas feucht.

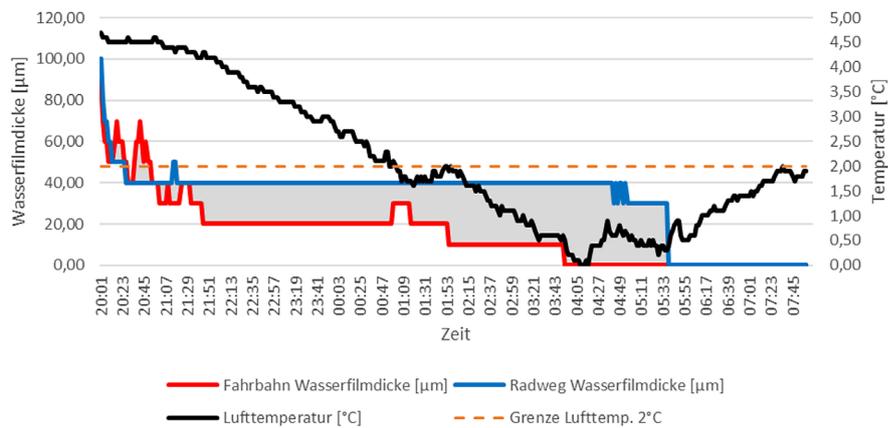


Bild 57: Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 30.12.20 – 31.12.20

Im Intervall 03.01.21 bis 04.01.21 (s. Bild 58) ist bei weitgehend konstanter Lufttemperatur zunächst gegen 23:45 Uhr ein vollständiges Trocknen der Fahrbahn festzustellen. Gegen 04:00 Uhr am Folgetag nimmt die Wasserfilmdicke jedoch wieder zu, obwohl keine Niederschläge verzeichnet wurden und auch die Taupunkttemperatur konstant bei 1,1/1,2 °C liegt. Auf dem Radweg hingegen nimmt die Wasserfilmdicke stetig ab und erreicht um 06:53 Uhr einen Stand von 0 μm. Auch bei diesem Ereignis ist die Tendenz zu erkennen, dass die Feuchtigkeit auf dem Radweg höher als auf der Fahrbahn ist.

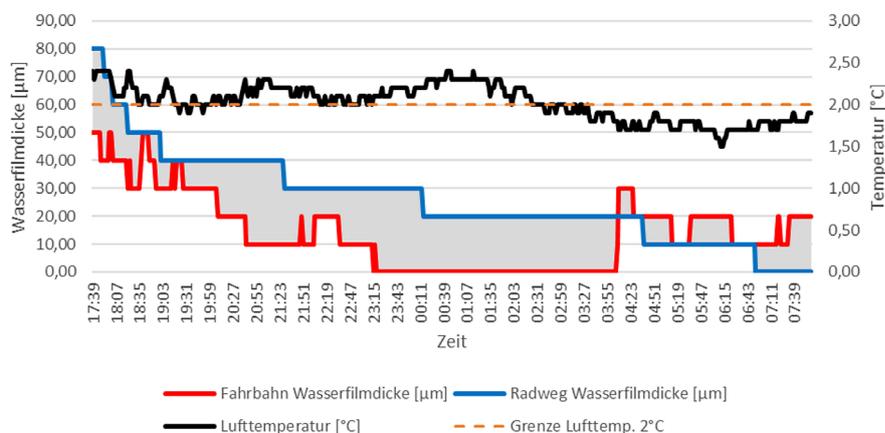


Bild 58: Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 03.01.21 – 04.01.21

In der Nacht 12.01. – 13.01.2021 (s. Bild 59) ist der Oberflächenzustand von Fahrbahn und Radweg bis ca. 03:50 Uhr ähnlich, wobei der inhomogene Verlauf für den Fahrbahnsensor auf darüber rollende Reifen zurückzuführen ist. Ab 03:50 Uhr ist ein Abtrocknen der Rad-

wegoberfläche zu verzeichnen, während der Fahrbahnsensor kontinuierlich einen Wasserfilm registriert. Diese kann evtl. auf einen Streueinsatz zurückzuführen sein, was nach Vorliegen der Einsatzdaten weiter analysiert wird.

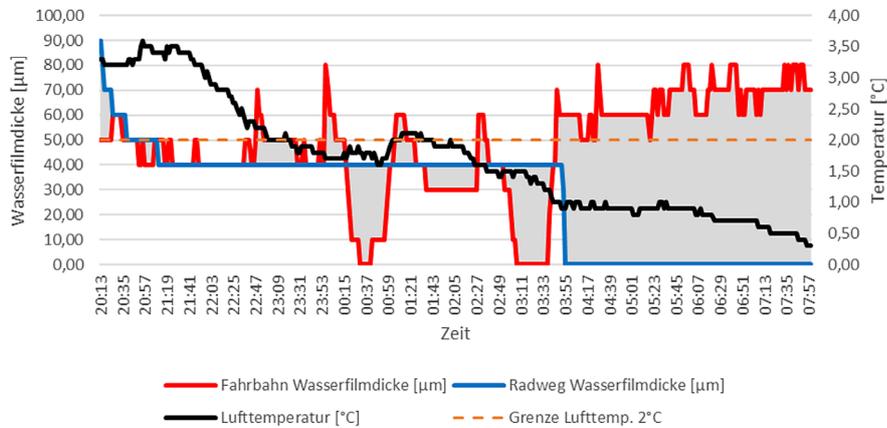


Bild 59: Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 12.01.21 – 13.01.21

Die beiden Intervalle 19.01.21 – 20.01.21 (s. Bild 60) sowie 30.01.21 – 31.01.21 (s. Bild 61) lassen eine ähnliche Entwicklung beim Trocknen der Fahrbahn sowie des Radwegs erkennen. In beiden Fällen erreichte die Fahrbahn früher einen trockenen Zustand.

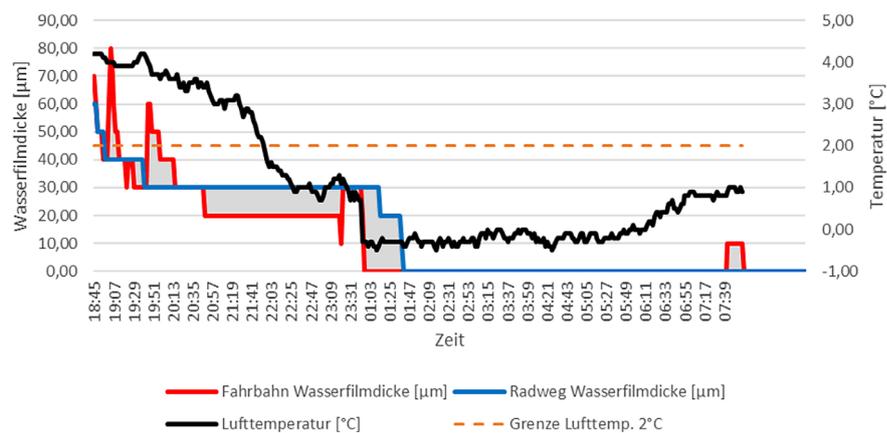


Bild 60: Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 19.01.21 – 20.01.21

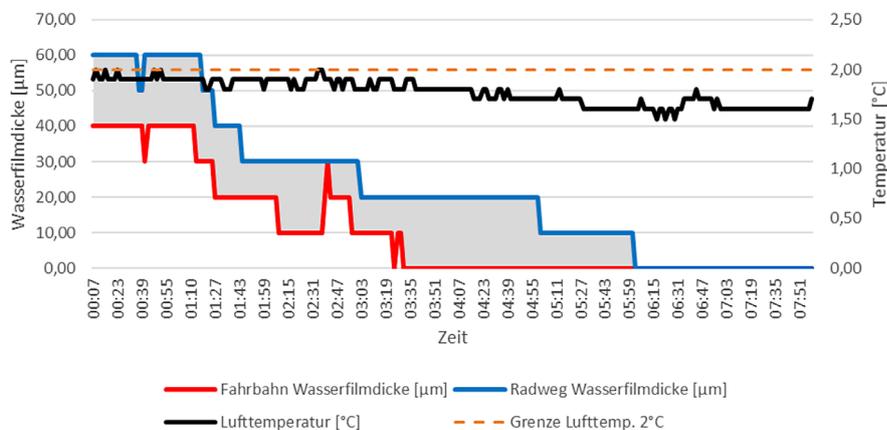


Bild 61: Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 30.01.21 – 31.01.21

Auch in den beiden Intervallen vom 27.11.21 bis 28.11.21 (s. Bild 62) bzw. 10.12.21 bis 11.12.21 (s. Bild 67) lag die Wasserfilmdicke der Fahrbahn unter jener des Radwegs. In letzterem Fall war die Fahrbahn um 23:41 Uhr des 10.12.21 trocken, während dieser Zustand auf dem Radweg erst am folgenden Morgen um 06:27 Uhr erreicht wurde.

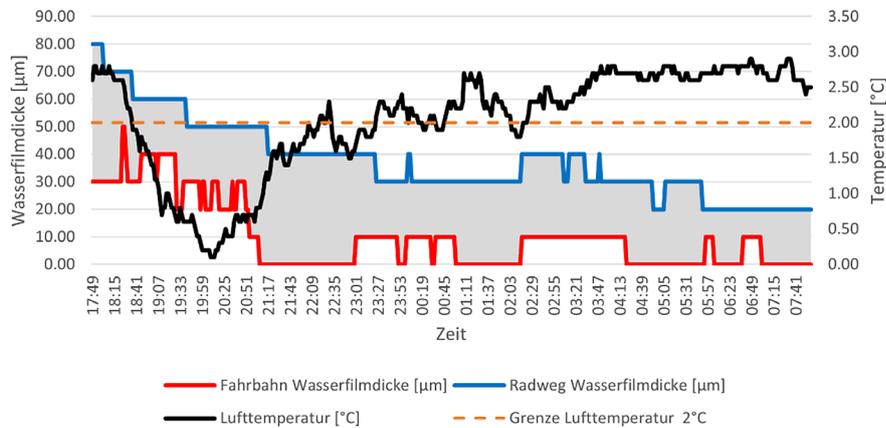


Bild 62: Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 27.11.21 – 28.11.21

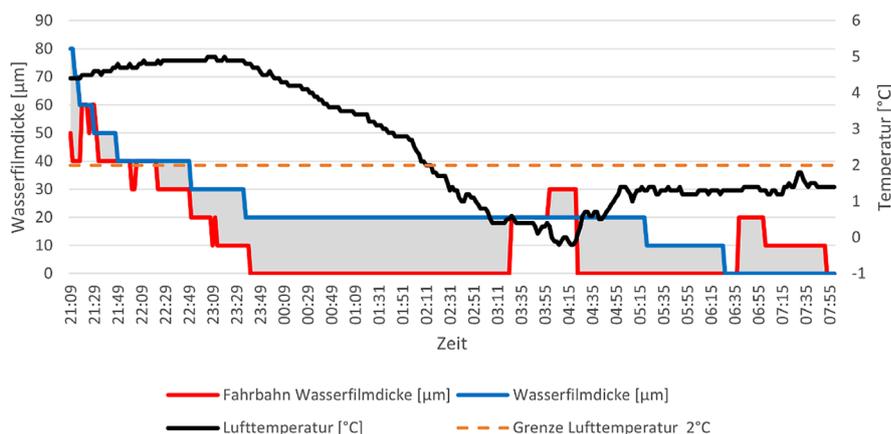


Bild 63: Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 09.12.21 – 10.12.21

In fast allen beschriebenen Fällen konnte festgestellt werden, dass die Fahrbahn schneller einen trockenen Zustand erreichte als der Radweg. Es ist auch zu erkennen, dass die Wasserfilmdicke auf der Fahrbahn häufiger variiert, was auf den Einfluss des Kfz-Verkehrs zurückgeführt werden kann. Der Oberflächenzustand des Radweges ist hingegen deutlich gleichmäßiger, da hier überrollende Reifen keine Rolle spielen.

5.2 Untersuchung zu Liegedauer und Streustoffverteilung von auftauenden Streustoffen auf Radwegen

5.2.1 Messtechnische Grundlagen

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde das Verfahren der BAST zur Untersuchung der zeitlichen und räumlichen Verteilung von Streustoffen auf der Fahrbahnoberfläche mit dem Spül-Saug-Gerät nach ESG auf Radwegen angewendet. Dieser Versuch soll neue Erkenntnisse über Einflussfaktoren bei der Streumittelverteilung und der unter Berücksichtigung von Randbedingungen zu empfehlenden Streutechnik auf Radwegen bringen. Dazu zählt unter anderem die Art der Verfrachtung durch den Radverkehr, die Liegedauer

und der verbleibende Restsalzgehalt auf der Oberfläche. Im Rahmen der Versuchsdurchführung wurde die Streustoffverteilung von FS 0, FS 30 sowie FS 100-Einsätzen auf einer Teststrecke zu definierten Zeitabschnitten mit dem Spül-Saug-Gerät nach ESG untersucht und anschließend ausgewertet.

5.2.2 Elektrische Leitfähigkeit als Indikator für den Restsalzgehalt

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein physikalischer Indikator, der angibt, wie gut ein Stoff den elektrischen Strom leitet. Im Winterdienst dient die elektrische Leitfähigkeit als Indikator für den Restsalzgehalt auf den Verkehrsflächen. Je stärker die elektrische Leitfähigkeit des Salz-Wasser-Schmutz-Gemisches ist, desto mehr Salz befindet sich auf der Oberfläche. Aufgrund der Streuung von Tausalzen oder Tausalzlösungen nimmt die elektrische Leitfähigkeit in diesen Bereichen deutlich zu. Bei einer Absenkung der Gefriertemperatur bleibt die Flüssigkeit in Form eines Salz-Wasser-Schmutz-Gemisches mit einer erhöhten elektrischen Leitfähigkeit flüssig bzw. wechselt in den flüssigen Aggregatzustand. Demnach besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Gefriertemperatur auf der Oberfläche und der elektrischen Leitfähigkeit der eingesetzten Taumittel. Die Gefriertemperatur wird durch die Messung der elektrischen Leitfähigkeit bestimmt und infolgedessen kann eine Abschätzung der einzusetzenden Taumittel und auch der Menge der einzusetzenden Taumittel für die Untersuchungsfläche ermittelt werden [HAUSMANN 2009].

Ein weiterer Einflussfaktor im Zusammenhang mit dem optimierten Winterdienst ist die Tauleistung. Die Tauleistung ist eine Einflussgröße der eingesetzten Taumittel und beschreibt die Beseitigung von Schnee, Eis und Glätte durch das eingesetzte Taumittel, bezogen auf die verwendete Menge. Die Tauleistung ist abhängig von der Oberflächentemperatur, der Einwirkdauer der eingesetzten Taumittel und der Lufttemperatur. Anhand der Tauleistung und der elektrischen Leitfähigkeit lassen sich Rückschlüsse auf die Streumenge und Streudichte definieren und Empfehlungen für die Ausbringung verschiedener Taumittel bei unterschiedlichen Bedingungen erarbeiten [BADEL, GÖTZFRIED 2020].

5.2.3 Untersuchungsverfahren Spül-Saug-Gerät

Basierend auf den unterschiedlichen Ausbringungsvarianten unterschiedlicher Taumittel auf Fahrbahnen und Radwegen beschreibt die BAST auf Grundlage eigener Forschungen die Verluste der Streustoffe auf den Bundesautobahnen (BAB). Hier gehen rund dreiviertel der ausgebrachten Streustoffe (FS 30) aufgrund von verschiedenen Einflüssen, wie Verfrachtung durch den Kfz-Verkehr, nicht in Lösung über. Diese Menge an Tausalzen wird bei trockener bzw. leicht feuchter Fahrbahnoberfläche bereits von der Straße verfrachtet, bevor eine mögliche Lösung stattfinden kann. Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bei der Verteilung der Streustoffe von FS 30 und FS 100 und zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit hat die BAST mit Hilfe eines Spül-Saug-Gerätes die Einflussfaktoren untersucht, mit dem Ziel zur optimierten Ausbringung von Tausalzen auf der Fahrbahn ohne die Verkehrssicherheit zu beeinflussen [HAUSMANN 2012].

Das Spül-Saug-Gerät ist ein speziell für die Messung der Liegedauer von Taumitteln auf Straßen entwickeltes Gerät der Firma ESG. Mit Hilfe dieses Gerätes wird die räumliche und zeitliche Verteilung der ausgebrachten Streustoffe FS 0, FS 30 und FS 100 im Vergleich ermittelt. Über eine Vielzahl an Indikatoren, welche im Winterdienst eine Rolle spielen und zukünftig spielen werden, sollen neue Erkenntnisse über die Austragungs- und die Effektivität der Streustoffe in Abhängigkeit zur zeitlichen und räumlichen Verteilung gewonnen werden.



Bild 64: Spül-Saug-Gerät der Firma ESG (Bild: MÄRZ)

Im Feldversuch der BAST wurde das in Bild 64 dargestellte Spül-Saug-Gerät für die Messung der Salzmenge nach bestimmten Zeitintervallen auf Fahrbahnflächen verwendet. Der Versuch und die nachfolgende Untersuchung der Restsalzmengen auf der Fahrbahn mit Hilfe des Spül-Saug-Gerätes sollen eine Auskunft über die Effizienz der eingesetzten Streumittel liefern. Diese Effizienz wird anhand der Restmenge der Salzstreuung nach einer bestimmten Liegedauer und unter alltäglichen Bedingungen, wie z. B. Verkehrsbelastung, Temperatur, Fahrbahnfeuchte, Wind etc. ermittelt.

Dazu wurden mehrere Testfelder im Abstand von 5 m zueinander ausgewählt und markiert (s. Bild 65). Diese Testfelder waren jeweils 5 m lang und 20 cm breit und haben somit alle einen Flächeninhalt von 1 m². Mit Hilfe des Spül-Saug-Gerätes wurden die auf den Testfeldern aufgebrauchten Taumittel einzeln gemessen bzw. aufgenommen und anschließend wurde im Labor das Gewicht und die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Durch die Auswertung soll die optimierte Austragungsmenge bzw. Austragungskonzentration bestimmt werden. Dies kann in Wiederholungsversuchen an gleichen Testfeldern zu unterschiedlichen Zeitintervallen erfolgen, um eine Abschätzung über das Liegeverhalten bei bestimmten Einflussfaktoren, wie Temperatur, Oberflächenbelag, Verkehrsbelastung zu erhalten. Auf dieser Grundlage können Empfehlungen für Streutechnik und Streudichten erfolgen, um die zuvor angesprochenen Untersuchungspunkte beim Einsatz im Winterdienst zu optimieren [HAUSMANN 2012].

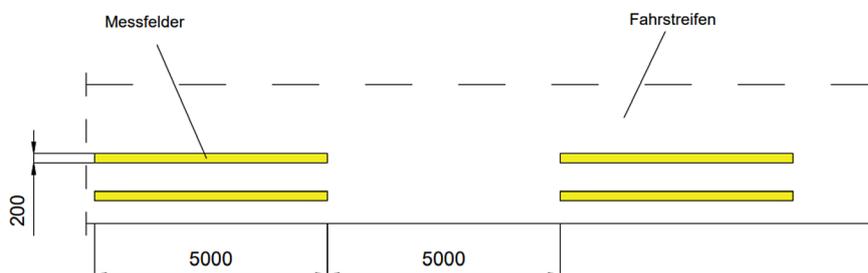


Bild 65: Versuchsaufbauskizze der Messfeldanordnung im Feldversuch mit dem Spül-Saug-Gerät (In Anlehnung an [HAUSMANN 2012])

5.2.4 Durchführung der Untersuchungen

Die Messung mit dem Spül-Saug-Gerät wurde an drei unterschiedlichen Messtagen, einmal in Köln und zweimal in Karlsruhe auf Radwegen durchgeführt. Die Messungen sollten eine aussagekräftige Grundlage schaffen, um die räumliche und zeitliche Verteilung von Streu-

stoffen auf Radwegen zu analysieren. Hierzu wurden die Messungen mit Hilfe der BAST und der AWB Köln sowie dem AfA aus Karlsruhe abgesprochen und umgesetzt. Untersucht wurden die Streustoffe FS 100, FS 30 und FS 0 zu definierten Zeitintervallen an jeweils vier Messfeldern, wie beispielhaft in Bild 66 dargestellt. Dabei wurden die Abschnitte ähnlich dem Feldversuch der BAST definiert.



Bild 66: Plandarstellung der Messfeldanordnung zur Messung mittels Spül-Saug-Gerät auf Radwegen [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Für den Versuchsaufbau wurde eine durchgängig gleiche Oberfläche mit einer Länge von insgesamt 300 m benötigt. Auf dieser Länge wurde im Anschluss der Radweg je 100 m mit FS 100, FS 30 und FS 0 in seiner gesamten Breite von ca. 2 m mit 20 g/m² gestreut. Bei der Messung wurde aufgrund der Annahme, dass sich grobe Streustoffe (FS 0) stärker verteilen, auf den ersten 100 m der Streustoff FS 100 und im folgenden FS 30 sowie schließlich FS 0 ausgetragen.



Bild 67: Austragung der Streustoffe vor der Messung in Köln (Bild: WIESLER)

Die erste Messung mit dem Spül-Saug-Gerät fand in Köln auf der Deutzer Brücke statt (s. Bild 67). Hierbei wurden die Zeitintervalle 0 h, 1 h und 4 h als Untersuchungsintervalle gewählt. Bei den beiden nachfolgenden Messungen in Karlsruhe auf dem separaten Radweg der Willy-Brandt-Allee wurden noch weitere Zeitintervalle in den Messversuch zusätzlich integriert (vor Austragung, 0 h, 2 h, 6 h und 24 h). Die Durchführung bei den Versuchen blieb in allen drei Versuchsdurchführungen identisch.

In Köln erfolgte die erste Messung direkt im Anschluss an die Austragung von FS 100 auf den zuvor definierten vier Messfeldern mit dem Zeitintervall „0 h“. Diese Messung stellt den Messwert direkt nach der Streustoffaustragung dar. Danach folgte die Austragung FS 30 und FS 0 und die entsprechenden Messungen direkt nach der Austragung. Abschließend folgten die Messungen auf den zuvor definierten vier Feldern für alle Streustoffe nach einer Stunde (1 h) und nach vier Stunden (4 h).

In Karlsruhe wurde vor der Austragung der Streustoffe eine „Nullmessung“ durchgeführt, um den Restbestand an Streustoffen von vorherigen Einsätzen zu dokumentieren. Danach erfolgten die Austragung und die unmittelbar folgenden Messungen für das Zeitintervall „0 h“. Im Anschluss folgten die Messungen mit dem Spül-Saug-Gerät zu den entsprechend definierten Zeitintervallen je Streustoffart.

Zwischen den einzelnen Messfeldern wurde ein Sicherheitsabstand von 5 m und zwischen den unterschiedlichen Austragungsstoffen mindestens ein Sicherheitsabstand von ca. 55 m eingehalten, um Einflüsse einer möglichen Verfrachtung der unterschiedlichen Streustoffe zu verhindern. Weiterhin wurden Einflussfaktoren, bezogen auf die Versuchsdurchführung, dokumentiert (s. Anhang 11). Dazu zählte der Radverkehrsanteil auf der Teststrecke, welcher anhand von Zählstationen z. B. auf der Deutzer Brücke ermittelt werden konnte, und die Witterungsbedingungen (Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlag, etc.). Eine Dokumentation der Durchführung des gesamten Versuchs wurde anhand von Bildern und Videomaterial erstellt (s. Anhang 12).

Im Vorfeld der Messung in Karlsruhe wurde eine Justierung der Streutechnik an einem Fahrzeug des AfA vorgenommen, um eine größtmögliche Genauigkeit bei der Messung zu gewährleisten. Die Justierung wurde am 31.01.2022 durch einen Service-Mitarbeiter der Herstellerfirma durchgeführt und bezog sich auf einen Aufbau zur Ausbringung von FS 100 mit einem Solesprühbalken sowie einem Aufbau mit Kombi-Streuer zur Ausbringung von FS 30 und FS 0.

Für jeden Aufbau wurde zunächst geprüft, ob die Dosierung der Eingabe des Fahrers entspricht. Hierfür wurden Wiegetests durchgeführt. Bei diesem wird ein Streuvorgang über eine vordefinierte Strecke bei einer bestimmten Geschwindigkeit und resultierender Streudichte simuliert, aus welcher sich eine Soll-Masse auszubringender Streustoffe ergibt. Dabei werden die Sole (s. Bild 68) bzw. das Feuchtsalz aufgefangen und im Anschluss gewogen. Dabei wurden Abweichungen vom Soll-Gewicht festgestellt. Um eine systematische Abweichung festzustellen, wurden die Tests mit geänderten Parametern mehrfach wiederholt. Anschließend wurde die elektrische Spannung der Pumpe bzw. Förderschnecke angepasst, so dass die ausgebrachte Masse der Streustoffe wieder dem Soll entsprach.



Bild 68: Wiegetest für Sole-Dosierung (Bild: WIESLER)

Für beide Aufbauten wurde anschließend auch das Streubild überprüft, indem FS 100 und FS 30 über verschiedene Breiten (in der Simulation verschiedene Fahrtgeschwindigkeiten) gestreut wurden (s. Bild 69). Hierbei wurden ebenfalls kleinere Anpassungen vorgenommen.



Bild 69: Überprüfung des Streubilds (Bild: WIESLER)

5.2.5 Auswertung der Messdaten

Die Auswertung der erhobenen Daten der einzelnen Versuche zur Messung der Liegedauer und Streustoffverteilung von auftauenden Streustoffen auf Radwegen wurden mit Hilfe der BAST im Anschluss an die Feldversuche durchgeführt. Anhand der erhaltenen Messdaten wurde nachfolgend eine Empfehlung zur Wahl der Austragungsstoffe erstellt und es wurden mögliche Defizite sowie positive Auswirkungen dokumentiert.

5.2.5.1 Messversuch Köln

In Köln wurden im Rahmen der Messung insgesamt 36 Messfelder untersucht und dokumentiert (s. Tabelle 23). Für den Versuchsaufbau wurde ein Schmalspurfahrzeug (Citymaster 1600) der AWB zur Verfügung gestellt. Diese Kommunalschmalspurfahrzeuge können durch den Umbau der Aufbaugeräte zwischen Salz- und Sole-Aufbau wechseln (s. Bild 67). Eine Fotodokumentation enthält Anhang 12. Drei der untersuchten Messproben sind aufgrund von technischen Problemen bei der Messung nicht repräsentativ und wurden in der Auswertung entsprechend nicht berücksichtigt. Am Tag der Messung wurde auf der Deutzer Brücke mit Hilfe von Radverkehrszählungen 4.570 Radfahrende (24 h Wert) gemessen, welche sowohl während des Messversuchs als auch danach die zuvor betreuten Streckenabschnitte befahren haben. Aufgrund von Beobachtungen vor Ort und der in Bild 70 erkennbaren Spuren ist ein deutlich stärkerer Radverkehr auf den in Fahrtrichtung rechten Messfeldern zu erkennen.

Diese Beobachtung wird im Folgenden bei den einzelnen Auswertungen berücksichtigt, um eine repräsentative Aussage über eine mögliche erhöhte Verfrachtung durch den Radverkehr oder auch eine geringere Wirksamkeit der ausgetragenen Streustoffe zu treffen. Tabelle 23 zeigt die Gesamtauswertung des Messversuchs für sämtliche Messfelder (vgl. Anhang 11). Diese werden nach Streustoff und Zeitintervall gegliedert und chronologisch nach dem zeitlichen Ablauf der Messung aufgelistet. Über den Leitwert und die ermittelten Gewichte der Proben wurden mittels Werten aus der Kalibrierung der Leitfähigkeitsmessgeräte die Salzkonzentration und die Salzmenge pro Messfeld bestimmt. Die Bewertung der Messungen erfolgte in einem ersten Schritt differenziert nach den Streustoffe FS 100, FS 30 und FS 0.



Bild 70: Fahrspuren des Radverkehrs auf der Deutzer Brücke in Köln (Bild: MÄRZ)

Streu- stoff	Zeit- intervall	Feld	Proben- nummer	Tara [g]	Gewicht [g]	Leitwert [mS/cm]	Temperatur [°C]	Salzkonzent- ration [g/kg]	Salzmenge [g]	Uhrzeit
FS 100	0 h	1	31	330,00	2719,40	9,82	16,40	6,35	13,20	Beginn: 08:15 Uhr - 08:32 Uhr
FS 100	0 h	2	30	314,20	1932,00	8,92	16,60	5,77	8,03	
FS 100	0 h	3	24	311,00	2088,00	11,19	16,30	7,23	11,33	
FS 100	0 h	4	33	323,50	2057,80	9,27	16,20	5,99	8,99	
FS 30	0 h	1	45	322,10	2180,10	10,13	16,50	6,55	10,62	Beginn: 08:46 Uhr - 08:56 Uhr
FS 30	0 h	2	50	310,80	2404,60	7,70	16,40	4,98	8,80	
FS 30	0 h	3	P 24	322,00	2410,10	11,74	16,40	7,59	11,33	
FS 30	0 h	4	44	308,00	1724,70	12,47	17,00	8,06	10,16	
FS 0	0 h	1	P 23	310,00	2346,10	12,76	16,70	8,25	14,97	Beginn: 09:04 Uhr - 09:18 Uhr
FS 0	0 h	2	6	312,00	2375,20	10,06	16,80	6,50	11,70	
FS 0	0 h	3	40	317,00	2394,50	15,93	16,40	10,30	19,36	
FS 0	0 h	4	5	314,40	2231,60	12,02	16,50	7,77	13,21	
FS 100	1 h	1	V 2	315,00	2601,60	8,24	16,50	5,33	10,38	Beginn: 09:29 Uhr - 09:41 Uhr
FS 100	1 h	2	V3	311,00	2349,60	8,06	16,40	5,21	9,03	
FS 100	1 h	3	20	315,00	2633,90	7,67	16,40	4,96	9,71	
FS 100	1 h	4	43	301,00	2434,90	7,88	16,60	5,09	9,21	
FS 30	1 h	1	15	328,00	2560,50	12,08	16,50	7,81	15,47	Beginn: 09:45 Uhr - 09:59 Uhr
FS 30	1 h	2	P 31	317,00	2377,40	8,77	16,60	5,67	10,03	
FS 30	1 h	3	35	318,20	2352,60	11,72	16,20	7,58	13,64	
FS 30	1 h	4	46	298,80	2189,10	9,68	16,80	6,26	10,28	
FS 0	1 h	1	7	337,90	2650,90	12,28	16,50	7,94	16,31	Beginn: 10:01 Uhr - 10:13 Uhr
FS 0	1 h	2	P 32	300,00	1883,60	15,26	16,70	9,86	14,10	
FS 0	1 h	3	P 30	300,00	2506,60	13,07	16,50	8,45	16,64	
FS 0	1 h	4	12	325,30	2430,70	10,22	16,50	6,61	12,15	
FS 100	4 h	1	42	307,70	2711,70	5,87	16,40	3,79	7,37	Beginn: 12:10 Uhr - 12:20 Uhr
FS 100	4 h	2	18	305,30	2522,60	5,85	16,40	3,78	6,77	
FS 100	4 h	3	1	338,10	2077,60	7,11	16,70	4,60	6,68	
FS 100	4 h	4	49	324,00	2462,00	5,82	16,60	3,76	6,49	
FS 30	4 h	1	V 30	316,00	2503,60	10,19	16,40	6,59	12,58	Beginn: 12:23 Uhr - 12:37 Uhr
FS 30	4 h	2	2x1	305,00	2103,80	8,62	16,40	5,57	8,59	
FS 30	4 h	3	P 25	310,00	2475,80	11,32	16,60	7,32	13,98	
FS 30	4 h	4	13	321,90	2256,40	8,47	16,80	5,48	9,06	
FS 0	4 h	1	28	325,80	2103,00	14,71	16,30	9,51	15,22	Beginn: 12:40 Uhr - 12:55 Uhr
FS 0	4 h	2	23	304,30	2342,00	10,08	16,80	6,52	11,58	
FS 0	4 h	3	4	317,70	2343,10	13,53	16,70	8,75	15,86	
FS 0	4 h	4	38	312,20	2470,80	8,99	16,60	5,81	10,81	

Tab. 23: Zusammenstellung der Messungsergebnisse zur Liegedauer auf der Deutzer Brücke (Rote Werte =

FS 100

Für den Versuch wurde die Austragungsmenge über das Fahrzeug auf ca. 20 g/m^2 (entspricht ca. 4 g Salz je m^2) über eine Streubreite von ca. 2 m definiert. Der Beginn der Austragung erfolgte unmittelbar vor der ersten Messung um 08:15 Uhr am 24.11.2021 in Köln auf der Deutzer Brücke.

Die Auswertung der Daten zeigt, dass durch eine Streustoffaustragung vom Vortag noch Restsalzmengen auf der Messstrecke vorhanden waren, da die ausgetragene Streudichte von ca. 4 g/m^2 zu jedem Zeitabschnitt auf sämtlichen Feldern überschritten wurde. Es zeigt sich weiterhin, dass die Salzkonzentration im Verlauf der Liegedauer abnimmt; die leichte Zunahme in den rechtsliegenden Messfeldern 2 und 4 nach 1 h Liegedauer kann evtl. auf unterschiedliche Lösungsverteilungen, Messungenauigkeiten oder auch eine punktuell erhöhte Restsalzmenge vom Vortag zurückgeführt werden.

FS 30

Bei der Austragung des Streustoffes FS 30 wurde bei einer Streudichte von 20 g/m^2 eine Salzmenge von ca. $15,2 \text{ g/m}^2$ maschinell eingestellt und über eine Streubreite von ca. 2 m auf die definierten 100 m ausgetragen. Beginn der Austragung von FS 30 und der unmittelbar folgenden Messung war am 24.11.2021 um 08:46 Uhr.

Die Auswertung der FS 30-Daten ergab, dass der Streustoff FS 30 im Gegensatz zu FS 100 einen niedrigeren Wert als die Austragungsmenge verzeichnet. Unter Berücksichtigung der vom Vortag ausgetragenen Restsalzmenge sollte auch hier der Wert über der Austragungsmenge liegen. Weiterhin ist nach 60 min Liegedauer eine höhere Streustoffkonzentration gemessen worden. Gründe hierfür können unterschiedlicher Art sein, wie z. B. unterschiedliche Ausbringungsmengen oder unterschiedliche Restsalzmengen auf den Messabschnitten. Somit lassen die Messwerte keine plausiblen Aussagen zu.

FS 0

Bei der Austragung des Streustoffes FS 0 wurde gleichermaßen eine Streudichte von 20 g/m^2 , entsprechend 20 g/m^2 Salz, maschinell eingestellt und über eine Streubreite von ca. 2 m auf dem definierten Abschnitt ausgetragen. Beginn der Austragung erfolgte unmittelbar vor der ersten Messung um 09:04 Uhr am 24.11.2021.

Die Auswertung der Daten des Messversuchs der Streustoffaustragung FS 0 weist im Vergleich zu den vorherigen Auswertungen von FS 100 und FS 30 eine deutlich höhere Salzmengenkonzentration in allen Zeitintervallen auf. Dennoch stellt sich auch hier bereits unmittelbar nach der Austragung eine deutlich geringere Salzmenge gegenüber der Austragungsmenge und ein Anstieg der Messwerte nach 60 min Liegedauer ein. Wie bei FS 30 deutet dies unter Berücksichtigung einer Streustoffaustragung vom Vortag auf nicht plausible Werte hin.

Zusammenfassende Bewertung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass lediglich die Werte bei FS 100 plausibel erscheinen, wenn man eine nicht genau definierte Restsalzmenge von einer Streustoffaustragung vom Vortag berücksichtigt. Die Aussagekraft der Messungen sind aufgrund folgender Einflüsse stark eingeschränkt, weshalb keine abschließende Bewertung getroffen werden kann:

- Der Oberflächenbelag war durch viele Risse nicht optimal für den Messversuch

- Angaben zur Streustoffmenge vom Vortag waren nicht vorhanden
- Angaben über den verwendeten Streustoff vom Vortag waren nicht vorhanden
- Prüfstrecke war nicht vollständig trocken
- Streumaschine wurde nicht zuvor auf eingestellte Streumenge überprüft

5.2.5.2 Messversuche Karlsruhe

Unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus dem ersten Messversuch in Köln wurden zwei weitere Messversuche in Karlsruhe auf dem straßenbegleitenden Radweg an der Willy-Brandt-Allee durchgeführt. Eine Fotodokumentation, in der auch die eingesetzten Streumaschinen aufgenommen sind, enthält Anhang 14. Der erste Messversuch in Karlsruhe fand am 23./24.02.2022 und der zweite Versuch am 16./17.03.2022 statt. Beide Versuche wurden auf dem gleichen Streckenabschnitt, einer ebenen, asphaltierten und sauberen Strecke durchgeführt. Weitere Anpassungen für die Versuche in Karlsruhe sind unter anderem die bereits beschriebenen Neueinführungen weiterer Zeitintervalle sowie die Nutzung von zuvor neu kalibrierten Streumaschinen. Grundlage für die Auswertung der Messdaten waren die Messungen vor der Austragung zur Kontrolle des Restsalzgehaltes auf der Messstrecke.

Im ersten Versuch wurden 54 Messfelder innerhalb von 24 Stunden untersucht (s. Anhang 13). Am Tag des Messversuchs konnten mit Hilfe von Radverkehrszählungen 1611 Radfahrende (24 h Wert) auf der Teststrecke gemessen werden, welche sowohl während des Messversuchs als auch danach die zuvor betreuten Streckenabschnitte befahren haben.

FS 100

Für den Versuch wurde die Austragemenge über das Fahrzeug auf ca. 20 g/m² (entspricht ca. 4 g Salz je m²) über eine Streubreite von ca. 2 m definiert. Der Beginn der Austragung erfolgte unmittelbar vor der ersten Messung.

Wie auch im Messversuch in Köln zeigt sich, dass die Messergebnisse der Liegedauermessung bei FS 100 plausible Ergebnisse liefern. Bild 71 zeigt die ausgewerteten Messdaten der einzelnen Testfelder der Messung bei FS 100.

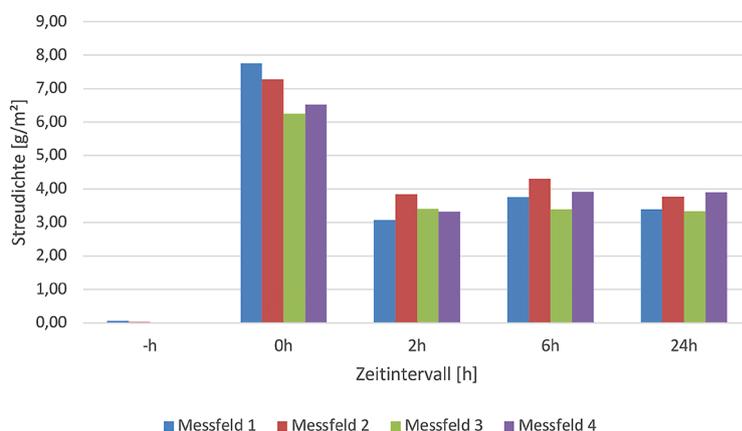


Bild 71: Darstellung der ausgewerteten Daten nach der Messung in Karlsruhe mit FS 100

Die erste Messung nach der Austragung ergibt für alle Felder in etwa die zuvor definierte ausgetragene Streudichte. Die folgenden Messungen blieben alle konstant und es konnte sogar nach 24 Stunden noch eine ähnliche Reststreumenge wie nach zwei Stunden festgestellt werden. Dieses Messergebnis wird auch in Bild 72 deutlich erkennbar. Der am Vortag

mit FS 100 betreute Abschnitt ist klar erkennbar noch feucht, wohingegen der unbetretene Abschnitt vollkommen trocken ist.



Bild 72: Betreuter Streckenabschnitt mit FS 100 (dunkler Bereich im Bildvordergrund) nach 24 Stunden in Karlsruhe (Bild: Wiesler)

FS 30

Bei der Austragung des Streustoffes FS 30 wurde bei einer Streudichte von 20 g/m^2 eine Salzmenge von ca. $15,2 \text{ g/m}^2$ maschinell eingestellt und über eine Streubreite von ca. 2 m auf die definierten 100 m ausgetragen.

Aufgrund eines technischen Defekts an dem kalibrierten Winterdienstfahrzeug konnte mit diesem Fahrzeug und den Anbaugeräten der weitere Messversuch nicht mehr durchgeführt werden. Der Versuch wurde mit Hilfe eines Ersatzfahrzeuges weitergeführt. Die Auswertung der Messwerte ergab deutlich höhere Streudichten als die angegebene Austragsmenge, was auf die fehlende Kalibrierung der Streumaschine zurückgeführt werden kann. Plausible Aussagen zum Einsatz von FS 30 sind daher nicht möglich. dar.

FS 0

Bei der Austragung des Streustoffes FS 0 wurde gleichermaßen eine Streudichte von 20 g/m^2 , entsprechend 20 g/m^2 Salz, maschinell eingestellt und über eine Streubreite von ca. 2 m auf dem definierten Abschnitt ausgetragen.

Auch bei FS 0 konnte aufgrund eines technischen Defekts an dem kalibrierten Winterdienstfahrzeug der weitere Messversuch nicht mehr durchgeführt werden. Der Versuch wurde auch hier mit Hilfe des Ersatzfahrzeuges weitergeführt. Plausible Aussagen sind wie bei FS 30 nicht möglich.

Im zweiten Messversuch vom 16./17.03.2022 wurde die gleiche Strecke erneut untersucht, um mögliche Fehlerdaten zu eliminieren und die bereits ausgewerteten Daten des ersten Versuchs zu bestätigen. Aufgrund von Problemen bei der Ausbringung wurde der zweite Versuch in Karlsruhe nicht vollständig durchgeführt, weshalb keine aussagekräftigen Daten zur Verfügung stehen. Die Beobachtungen zeigten bei allen drei Technologien keine Verfrachtungen der ausgebrachten Tausalze nach ca. 24 Stunden (siehe auch Anhang 14).

Zusammenfassende Bewertung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine zuvor durchgeführte Kalibrierung der Geräte sowohl bezogen auf die ausgetragene Streudichte als auch auf die Einstellung der

Streubreite ein wichtiger Faktor bei der Auswertung darstellt. Weiterhin bedarf es einer Kontrollmessung unmittelbar vor Beginn der Messung und der Austragung der Streustoffe. Aufgrund technischer Probleme ist das kalibrierte Winterdienstfahrzeug während der ersten Messung in Karlsruhe nach der Austragung von FS 100 und vor der weiteren Austragung von FS 30 und FS 0 ausgefallen, weshalb der restliche Messversuch mit einem anderen Winterdienstfahrzeug ohne Kalibrierung durchgeführt wurde. Somit waren wie auch im ersten Messversuch in Köln lediglich die Messwerte bei FS 100 plausibel. Man kann festhalten, dass bei präventiven FS 100 Streuungen die Sole durch den Radverkehr nicht verschleppt wird und somit bis zum Einsetzen von Niederschlägen eine lange Wirkung zur Glättevermeidung erzielt werden kann. Zudem haben sich folgende Erkenntnisse und Empfehlungen aus den Versuchen ergeben:

- Zur Optimierung der Streustoffaustragung müssen die Streudichten weiter untersucht werden.
- FS 100 weist bei den Versuchen eine deutlich bessere Verteilung auf als FS 30 und FS 0 (s. Bild 73).



Bild 73: Ungleichmäßiger Streuvorgang zu Beginn der FS 30 Austragung

- Die aus den Empfehlungen für Winterdienst für Fahrbahnen übertragenen Streudichten sind ausreichend für den Winterdienst auf Radwegen.
- Ausgebrachtes Feucht- und Trockensalz (FS 30 und FS 0) werden durch Fahrradüberfahrten nicht verdrängt. Bei der Soleausbringung (FS 100) können aber deutlich geringere Salzmengen gleichmäßig ausgetragen werden, die in vielen Fällen ausreichend sind.

5.3 Vergleichserhebung von Radfahrenden

Ob und in welchem Maße die winterdienstliche Betreuung von Radrouten Einfluss einerseits auf das Radverkehrsaufkommen insgesamt und andererseits auf die Wahl einer bestimmten Radroute hatten, sollte auch anhand von Vergleichszählungen der Radverkehrsstärke erhoben werden. Dazu wurden im Zuge von drei beliebten Routen in Karlsruhe, die das Stadtzentrum mit den westlichen Stadtteilen Mühlburg und Knielingen verbinden, Seitenradargeräte des Herstellers RTB aufgestellt, die durch ihre besondere Sensorik auch zuverlässig den Radverkehr erfassen können. Um eine Aussage zu Verlagerungen der Radverkehrsmenge zwischen den alternativen Routen gegenüber dem Normalzustand treffen

zu können, wurden die Zählungen (intervallweise) über mehrere Monate sowohl im Winter (2020/2021 und 2021/2022) als auch im Sommer 2021 durchgeführt.

Die Zählstellen liegen auf gleicher Höhe an den Routen. Dies sind die Hildapromenade im Norden (grüne Markierung in Bild 74), die Kaiserallee (gelbe und orangene Markierung) sowie die Sophienstraße (blau) im Süden. Eine fünfte Zählstelle an der nördlichsten Route (Moltkestraße, lila Markierung) wurde seit dem Sommer 2021 berücksichtigt, da im Winter 2020/2021 aufgrund einer baustellenbedingten Sperrung der Moltkestraße dort auch das Fahren mit dem Fahrrad sehr eingeschränkt war. Von den insgesamt vier Routen sind die Moltkestraße und die Sophienstraße Bestandteil des Winternetzes der Stadt Karlsruhe.

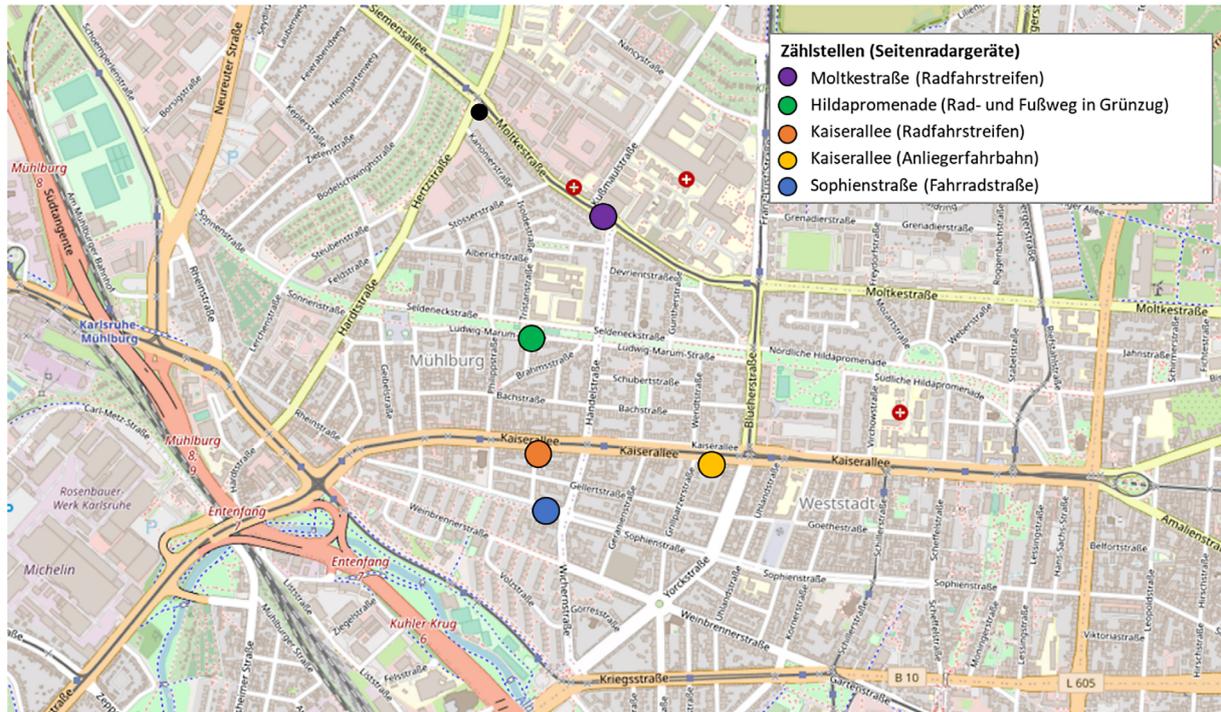


Bild 74: Plandarstellung der Zählstellen in Karlsruhe [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

In der Hildapromenade erfolgt die Radverkehrsführung über einen gemeinsamen Geh- und Radweg im Zuge eines Grünstreifens. In der Kaiserallee liegen zwei Zählstellen: Westlich wird der Radverkehr auf einem Radstreifen geführt, der mit dem Kfz-Fahrestreifen geräumt wird. Weiter im Osten der Kaiserallee wird der Radverkehr auf einer separaten Anliegerfahrbahn geführt. Durch die Zählung an beiden Stellen sollte dokumentiert werden, ob die unterschiedlichen Räumlichkeiten auch mit unterschiedlichen Radverkehrsmengen im Zuge der Route einhergehen. Die Sophienstraße weiter südlich führt vom Stadtteil Mühlburg (Knotenpunkt Entenfang) bis in die Karlsruher Innenstadt. Sie ist als durchgängige Fahrradstraße eine der Hauptachsen im Karlsruher Radnetz.

Die betrachtete Fahrtrichtung ist von Westen in Richtung Innenstadt, da die eingesetzten Geräte den Radverkehr nur auf der anliegenden Straßenseite zuverlässig erkennen können.

Die Zählung des Radverkehrs an den vier Zählstellen erfolgte im Winter 2020/2021 im Zeitraum 02.02.2021 bis 21.04.2021 sowie im Winter 2021/2022 im Zeitraum 14.12.2021 bis 31.03.2022. Die Ergebnisse der Zählungen aus dem Winter 2020/2021 sind in Bild 75 bis Bild 77 dargestellt.

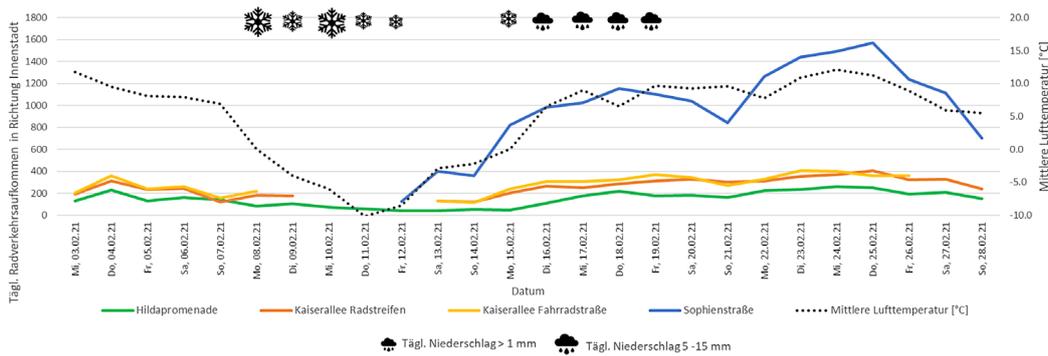


Bild 75: Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungszustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im Februar 2021

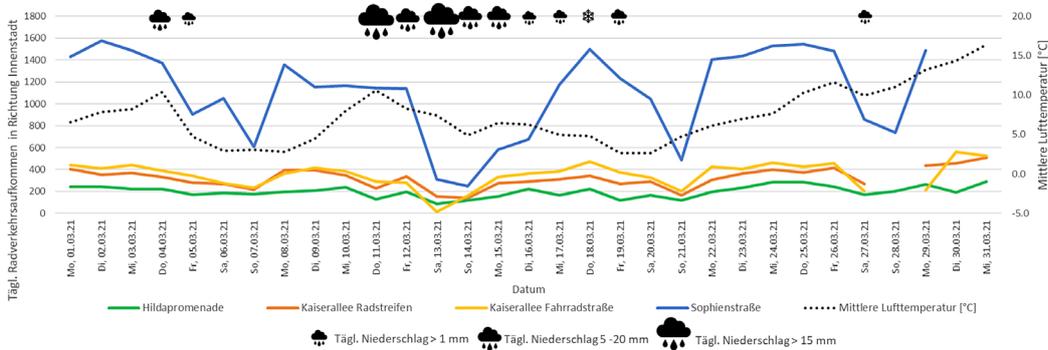


Bild 76: Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungszustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im März 2021

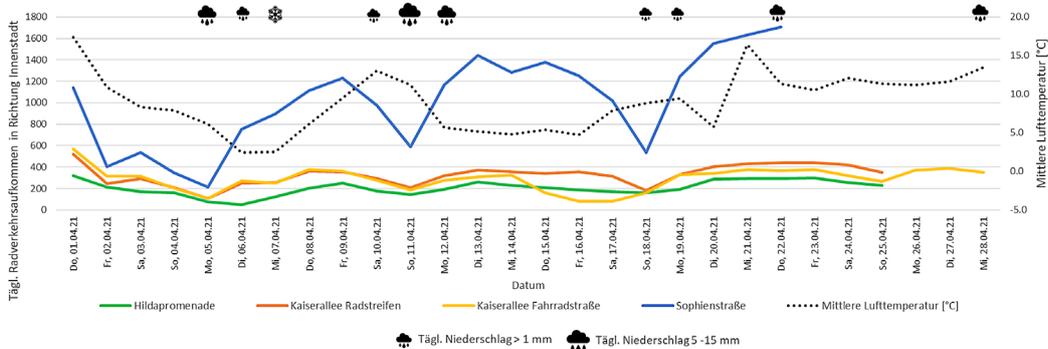


Bild 77: Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungszustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im April 2021

Es lässt sich insgesamt eine sehr starke Dominanz der Radverkehrsmengen in der Sophienstraße gegenüber den anderen Routen erkennen. Weiterhin lässt sich ein geringeres Radverkehrsaufkommen an den Tagen mit Niederschlag erkennen. Aufgrund des Ausfalls einiger Zählgeräte (fehlerhafter Akku und starke Kälte) kam es ausgerechnet in der Zeit mit Schneefall (06.02. – 13.02.2021) zu Ausfällen der Zählgeräte. Daher lassen sich Verlagerungen, die evtl. auf die bessere Räumung von Sophienstraße (und zukünftig Moltkestraße) gegenüber den anderen Routen schließen lassen, nicht ableiten.

Weitere Vergleichszählungen wurden im Sommer 2021 über fast 2 Monate durchgeführt (s. Bild 78). Dabei wurde auch eine Zählstelle an der zuvor gesperrten Moltkestraße eingerichtet.

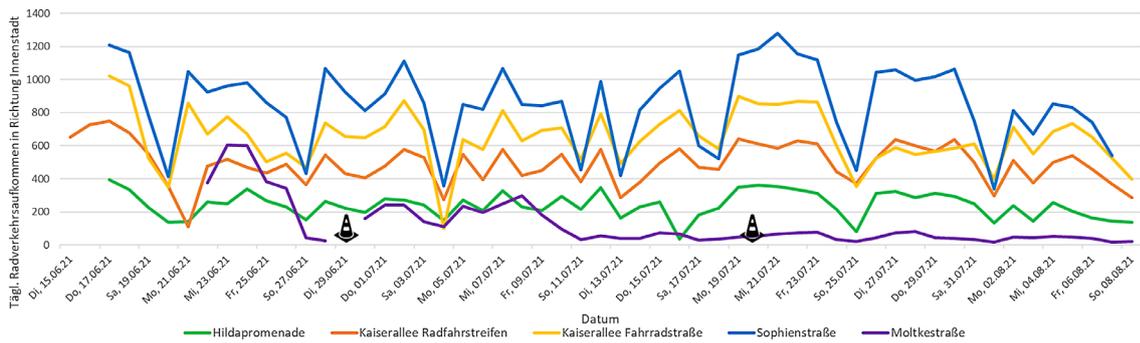


Bild 78: Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt an den Zählstellen im Karlsruhe im Sommer 2021

Insgesamt liegen die Radverkehrsstärken im Sommer 2021 auf höherem Niveau als in den Winter- und Frühjahrsmonaten 2021. Dabei fallen zwei Umstände auf:

- 1) Die Verkehrsstärken in der Sophienstraße (blaue Linie) sind in den Sommer- und Wintermonaten ähnlich hoch. Dies könnte zum einen auf die hohe Akzeptanz der Sophienstraße als Haupt-Radverkehrsachse seit deren Umwidmung zur Fahrradstraße im Jahr 2009 zurückzuführen sein und zum anderen auf die bei den Radfahrenden bekannte gute Räumung dieser Fahrradachse.
- 2) Die saisonalen Unterschiede im Radverkehr scheinen sich vor allem auf die anderen Routen von der Innenstadt in Richtung Westen auszuwirken. In welchem Maße die konstanten Verkehrsstärken in der Sophienstraße auch durch Verlagerungen von weniger gut geräumten Routen auf die besser geräumte Sophienstraße zu erklären sind, ist aus den Zählraten nicht ableitbar.

In Bild 79 und Bild 80 sind die Radverkehrsstärken aus der Zählung im Winter 2021/2022 dargestellt.

Auch in diesem Zählzeitraum war insbesondere die Sophienstraße, aber auch die Moltkestraße am stärksten von Radfahrenden befahren. Wie im vorherigen Winter sind Reduzierungen des Radverkehrsaufkommens in Zusammenhang mit Niederschlägen erkennbar. Im Winter 2021/2022 kam es in Karlsruhe zu keinem nennenswerten Schneefall. Daher sind basierend auf den Zählraten keine Aussagen zum Einfluss winterlicher Witterung bzw. der Qualität des Winterdienstes auf die Akzeptanz verschiedener (Alternativ)routen möglich.

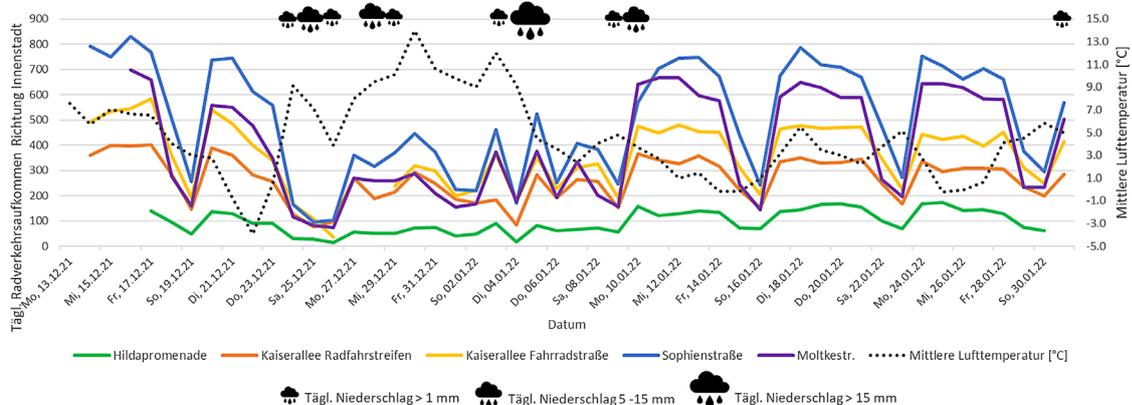


Bild 79: Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungszustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im Dezember 2021/Januar 2022

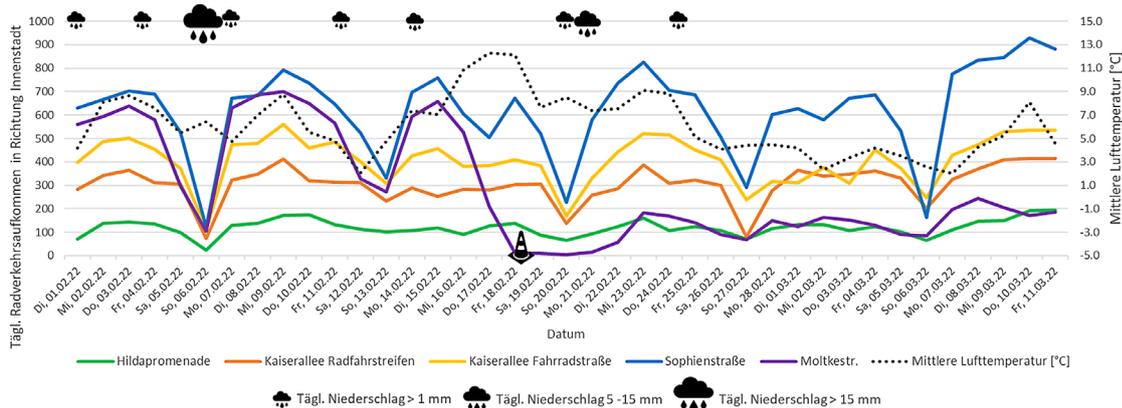


Bild 80: Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungszustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im Februar/März 2022

5.4 Betrachtung des Winterdienstes an der Haid-und-Neu-Straße in Karlsruhe

Um anhand eines praktischen Beispiels zu prüfen, wie sich Anforderungen von Radfahrern und dem Betriebsdienst vereinen lassen, wurde am 13.05.2022 gemeinsam mit dem Karlsruher Amt für Abfallwirtschaft ein Winterdiensteinsatz auf einer Strecke in Karlsruhe simuliert. Anwesend waren hierfür von Seiten des Amtes für Abfallwirtschaft die Einsatzleitung sowie ein Fahrer.

Ziel ist, gemeinsam bestimmte Situationen und Gegebenheiten aus der Sicht von Radfahrern sowie aus der Sicht des Betriebsdienstes zu besprechen. Ausgewählt wurde hierfür ein 1,8 km langer Abschnitt der Radroute 15 in Karlsruhe, welcher im Jahr 2021 umgebaut wurde und vom Durlacher Tor über die Karl-Wilhelm-Straße und die Haid-und-Neu-Straße bis Rintheim führt (s. Bild 81). Betrachtet werden auch vier Knotenpunkte auf der Strecke.

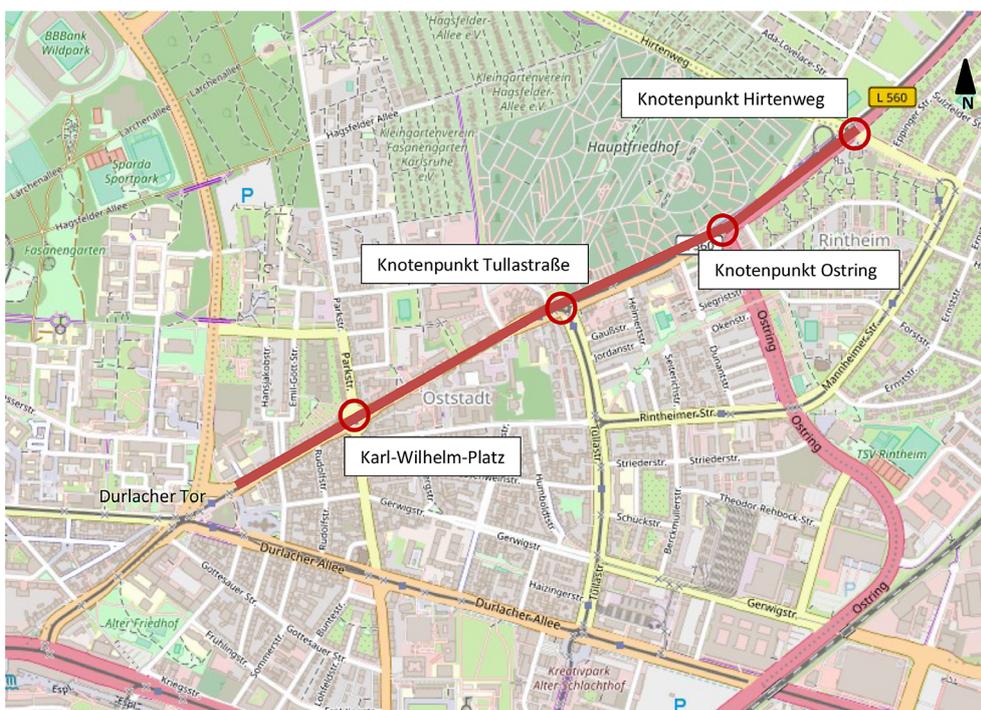


Bild 81: Für einen möglichen Winterdiensteinsatz untersuchter Abschnitt der Haid-und-Neu-Straße in Karlsruhe [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]

Vom Durlacher Tor bis zum Knotenpunkt Ostring wird der Radverkehr in beiden Richtungen auf einem Radfahrstreifen geführt. Von dort bis zum Knotenpunkt Hirtenweg erfolgt die Führung in Fahrtrichtung Nord auf einem baulich getrennten Radweg, in Fahrtrichtung Süd auf einem getrennten Geh- und Radweg. Der Kfz-Verkehr wird zwischen Durlacher Tor und Knotenpunkt Ostring auf einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung geführt, von dort bis zum Knotenpunkt auf je zwei Fahrstreifen. Die Straßen- und Stadtbahnen werden nur auf letztem Abschnitt auf einem separaten Gleiskörper geführt, sonst auf gemeinsamer Fläche mit dem Kfz-Verkehr.

Der Abschnitt, auf welchem der Radverkehr auf einem Radfahrstreifen geführt wird, wird vollständig von einem Winterdienst-Lkw geräumt und gestreut. Der Winterdienst mit Schmalspurfahrzeugen beginnt von Süden aus betrachtet erst ab dem Knotenpunkt Ostring. Allerdings werden die Radfahrstreifen bis zum Durlacher Tor ebenfalls beim Zu- und Abgang befahren, um bei Bedarf nach dem Einsatz der Winterdienst-Lkw nachzuarbeiten. Schnee wird zwischen Durlacher Tor und Knotenpunkt Ostring stets nach rechts geräumt. Dabei kann es zu einem zeitweisen Blockieren der Radfahrstreifen mit abgelegtem Schnee kommen, da der Winterdienst-Lkw die Strecke zunächst vollständig befährt (bis weiter nördlich des untersuchten Abschnitts) und dann in einem neuen Durchlauf die äußere Fahrspur bzw. den Radfahrstreifen räumt und streut. Hierbei kann es größeren Verzögerungen kommen, woraus ein erhebliches Gefährdungspotenzial für die Radfahrenden resultieren kann, da diese die Fahrbahn im Gleisbereich der Straßenbahn befahren müssen.

In den Bereichen, in welchen die Bahnen auf einem straßenunabhängigen Gleiskörper geführt werden, wird von der linken Fahrspur teilweise auch nach links geräumt, sofern die Gleise hierdurch nicht blockiert werden. Dadurch verringert sich die Menge des Schnees, der in Richtung Seitenraum geräumt wird.

In Bild 82 bis Bild 86 werden einige Situationen dargestellt, welche diskutiert wurden:



Bild 82: Direkt an Straßenbahngleise angrenzender Radfahrstreifen (Bild: WIESLER)



Bild 83: Zufahrt zum Radweg für linksabbiegende Radfahrende am Knotenpunkt Hirtenweg (Bild: WIESLER)



Bild 84: Kurzer Radweg, der kurz nach dem Knotenpunkt Hirtenweg auf die Fahrbahn geführt wird (Bilder: HOLLDORB)



Bild 85: Baulicher Radweg mit Hochbord zwischen den Knotenpunkten Hirtenweg und Ostring (Bild: WIESLER)



Bild 86: Großer Kurvenradius am Knotenpunkt Tullastraße (Bild: WIESLER)

Folgende Erkenntnisse/Empfehlungen können abgeleitet werden:

- Wenn durch das mögliche Zuschieben eines Schutzstreifens oder Radfahrstreifens ein Ausweichen von Radfahrenden auf die Fahrbahn mit Straßenbahngleisen (Spurrillenschienen) notwendig ist (s. Bild 82), müssen diese priorisiert winterdienstlich betreut werden. So wird verhindert, dass Radfahrende mit schmalen Reifen bei durch Schnee verdeckten, in die Fahrbahn eingelassenen Gleisen stürzen.
- Bei der Einsatzplanung ist für Knotenpunkte auch die winterdienstliche Betreuung kürzerer Radwege-Abschnitte vorzusehen, welche sonst aufgrund ihrer Länge und Lage (s. Bild 83) oder dem baldigen Übergang der Führung auf die Fahrbahn (s. Bild 84) nicht betreut werden.
- Der im Regelwerk vorgesehene Sicherheitsabstand zwischen Schutzstreifen bzw. Radfahrstreifen und angrenzenden Parkständen ist ausreichend, um als Lagerfläche für geräumten Schnee zu dienen. In Regionen mit stärkerem Schneefall sollte dieser Sicherheitsabstand entsprechend größer dimensioniert werden.
- Ist ein baulicher, nur mit einem Hochbord von der Fahrbahn abgesetzter Radweg (s. Bild 85) vorhanden, der keine Räumung nach außen ermöglicht, sollte Schnee so in Richtung der Fahrbahn geräumt werden, dass eine sichere Trennung ohne Risiko besteht, versehentlich durch Übersehen des Hochbords zu stürzen.
- An Knotenpunkten mit großen befestigten Verkehrsflächen (s. Bild 86) werden Lagerflächen für den geräumten Schnee benötigt. Diese sollten auch in Kurvenbereichen so ausgewählt werden, dass der Radverkehr nicht beeinträchtigt wird, um gefährliche Konflikte mit dem Kfz-Verkehr auf den durch die Schneeablagerung reduzierten Verkehrsflächen zu vermeiden. Alternativ können die Fahrbahnflächen auch baulich verkleinert werden, so dass die Gehwegfläche größer wird und dann als Lagerfläche genutzt werden kann. Hierdurch wird der Radverkehr auf der Fahrbahn ohne Behinderung geführt.

6 Mögliche Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs im Winter

Im Folgenden werden auf Basis der Erkenntnisse aus den Untersuchungen und Messungen im Winter 2020/2021 und 2021/22 mögliche Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs im Winter vorgestellt.

6.1 Cluster Winterdienst

Bei der Planung von Einsatzrouten sollten durch den Radverkehr genutzte Verbindungen als Grundlage genutzt werden, damit für diesen eine durchgehend konstante Befahrbarkeit gewährleistet ist. Einbezogen werden sollen dabei bestimmte für Radfahrende relevante Orte, wie Radabstellanlagen (an Bahnhöfen, Schulen etc.) oder Bike-Sharing-Stationen, die lückenlos an das Netz betreuter Strecken angebunden werden. Die nachfolgenden Empfehlungen gelten unter der Maßgabe, dass die Anforderungen aus der Verkehrssicherungspflicht eingehalten werden.

Knotenpunktelemente, wie Dreiecksinseln, stellen häufig eine Schwachstelle bezüglich der Befahrbarkeit von Radwegeverbindungen unter winterlichen Bedingungen dar. Sie müssen vollständig in Räum- und Streupläne integriert werden. Hierbei sind soweit möglich auch die vom Radverkehr genutzten Abbiegeverbindungen und Anfahrten an Taster bei Lichtsignalanlagen mit Freigabe auf Anforderung zu berücksichtigen, auch wenn hierdurch ein Mehraufwand in der Betreuung entsteht. Flächen bei abbiegenden Routen sollten entsprechend der Befahrung durch die Radfahrenden geräumt und gestreut werden. Der Kurvenradius für Radfahrende kann sich von dem eines Einsatzfahrzeuges unterscheiden, weshalb die gesamte Kurvenfläche geräumt und gestreut werden muss.

Sofern nicht die Kapazitäten vorhanden sind, alle Radwegeverbindungen mit einem einheitlich hohen Standard winterdienstlich zu betreuen, empfiehlt sich die Untergliederung in mehrere Prioritäten, welche sich an den Kriterien der Verkehrssicherheit und Verkehrswichtigkeit orientieren. Verbindungen der höchsten Priorität sollen dabei mindestens gleichzeitig mit den wichtigsten Verbindungen des Kfz-Verkehrs oder früher geräumt und gestreut werden. Der Umfang, der in der höchsten Priorität eingeordneten Verbindungen kann entsprechend den Kapazitäten im Verhältnis zum Gesamtnetz eher gering sein, eine sichere und gute Befahrbarkeit für alle Radfahrenden muss hier jedoch unter allen Umständen ab dem frühen Morgen bis spät abends gewährleistet werden, damit ein Vertrauen der Radfahrenden in ein witterungsunabhängig verlässliches Grundangebot geschaffen wird. Für Strecken mit höchster Priorisierung bietet sich dabei die Integration in ein ausgewiesenes Winterradnetz (vgl. Kapitel 6.2) an.

Auf Radwegeverbindungen untergeordneter Priorität sind Räumensätze insbesondere dann erforderlich, wenn aufgrund der prognostizierten Witterung mit einer längeren Schneebedeckung zu rechnen ist, da die Befahrbarkeit einer fest gefahrenen Schneedecke oder ggf. vereisten Oberfläche erheblich erschwert und zu einer starken Gefährdung führt. Diese Zustände werden auch von den Radfahrenden als besonders kritisch eingestuft, so dass durch die umfassende Räumung der Radverkehr im Winter gefördert werden kann. Die Räumung kann zwar nach Ende des Schneefalls nachgeordnet zu den Radwegen erster Priorität erfolgen, aus betrieblicher Sicht wird jedoch eine möglichst frühzeitige Räumung

empfohlen, da der Schnee dann noch erheblich leichter mechanisch mit Pflug oder Kehrwalze zu beseitigen ist.

Für Einsatzszenarien grundsätzlich bis -6 °C Belagstemperatur und bei geringer Schneehöhe empfiehlt sich die Räumung (bis zu einer Schneehöhe von maximal 10 cm bei trockenem Schnee) mit einer Kehrwalze sowie die Ausbringung von FS 100. Bei tieferen Temperaturen und einer weniger guten Räumqualität ist die Feuchtsalz-(FS 30) oder Trockensalzausbringung (FS 0) anzuwenden. Die Trockensalzausbringung ist von der Technik am kostengünstigsten. Ihre Anwendung führt aber nur bei Streubreiten bis ca. 2 m und geringen Streugeschwindigkeiten bis ca. 20 km/h zu einer guten Streustoffverteilung. Der Einsatz abstumpfender Streustoffe auf Radwegeverbindungen sollte vermieden werden. Neben der Streustoffausbringung nach der Räumung muss mindestens für Gefahrenstellen, etwa mit Steigung oder Gefälle, ein präventives Streuen zur Gewährung der Sicherheit der Radfahrenden in Betracht gezogen werden. Hier können alle Technologien zur Tausalzausbringung genutzt werden. Die Soleausbringung ist dabei das Verfahren mit dem geringsten Salzeinsatz. Grundsätzlich können bei den Streudichten die gleichen Empfehlungen wie für den Straßenwinterdienst genutzt werden.

Insbesondere für die Neuordnung und Optimierung von Einsatzrouten empfiehlt sich eine gründliche Bestandsaufnahme der Strecke, bei welcher auch besondere Objekte, wie Hindernisse, Brücken oder Abstellanlagen, aber auch Durchfahrtsbreiten und Steigungen bzw. Gefälle digitalisiert und verortet werden.

Aufgrund des Rückgangs des Radverkehrsaufkommens bei starkem Schneefall wird es als ausreichend betrachtet, alle Radwege zuerst in einer einzelnen Fahrt zu räumen, auch wenn der Radweg erheblich breiter als die Räumbreite ist (etwa Zweirichtungsradwege). Auf unmittelbare Wiederholungseinsätze zur vollständigen Räumung kann in der Regel verzichtet werden, stattdessen sollten zunächst Räumeinsätze auf weiteren Radwegen erfolgen. Bei langanhaltendem Schneefall sollten Wiederholungseinsätze primär der Aufrechterhaltung der Befahrbarkeit bei reduzierter Breite dienen.

Auf Anliegerstraßen im Zuge von ausgewiesenen Radwegeverbindungen sowie Fahrradstraßen sollten Einsätze von Winterdienst-Lkw durchgeführt werden, auch wenn diese für den Kfz-Verkehr keine Priorität haben. Der ausschließliche Einsatz von Schmalspurfahrzeugen kann insbesondere bei Räumeinsätzen aufgrund der geringen Räumbreite keine ausreichende Befahrbarkeit für Kraftfahrzeuge gewährleisten und aufgrund der dann zum Teil schneebedeckten Fahrbahn zu Gefährdungen für den Kfz-Verkehr führen.

Es müssen Informationen gesammelt werden, wo eine Überschneidung bei der Räumung von Radweg und Fahrbahn droht. Diese Stellen müssen bezüglich der besonderen Anforderungen entsprechend für mehrfache Befahrungen oder abgestimmte Einsätze vorgemerkt werden. Grundsätzlich sollte bei unmittelbar an die Fahrbahn angrenzende Radwegeverbindungen zuerst die Fahrbahn geräumt werden. Eventuell auf dem Radweg/Schutzstreifen/Radfahrestreifen verbliebene Schneerückstände müssen dann möglichst zeitnah in einem weiteren Einsatz geräumt werden. Dabei ist eine gute Abstimmung hinsichtlich der Räumzeiten und ggf. späteren Wiederholungseinsätze notwendig. Alternativ kann auch die Fahrbahn samt Schutzstreifen/Radfahrestreifen von einem einzelnen Einsatzfahrzeug in zwei Durchgängen geräumt werden.

Ausreichende Durchfahrtsbreiten an Baustellen sind für einen reibungslosen Ablauf der Winterdiensteseinsätze von großer Bedeutung. Auf Seiten des Winterdienstes ist ein klares Verfahren zur schnellen Meldung von Verstößen durch das Einsatzpersonal und die Weiterleitung an zuständige Stellen in der Stadtverwaltung zu definieren, die dann die zuständi-

gen Bauunternehmen zur unmittelbaren Beseitigung der Engstellen auffordern müssen. Baustellen sollten außerdem (sofern diese zu Beginn des Winters bekannt sind) in die Einsatzplanung einbezogen werden.

Eine weitere Maßnahme in Bezug auf den optimierten Winterdienst ist die Minimierung von Leerfahrten, bei denen das Winterdienstfahrzeug fährt, aber keine Räumung bzw. Streuung stattfindet. Dies ist häufig der Fall, wenn die Fahrzeuge, welche beim Einsatz auf Radwegen meist eine geringe Streustoffkapazität aufweisen, zum Hauptstandort zurückkehren müssen, um die Streumittel wieder aufzufüllen. Um diese Leerfahrten zu verhindern, können dezentrale Zwischenlager für Streumittel in den Städten und Kommunen an bekannten Punkten der Routen angebracht werden. Beispielhaft für diese Maßnahme ist die Stadt Wien, die in der gesamten Stadt semimobile Solemischanlagen für die Ausbringung von FS 100 aufgestellt hat, um die Leerfahrten der Winterdienstfahrzeuge möglichst zu verhindern.

Eine einheitliche Betreuung von durchgehenden Radwegeverbindungen, auch wenn sie z. B. in der Baulast unterschiedlicher Baulastträger liegen, ist sehr zu empfehlen, damit Radfahrende eine sichere und durchgehende ganzjährig befahrbare Radwegeverbindung vorfinden. Vielfach funktionieren zwar informelle Absprachen zwischen den Beteiligten benachbarter Kommunen auf operativer Ebene, diese gewährleisten jedoch keine zuverlässige Betreuung mit gleichem Qualitätsstandard. Die einheitliche Betreuung kann auch durch die gemeinsame Vergabe von Winterdienstleistungen durch verschiedene Baulastträger ermöglicht werden. Die auszuschreibenden Lose sollten dabei jedoch nicht zu groß sein, um die Teilnahme an Ausschreibungen auch für kleinere Unternehmen attraktiv zu machen und somit das Feld möglicher Teilnehmer an der Ausschreibung zu erhöhen.

Wettbewerbsfördernd sind auch lange Vertragslaufzeiten, da eine längerfristige Ausschreibung von Winterdienstleistungen den Dienstleistern ermöglicht, mit größerer Planungssicherheit in adäquate Sachmittel zu investieren. Bei der Vergabe von Dienstleistungen ist ein individuell sinnvolles Modell für Besitzverhältnisse, etwa von Streuern, Pflügen oder Kehrwalzen, zu entwickeln. Bei Wechselaufbauten kann es zweckmäßig sein, nur Fahrzeug und Fahrer durch den Dienstleister zu stellen, die An- und Aufbaugeräte jedoch durch den Baulastträger zur Verfügung zu stellen.

Es können konkrete Metriken zur Messung der erbrachten Qualität im Winterdienst auf Radwegeverbindungen eingeführt werden. Ein Beispiel hierfür ist ein Zufriedenheits-Index einer Gruppe ausgewählter Radfahrender. Das Betriebspersonal sollte Strecken außerdem zumindest gelegentlich selbst mit dem Fahrrad befahren. So kann eine Sensibilisierung für die Bedürfnisse der Radfahrenden erreicht werden. Außerdem ist der direkte Austausch zwischen Einsatzpersonal und Radfahrenden hilfreich, um auf beiden Seiten Verständnis für die Belange der anderen Seite zu schaffen. Zu Beginn des Winters oder unmittelbar davor sollten alle Routen einmal abgefahren werden, um die Route auf neue, noch nicht bekannte Hindernisse zu überprüfen.

Wichtig ist außerdem ein regelmäßiger Austausch zwischen angrenzenden Kommunen bzw. Aufgabenträgern (Straßenmeistereien). Hierbei können Erfahrungen ausgetauscht werden, Probleme im Betriebsablauf und der Winterdienstqualität an Zuständigkeitsgrenzen sowie Möglichkeiten zur Schaffung eines übergangslos gut befahrbaren Winterradnetzes besprochen werden.

6.2 Cluster Planung, Bau und Ausstattung von Radverkehrsanlagen

Generell können auf Basis der Untersuchungen folgende Aussagen für Planung und Bau von Radverkehrsanlagen gemacht werden:

- Hindernisse sollten, sofern diese nicht vermeidbar sind, in einer Art installiert werden, die ein schnelles Beseitigen ermöglicht.
- Bei der Planung von Radverkehrsanlagen sind die Breiten der Räumfahrzeuge zu berücksichtigen. Bei bestehenden Anlagen sind bauliche Anpassungen zu prüfen.
- Pufferflächen für die Schneeablagerung: „Platz“ ist im Straßenraumentwurf, insbesondere im urbanen Umfeld, ein knappes Gut. Flächenkonkurrenz bzw. Mangelverwaltung bei der Verteilung von Flächen auf die verschiedenen Verkehrsarten sind in der Verkehrsplanung Teil des üblichen Geschäfts. Zusätzlich werden derzeit vor dem Hintergrund von Klimawandel bzw. Klimaanpassung neue Ansprüche an den Straßenraum gestellt: Die Entsiegelung der Fläche mit dem Ziel, Maßnahmen zur Beschattung und Versickerung zu realisieren, stellt die Planung vor besondere Herausforderungen. Eine Synergie scheint sich hier mit den Erfordernissen des Winterdienstes zu ergeben: Frei- bzw. Grünflächen zur Lagerung und dem späteren Abschmelzen von geräumtem Schnee sollten in den Straßenraumentwurf integriert werden. Ein Abgleich dieser Erfordernisse mit den Regelquerschnitten der aktuellen RAS 06 wird derzeit erarbeitet, die Vorgehensweise wird beispielhaft im Folgenden anhand von einigen Querschnitten der „typischen Entwurfssituationen“ dargestellt.

Abgleich der Anforderungen des Winterdienstes mit den Querschnitten der RAS 06 [FGSV 2012a]

In den RAS 06 sind insgesamt 12 typische Entwurfssituationen mit jeweils spezifischen Anforderungen aufgrund unterschiedlicher Randnutzungen bzw. Funktionen definiert. Für jede Entwurfssituation stellen die RAS für bis zu 13 verschiedene Gesamtbreiten der Straße jeweils eine empfohlene Querschnittsaufteilung dar. Der jeweils schmalste und breiteste Querschnitt jeder Entwurfssituation wird im Rahmen von WinRad auf seine Eignung im Hinblick auf die Anforderungen des Winterdienstes überprüft. Die Anforderungen des Radverkehrs, etwa in Hinblick auf sichere Befahrbarkeit bei winterlicher Witterung, wird dabei nicht berücksichtigt.

Als wesentliche Anforderungen durch den Winterdienst werden gesehen:

- 1) Befahrbarkeit durch Räumfahrzeuge
- 2) Lagerfläche für geräumten Schnee
- 3) Entwässerung (Minimierung des Salzeintrags in Grünbereiche)

Die jeweils möglichen Bewertungen werden in Tabelle 24 dargestellt.

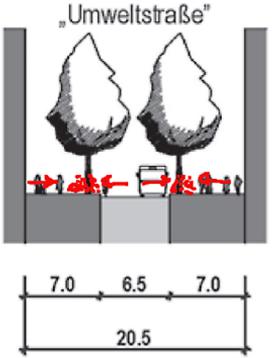
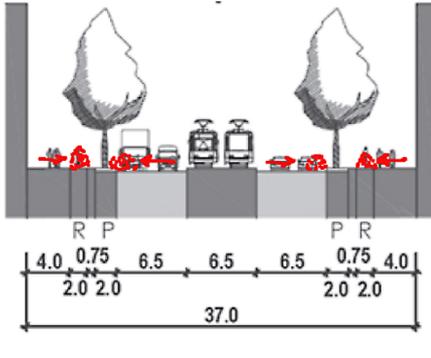
Für das Kriterium der Lagerflächen kann differenziert werden, ob ein Seitenstreifen lediglich als Grünfläche genutzt wird und somit durchgehend als Lagerfläche bereitsteht, oder ob vereinzelte Parkstände vorhanden sind, welche eine durchgängige Räumung in den Seitenraum erschweren. Da dies nur im Lageplan und nicht in den Regelquerschnitten ersichtlich ist, wird diese Bewertung bei der exemplarischen Untersuchung der RAS-Regelquerschnitte nicht vergeben.

	Befahrbarkeit für den Winterdienst	Lagerflächen	Entwässerung
+	Gemeinsame Räumung mit Fahrbahn möglich.	Ablagerung auf Grünstreifen möglich.	Entwässerung in Kanalisation (z. B. Schutzstreifen, Radfahrstreifen).
o	Separate Räumung der Radverkehrsinfrastruktur nötig. KEINE Gefahr, dass diese zugeschoben wird (z. B. da baulicher Radweg).	Ablagerung auf sich mit Grünflächen abwechselnden Parkständen möglich (nur punktuelle Ablagerung).	
-	Separate Räumung der Radverkehrsinfrastruktur nötig (z. B. da die zu räumende Fläche breiter ist als Schneepflug). Gefahr, dass diese durch spätere Räumung der Kfz-Fahrbahn zugeschoben wird.	Ablagerung nur zu Lasten anderer Nutzungen möglich (durchgehende Parkierung, Gehweg, Fahrbahn).	Entwässerung in Grünflächen (z. B. baulicher Radweg)

Tab. 24: Bewertung der Kriterien für winterdienstfreundliche Querschnitte der RAST 06

Je nach Erfüllung der Kriterien werden Punkte vergeben. Aus der Addition dieser wird schließlich ein Index berechnet, der die Eignung des Querschnitts unter Aspekten des Winterdienstes quantifiziert und vergleichbar macht. Die drei Kriterien können einer Gewichtung unterzogen werden. So kann etwa, für eine Region mit mehr zu erwartendem Schneefall das Kriterium der Lagerflächen stärker oder für Regionen, in welchen kaum Schneefall vorhanden ist, schwächer gewichtet werden.

In Tabelle 25 wird anhand der Entwurfssituation 8 (Hauptgeschäftsstraße) die Systematik der Überprüfung dargestellt.

Querschnitt nach RAST		
Kriterium	8.1	8.13
Führungsform Radverkehr	Mischverkehr mit Kfz	Abgesetzter Radweg
Winterdienst	(+) Gemeinsam mit Kfz-Fahrbahn	(-) Separates Schmalspurfahrzeug
Lagerfläche Schnee	(+) Im Grünbereich möglich	(-) Nur zu Lasten von Fahrbahn bzw. Rad- oder Fußweg
Entwässerung	(+) Fahrbahnseitig in Entwässerung (-) Rad-/Gehwegseitig in Grünbereich	(+) Fahrbahnseitig in Entwässerung (-) Rad-/Gehwegseitig in Grünbereich

Tab. 25: Prüfung von RAST-Querschnitten bzgl. der Anforderungen des Winterdienstes am Beispiel der Entwurfssituation 8 (Hauptgeschäftsstraße)

Die Beurteilungskriterien wurden auf alle Entwurfssituationen der RAST 06 übertragen, wobei innerhalb einer Entwurfssituation jeweils der breiteste und der schmalste Regelquerschnitt betrachtet wurden. Auf eine Gewichtung von Kriterien wurde verzichtet, da sich diese von Kommune zu Kommune unterscheiden kann. Die vollständige Tabelle mit den jeweils schmalsten und breitesten Regelquerschnitten aller Entwurfssituationen der RAST 06 ist in Anhang 15 dargestellt.

Insbesondere schmalere Querschnitte, bei welchen eine Führung des Radverkehrs auf der Fahrbahn im Mischverkehr vorgesehen ist, erhalten aufgrund der Möglichkeit von Räumungen in einem Durchgang und einer Entwässerung in die Kanalisation tendenziell positivere Bewertungen. Bei einer separaten Radverkehrsführung oder gemeinsam mit dem Fußverkehr ist jedoch ein separater Einsatz notwendig, und die Entwässerung erfolgt meist in Grünstreifen. Diese können als Lagerfläche für Schnee zum Einsatz kommen.

Generell sind in den Querschnitten der RASt bereits zahlreiche Anforderungen des Winterdienstes implizit berücksichtigt, so ist z. B. die Befahrbarkeit durch Schmalspurfahrzeuge gegeben, sofern die Breite eines (abgesetzten) Radwegs den RASt-Vorgaben entspricht.

Es zeichnet sich ab, dass der zusätzliche Bedarf nach Lagerflächen für Schnee die ohnehin bestehende Konkurrenz um Flächen im öffentlichen Raum noch weiter verstärken wird, dabei jedoch grundsätzlich harmonisiert mit den Flächenansprüchen, die sich aus Gründen der Klimaanpassung ergeben. Grundsätzlich sollten derartige Überlegungen daher bei der Neuauflage der RASt (ca. 2024) berücksichtigt werden.

Erkennbarkeit von Routen als Bestandteil des Winterradnetzes

Die Online-Befragung von Radfahrenden hat gezeigt, dass das in Karlsruhe vorhandene Winterradnetz kaum bekannt ist. Diejenigen Befragten, welche es bereits kennen, wünschen sich überwiegend mehr und klarere Informationen etwa zu den enthaltenen Strecken, und wann diese zuverlässig befahrbar gehalten werden. Dies entspricht auch den Erwartungen derjenigen, die kein Winterradnetz vor Ort haben oder es nicht kennen. Daher wird empfohlen, das Karlsruher Winterradnetz stärker zu bewerben und Informationen dazu zugänglicher zu machen. Als Kanäle eignen sich insbesondere Seiten und Portale im Internet, auf welchen auch andere Informationen zu Mobilitätsangeboten und Radverkehr dargestellt werden. Die grundsätzliche Gestaltung des Karlsruher Winterradnetzes kann als Vorbild für andere Kommunen dienen.



Bild 87: Piktogramm zur Beschilderung von Strecken in einem Winterradnetz

Ein im Rahmen eines Kreativwettbewerbs unter Studierenden eingereichtes und ausgewähltes Piktogramm (s. Bild 87) wird zur Ausweisung von in einem Winterradnetz integrierten Strecken empfohlen. Das Piktogramm kann als Zusatzsymbol einfach an vorhandene Wegweisungen für die Radwegebeschilderung angehängt werden. Das vorgeschlagene Piktogramm für die Beschilderung von Strecken in einem Winterradnetz ist verständlich und hat einen hohen Wiedererkennungswert (s. Kapitel 4.2.3). Da weit mehr als die Hälfte der Befragten eine Beschilderung als eine der wichtigsten Anforderungen an ein Winter-

radnetz nennt, wird empfohlen, auf dieser Basis eine durchgängige Beschilderung der Strecken in einem Winterradnetz anzustreben.

6.3 Cluster Radverkehr

Städte wie Kopenhagen zählen als Vorreiter einer radverkehrsfreundlichen Infrastruktur. In einigen europäischen Städten hat sich das Fahrradfahren auch im Winter etabliert und wird durch verschiedene Maßnahmen gefördert. Dazu zählt vor allem die Erhöhung der Akzeptanz in der Bevölkerung und die Umsetzung gezielter Maßnahmen, um den Radverkehr gesellschaftlich nicht mehr dem Kfz-Verkehr unterzuordnen. Zum Beispiel sind in Oulu die Dienstleister zur Sensibilisierung und Erhöhung der Sicherheit dazu verpflichtet, Events im Winter an den Winterwegen zu veranstalten. Durch diese Art der Öffentlichkeitsarbeit wird der Bevölkerung bewusst, dass das Radfahren auch im Winter möglich ist und auch die Unterstützung seitens der Dienstleister für einen winterlich optimierten Radverkehr gegeben ist.

Auch Tipps und Informationen für die saisonale Nutzung des Rades wie etwa Kleidung, Fahrradausstattung (Reifen, Licht, Zubehör) sollten über Social-Media oder Apps dem Radfahrer zur Verfügung gestellt werden. Ein wichtiger Schritt zur verbesserten Akzeptanz ist die Ausarbeitung der Radnetze und Winterradnetze in den Städten. Die Radfahrenden müssen über die Existenz eines Radnetzes und auch eines Winterradnetzes informiert und über dessen Eigenschaften, wie etwa Routenverlauf, Zielwegweisung und winterliche Betreuung informiert werden. Dies erfolgt z. B. über eine frei zugängliche, digitale Plan-darstellung beider Radnetze und eine detaillierte Beschilderung der Radrouten. Zusätzlich könnte eine zentrale Stelle eingerichtet werden, welche für das Thema Radverkehr im Winter zuständig ist. Diese wäre als Anlaufstelle für Informationen, Gestaltungsmaßnahmen, Verbesserungen und Tipps sowohl für Organisationen als auch private Radverkehrsnutzer geeignet.

In einigen Städten wurden bereits Aufklärungs- und Informationskampagnen zum Fahrradfahren im Winter durchgeführt. Teils werden hierfür eigene Flyer genutzt, meist besteht jedoch eine eigene Seite auf den jeweiligen lokalen Mobilitäts- oder Radverkehrs-Plattformen. Letztere bieten den Vorteil, dass Informationen gemeinsam mit anderen für den Radverkehr relevanten Inhalten gebündelt dargestellt werden und somit einfach aufzufinden sind. Außerdem können weitergehende Informationen, etwa Routenplaner oder (Winter-) Radnetze verlinkt werden. Solche Angebote sind insbesondere in größeren Städten wie Wien oder Toronto zu finden [Cycle Toronto 2021; Mobilitätsagentur Wien GmbH 2022]. Gerade in kälteren Regionen bieten aber auch kleinere Städte entsprechendes Infomaterial an, etwa Whitehorse im Norden Kanadas [City of Whitehorse 2021]. Beispiele für Flyer und Aufklärungs- und Informationsmaterial sind in Anhang 16 dargestellt. Das österreichische Verkehrsministerium schlägt in seinem Strategiepapier zum Radfahren im Winter ebenfalls Methoden vor, wie Radfahrende informiert werden können. Abgesehen von Portalen und Kanälen öffentlicher Träger werden auch in den sozialen Medien und Videoplattformen wie YouTube sowie in Foren Beiträge privater Nutzerinnen und Nutzer veröffentlicht, welche Erfahrungen und Tipps zum Fahrradfahren im Winter teilen.

Durch den heutigen Stand der Technik und auf Basis der digitalen Routenpläne können anhand von Echtzeitdaten über das Internet, Apps oder digitale Routenplaner Radfahrende auf Ihren Routen unterstützt werden und flexibel auf die jeweiligen Ereignisse reagieren. Beispielsweise können diese Echtzeitdaten, Schäden, Verunreinigungen, Ausfälle von Beleuchtungsanlagen, geräumte Streckenabschnitte durch den Winterdienst oder auch

Wiederholungseinsätze bei winterlichen Bedingungen beinhalten. Aufgrund von Unwissenheit über den Streckenverlauf, die Räumung oder auch die Sicherheit kann speziell in den Wintermonaten die Entscheidung gegen das Rad ausfallen. Durch diese Echtzeitdaten kann der Radverkehrsteilnehmer seine Route zuvor genau Planen und sämtliche Ereignisse überblicken.

Mit Neuheiten wie E-Bikes, Pedelecs und speziell die E-Scooter sollten auch Informationen in Bezug auf deren Ansprüche geteilt werden. Durch die Entwicklung solcher Fortbewegungsmittel ändern sich nicht nur die Ausstattung und die damit verbundenen Geschwindigkeiten, sondern auch die Nutzergruppen der Radverkehrsrouten. Durch die vermehrt benutzten E-Scooter entstehen aber auch neue Probleme die zukünftig zu neuen Lösungsansätzen führen. Da die E-Scooter keinen definierten Abstellplatz benötigen und damit an beliebigen Stellen abgestellt werden können, wird nicht nur die Befahrung mancher Streckenabschnitte zum Hindernis, sondern vielmehr die winterliche Betreuung der Winterradrouten unmöglich zu bewältigen. Die E-Scooter können die Räumung und Streuung bestimmter Wege und Abschnitte durch fehlerhafte Abstellung deutlich behindern und Stellen somit einen deutlichen Zeitverlust bei der winterdienstlichen Betreuung der Radwege dar. Daher kann es sinnvoll sein, in bestimmten Bereichen zur Verbesserung des Winterdienstes, saisonal Abstellverbote für E-Scooter zu definieren, so wie es auch aus anderen Gründen in einzelnen Städten bereits praktiziert wird. Möglich ist dies über die digitale Definition von Sperrflächen, in denen die E-Scooter, die über Verleihportale zeitweise gebucht werden, nicht zurückgegeben werden können.

Personen, die keine oder wenig Erfahrungen beim Fahrradfahren im Winter haben, bewerten winterliche Situationen deutlich negativer als Personen, die mit diesen häufig konfrontiert sind. Vorbehalte bestehen insbesondere gegenüber der winterlichen Witterung. Hier besteht daher Bedarf, bisher weniger im Winter fahrradfahrende Personen aufzuklären, etwa zu passender Ausrüstung oder den Routen, welche sicher und problemlos befahren werden können.

7 Bewertung der möglichen Maßnahmen auf Grundlage von Nutzen-Kosten-Analysen

7.1 Grundlagen der Bewertung

7.1.1 Eintretenswahrscheinlichkeit winterlicher Witterungszustände

Die Häufigkeit winterlicher Witterungszuschläge variiert in Deutschland aufgrund großräumiger klimatischer Bedingungen und der unterschiedlichen Höhenlagen erheblich. Generell wird das winterliche Klima im Westen und Norden eher durch maritime Einflüsse geprägt, die zu einer mildereren und feuchteren Witterung führen, während im Süden und Osten der kontinentale Einfluss mit trockeneren, aber auch kälteren Luftmassen stärker wird. Generell können in allen Regionen Deutschlands die verschiedenen winterlichen Witterungszustände auftreten, allerdings variiert die Eintretenswahrscheinlichkeit. Für den Winterdienst maßgebende Klimaparameter sind nach BADEL [2011] vor allem Neuschneehöhe, minimale Lufttemperatur und Niederschlag. Nach BADEL [2011] lassen sich für Bundesautobahnen vereinfacht folgende Streuszenarien definieren:

- Schneeglätte: Bedingung: Schneefall. Streuszenarium: einmal vorbeugend 20 g/m², alle 2 cm Schneefall 20 g/m², maximal 7 x 20 g/m² + 10 g/m² je cm Schneefall, maximal 160 g/m² je Tag; d. h. 1 Räumeeinsatz je 2 cm Neuschnee
- Glatteis oder Eisglätte: Bedingung: Minimale Lufttemperatur ≤ 0 °C, Niederschlagshöhe > 0 mm (kein Schneefall). Streuszenarium: 2 x 20 g/m² (einmal vorbeugend, einmal nach dem Niederschlag) 40 g/m² je Tag; d. h. 2 Streueinsätze je Tag mit Glatteis oder Eisglätte
- Reifglätte: Bedingung: Minimale Lufttemperatur ≤ 0 °C, kein Niederschlag, relative Luftfeuchte 90 %. Streuszenarium: 10 g/m² je Tag; d. h. 1 Streueinsatz je Tag mit Reifglätte

Aufgrund des gegenüber Autobahnen deutliche reduziertem Betreuungsaufwandes auf Radwegen (keine 24/7 Betreuung, weniger Wiederholungseinsätze) wird die Anzahl der Einsätze nur mit 50 % angesetzt. Weiterhin bleiben präventive Streueinsätze vor beginnendem Schneefall und erhöhte Anforderungen an Radschnellwegen unberücksichtigt.

Das von BADEL [2011] entwickelte Bemessungsmodell wurde auch im Rahmen des FE-Vorhabens „Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst (KliBet)“ [HOLLDORB et al. 2016] zur Abschätzung des Winterdienstumfangs angewandt. Im Rahmen dieses Projektes wurden u. a. die Neuschneehöhe sowie die Anzahl der Tage mit Glatteis oder Eisglätte sowie die Anzahl der Tage mit Reifglätte für zwölf über ganz Deutschland verteilte Meistereien (s. Bild 88 und Tabelle 26) ermittelt. Diese Meistereien bilden verschiedene Klimaregionen und Höhenlagen ab; sie sind allerdings nicht repräsentativ, sondern decken die Spannweite der Regionen ab.



Bild 88: Übersichtkarte über die Meistereien, für die im Rahmen des FE-Vorhabens (KliBet) Witterungsparameter ermittelt wurden [HOLLDORB et al. 2016]

Bundesland	Meisterei	Höhenlage [müNN]
Bayern	AM Rehaue	500 – 560
	SM Rödellaier	230 – 840
	SM Hausham	691 – 1123
Brandenburg	AM Erkner	40 – 68
	AM Gramzow	10 – 70
	SM Fürstenwalde	< 100 ¹⁾
	SM Elsterwerda	< 202
Baden-Württemberg	AM Ulm-Dornstadt	460 – 785
Hessen	AM Rodgau	100 – 145
	SM Offenbach	85 – 110
Nordrhein-Westfalen	AM Rheinberg	25
	SM Legden	< 151

¹⁾ eigene Abschätzung

Tab. 26: Höhenlage der berücksichtigten Meistereien, Datengrundlage: [HOLLDORB et al. 2016]

Im Rahmen des FE-Vorhabens KliBet wurden die Eintretenswahrscheinlichkeiten für die Witterungsparameter für jeweils 20-jährige Prognosezeiträume mit Hilfe des regionalen statistischen Prognosemodells STARS abgeschätzt, mit dem auf Tageswertbasis jeweils 100 Realisierungen berechnet wurden. Basis für die Abschätzung der globalen CO₂-Emissionen ist das RCP 8.5-Szenario [HOLLDORB et al. 2016]. In Tabelle 27 sind die Witterungsparameter für die zwölf betrachteten Meistereien für die Perioden 2011 – 2030 und 2031 – 2050 zusammengestellt. Tabelle 28 enthält die daraus mit Hilfe der oben dargestellten Streuszenarien abgeleitete Anzahl der Einsätze und den Streusalzverbrauch je m² Radweg.

Meisterei	Neuschneehöhe [cm] pro Jahr		Anzahl Glatteis- oder Eisglättetage pro Jahr [-]		Anzahl Reifglättetage pro Jahr [-]	
	2011 – 2030	2031 – 2050	2011 – 2030	2031 – 2050	2011 – 2030	2031 – 2050
SM Elsterwerda	27,3	18,5	30,6	24,1	6,6	4,9
SM Fürstenwalde	27,2	19,5	31,1	24,6	7,2	5,6
AM Erkner	27,4	19,6	37,0	29,9	5,4	4,2
AM Gramzow	27,2	19,0	33,9	27,0	7,0	5,4
SM Hausham	168,2	132,3	32,5	28,9	2,2	1,6
SM Rödelmaier	54,7	40,3	35,8	30,3	7,0	5,9
AM Rehau	80,4	61,2	32,7	28,0	6,3	4,9
AM Ulm-Dornstadt	87,7	66,1	36,9	31,5	8,4	6,5
SM Offenbach	16,2	10,2	19,7	15,3	2,2	1,8
AM Rodgau	17,4	11,0	20,2	15,8	2,5	2,0
SM Legden	16,9	10,5	18,8	13,7	4,1	2,9
AM Rheinberg	12,9	7,9	18,5	13,5	2,3	1,7
Mittelwert	47,0	34,7	29,0	23,6	5,1	4,0

Tab. 27: Prognostizierte winterdienstrelevante Witterungsparameter für die berücksichtigten Meistereien, Datengrundlage: [HOLLDORB et al. 2016]

Tabelle 27 lässt eine erhebliche Spannweite im prognostizierten Winterdienstumfang je nach Lage und Höhenlage der Regionen erkennen. Die Anzahl der Räum- und Streueinsätze ist in den Regionen in Mittelgebirgslage bzw. im Voralpengebiet erheblich höher als im Flachland, wobei der Umfang für die östlich gelegenen Regionen ebenfalls signifikant höher ist. Bei den Streueinsätzen ist die Spannweite geringer, ihre Anzahl ist in den östlichen Regionen im Flachland in gleicher Größenordnung wie in Mittelgebirgslage und im Voralpengebiet. In den im Westen liegenden Regionen im Flachland ist ihre Anzahl hingegen nur ca. halb so hoch. Entsprechend der Verteilung der Anzahl der Räum- und Streueinsätze ist für den Streustoffverbrauch eine Clusterung in 3 Größenordnungen erkennbar: Den höchsten Streustoffverbrauch haben die Regionen in Mittelgebirgslage und im Voralpengebiet, der geringste Streustoffverbrauch ist in den Flachlandregionen im Westen zu erwarten. Für die flachen Regionen im Nordosten sind mittlere Werte prognostiziert.

Meisterei	Anzahl Räum- und Streueinsätze pro Jahr [-]		Anzahl Streueinsätze pro Jahr [-]		Streusalzverbrauch pro Jahr [g/m ²]	
	2011 – 2030	2031 – 2050 ¹⁾	2011 – 2030	2031 – 2050 ¹⁾	2011 – 2030	2031 – 2050 ¹⁾
SM Elsterwerda	7	5	34	27	782	599
SM Fürstenwalde	7	5	35	28	794	618
AM Erkner	7	5	40	32	904	717
AM Gramzow	7	5	38	30	849	662
SM Hausham	43	34	34	30	1.502	1.248
SM Rödelmaier	14	11	40	34	1.025	837
AM Rehau	21	16	36	31	1.088	891
AM Ulm-Dornstadt	22	17	42	35	1.219	993
SM Offenbach	5	3	21	17	486	366
AM Rodgau	5	3	22	17	504	381
SM Legden	5	3	21	16	481	341
AM Rheinberg	4	2	20	15	446	318
Mittelwert	12	9	32	26	841	666

¹⁾ Aufgrund des beschleunigten Klimawandels sind diese Prognosewerte bereits unmittelbar maßgebend

Tab. 28: Prognostizierter Winterdienstumfang für Radwege in den Regionen der berücksichtigten Meistereien

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels werden durch den Vergleich der Prognosen für die Perioden 2011 – 2030 und 2031 – 2050 deutlich. Die Anzahl der Räumeneinsätze geht im Mittel um 25 % zurück, für die Streueinsätze ist im Mittel ein Rückgang von 19 % zu verzeichnen. Dementsprechend reduziert sich der Streustoffbedarf insgesamt um 21 %. Die stärksten Rückgänge sind für die Regionen im Flachland zu verzeichnen, hier reduzieren sich die Räumeneinsätze um 30 bis 50 % und die Streueinsätze um 19 bis 25 %. In Mittelgebirgslagen und im Voralpengebiet ist der Rückgang dementsprechend geringer.

Im Rahmen des FE-Vorhabens KliBet wurden die Witterungsparameter auch für eine weitere Periode von 2061 bis 2080 prognostiziert. Für diese Periode ist ein weiterer signifikanter Rückgang der winterlichen Witterungsperioden erkennbar, so dass auch die Anzahl der Winterdienstesinsätze und der Streustoffverbrauch langfristig noch stärker reduziert werden [HOLLDORB et al. 2016]. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass das zugrundeliegende RCP 8.5-Szenario für den Anstieg der globalen CO₂-Emissionen voraussichtlich bereits überholt ist und mit einem stärkeren Anstieg der CO₂-Emissionen als hierin prognostiziert zu rechnen ist. Im aktualisierten SSP-8.5 Szenario wird bereits für 2040 eine um 7,7 % erhöhte globale CO₂-Emission prognostiziert (s. Bild 89). Somit ist davon auszugehen, dass bereits für die unmittelbare Zukunft auch die erst für die Periode 2031 bis 2050 prognostizierten Werte relevant sind

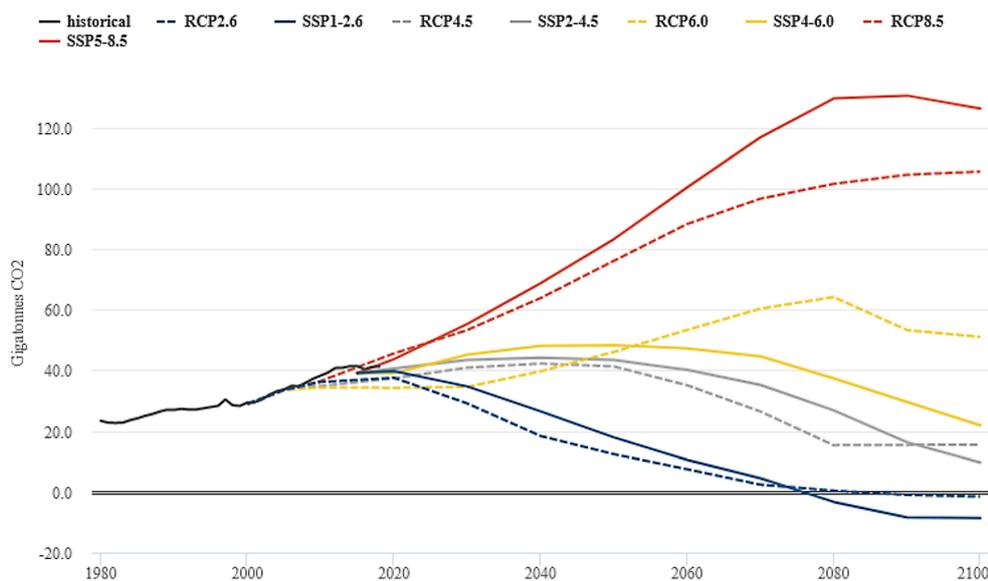


Bild 89: CO₂-Emissionen bei den vergleichbaren CMIP5- (RCPxx) und CMIP6 (SSPxx)-Szenarien [HAUSFATHER 2019]

Diese Abschätzungen zum prognostizierten Winterdienstumfang sind Durchschnittswerte, die den mittleren Umfang des Winterdienstes wiedergeben. Generell ist der Verlauf der winterlichen Witterung und damit auch des Winterdienstumfangs sehr volatil, so dass in einzelnen Jahren ein erheblich höherer Winterdienstumfang auftreten kann. Bei extremen Winterperioden kann der Winterdienstumfang zwei- bis dreimal höher als die Mittelwerte liegen, bei extrem milden Wintern auch nur bei einem Viertel des Mittelwertes, wie sich aus den Simulationsrechnungen im Rahmen des FE-Vorhabens „KliBet“ ableiten lässt [HOLLDORB et al. 2016]. Weiterhin wird das Auftreten extremer Witterungslagen durch den Klimawandel tendenziell zunehmen.

7.1.2 Methodik Kosten

Die Kosten werden in der Regel als Jahreskosten bei der Nutzen-Kosten-Abschätzung berücksichtigt. Um die Kosten möglicher Maßnahmen abzuschätzen, wurden, soweit verfügbar, Kostensätze aus den beteiligten Kommunen Karlsruhe, Köln und München herangezogen. Dies betrifft insbesondere die Kosten für den Winterdienst.

Die Kosten für den Einsatz von Fahrzeugen (Großfahrzeuge, Kleingeräteträger), Maschinen (Streumaschinen für unterschiedliche Streustoffe, Front-Kehrwalze, Pflug) und Personal fließen als durchschnittliche Kostensätze ein, wobei nicht die absoluten Kosten für den Winterdienst, sondern nur Differenzkosten der Maßnahmen angesetzt wurden. Auch für die Kosten zum Einsatz von Fremdunternehmern wurde auf Daten der beteiligten Kommunen zurückgegriffen werden. Grundlage waren aktuelle Kostendaten mit Stand 2021.

Für den Einsatz von Personal, Fahrzeugen und Geräten sind Stundensätze sowie durchschnittliche Investitionen in Tabelle 29 zusammengestellt.

Für den Einsatz spezifischer, in den Kommunen nicht oder nur vereinzelt eingesetzter Ressourcen (z. B. mobile Streustofflager), wurden ergänzend Kostenangaben von Herstellern oder anderen bekannten Anwendern abgefragt. Diese wurden bei Bedarf mit Hilfe von geschätzten Lebensdauern in Jahreskosten umgerechnet.

Personalkosten	Kostensätze
Einsatzleiter	78,00 €/h
Fahrer Winterdienstfahrzeug	49,00 €/h
Fahrzeugkosten (Vollkosten, inkl. Fahrer und Geräte)	
Lkw für den Winterdienst	145,00 €/h
Kleingeräteträger für den Winterdienst	145,00 €/h
Durchschnittliche Investitionen	
Streumaschine für Lkw	50.000 €
Streumaschine für Geräteträger	25.000 €
Frontpflug Lkw	11.000 €
Front-Kehrwalze	5.000 €
Rotierende Schneeräummaschine	30.000 €
Mobiles Streustoffsilo	11.000 €

Tab. 29: Anzusetzende durchschnittliche Kostensätze für Personal, Fahrzeuge und Geräte

Weitergehende Maßnahmen, z. B. im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit, bleiben bei der Kostenermittlung unberücksichtigt, da sich diese nicht konkret abschätzen lassen. Diese Maßnahmen werden in den Empfehlungen weitgehend qualitativ bewertet.

7.1.3 Methodik Nutzen

Den höheren Kosten für einen verbesserten Winterdienst stehen zwei wesentliche volkswirtschaftliche Nutzenkomponenten gegenüber.

- 1) Eine verbesserte Befahrbarkeit von Radverkehrsanlagen im Winter kann dazu führen, dass Fahrten mit dem Fahrrad anstatt mit dem Pkw zurückgelegt werden (Modal Shift). Daraus ergeben sich
 - a) unmittelbar die Einsparung der fahrzeugspezifischen Emissionen,
 - b) Nutzen durch geringere streckenabhängige Betriebskosten von Fahrrädern gegenüber Pkw sowie

- c) ein gesundheitlicher Nutzen durch die zusätzliche Bewegung.
- 2) Es können Stürze (insbesondere aufgrund von Glätte) vermieden werden.

Eine Berechnung von Kosten und Nutzen verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung des Winterdienstes (Intensivierung der Einsätze, Bedienung zusätzlicher Routen, etc.) wurde am Beispiel der Stadt Karlsruhe in Form verschiedener Szenarien vorgenommen. Entsprechend Tabelle 28 wurden 3 Räum- und 17 Streueinsätze pro Jahr angesetzt. Die kompletten Ergebnistabellen für ein Szenario sind exemplarisch im Anhang 17 dargestellt.

Die Methodik der Monetarisierung der o. g. Nutzenkomponenten wird zunächst in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Modal Shift:

Als Ausgangsbasis für die o. g. Berechnungen dienten die Mobilitätskennwerte aus Karlsruhe:

- Anzahl Einwohner
- mittlere Anzahl der Wege pro Einwohner und Tag
- mittlere Länge pro Fahrt mit dem Rad
- Anteil des Radverkehrs am Modal Split (in der Wintersaison)

Aus der online-Umfrage im Rahmen des Projekts wurde ermittelt, dass 56 % der Radfahrenden auf den Pkw umsteigen, sofern die Nutzbarkeit der Radverkehrsinfrastruktur durch Eis oder Schnee beeinträchtigt ist. Auf Basis der Mobilitätsdaten und anhand der Anzahl der pro Streusaison zu erwartenden Tage mit Schnee- oder Eisereignissen (s. Kapitel 7.1.1) lassen sich folglich die durch fehlenden Winterdienst entfallenden Fahrrad-Kilometer abschätzen.

Im Umkehrschluss wird unterstellt, dass bei einem ‚perfekten Winterdienst‘ die derzeit witterungsbedingt mit dem Pkw zurückgelegten Kilometer zukünftig ebenfalls mit dem Rad zurückgelegt werden.

Emissionen und Unterhaltskosten

Das Umweltbundesamt [UBA 2020] hat eine CO₂-Einsparung des Radverkehrs um 0,152 kg/km gegenüber dem Pkw ermittelt, für die Unterhaltskosten eines Fahrrades 0,10 €/km, für einen Mittelklasse-Pkw 0,90 €/km und für einen Oberklasse-Pkw 3 €/km [UBA 2021]. Ein volkswirtschaftlicher Nutzen oder Schaden durch eine möglicherweise längere Fahrzeit auf dem Fahrrad als mit dem Pkw wird nicht berücksichtigt, da die Reisezeit im innerstädtischen Bereich mit dem Fahrrad – wenn überhaupt – nur geringfügig länger ist als mit dem Auto oder dem ÖPNV.

Damit lässt sich der unmittelbar von den gefahrenen km abhängige volkswirtschaftliche Nutzen aufgrund der Einsparung von Emissionen und Unterhaltskosten der Fahrzeuge ermitteln.

Gesundheit: Krankheitstage

Wer mit dem Rad zur Arbeit fährt, ist im Schnitt 1,85 Tage pro Jahr weniger krankgeschrieben als Kolleginnen und Kollegen, die mit dem Auto zur Arbeit kommen [KEMEN 2016]. Ein Krankheitstag verursacht dabei 320 € volkswirtschaftlichen Schaden [BAST 2021b]. In der Untersuchung von KEMEN [2016] wurde jedoch nicht ermittelt, an wie vielen Tagen

pro Jahr und über welche Entfernung die Radfahrten zu erfolgen haben, damit der gesundheitliche Effekt eintritt. Näherungsweise wird daher auf die von der BASt im Rahmen der Nutzen-Kosten-Analyse von Radschnellverbindungen [LANGE, MALIK 2019] ermittelte gesundheitlich wirksame Länge eines mit dem Rad zurückgelegten Weges von mindestens 3,8 km zurückgegriffen. Ebenfalls ermittelt wurde dabei der monetarisierte Nutzen aufgrund einer reduzierten Sterblichkeit durch mehr Bewegung. Dieser wird als „reduzierte Sterblichkeitsrate“ mit einem Wert von 0,036 €/km Radfahrt angegeben. Begrifflichkeit und monetarisierte Wert wurden in den in Kapitel 7.3 bzw. im Anhang 17 dargestellten Tabellen übernommen.

Nach MiT sind 6 % der mit dem Fahrrad zurückgelegten Wege länger als 3,8 km und damit relevant für die Reduzierung der Krankheitstage [MiT 2017].

Es ist davon auszugehen, dass ganzjährige Pkw-Nutzer durch die Verbesserung des Winterdienstes an einigen Tagen im Jahr nicht zu ganzjährigen Radfahrenden werden. Daher wurde annähernd unterstellt, dass der gesundheitliche Nutzen (Krankheitstage und reduzierte Sterblichkeit) anteilig für die Anzahl der Tage eintritt, an denen diese nicht witterungsbedingt vom Rad auf den Pkw ausweichen.

Unfallkosten

Bei der Monetarisierung von Unfällen wird davon ausgegangen, dass durch den ‚perfekten Winterdienst‘ Unfälle mit den Merkmalen „Radverkehr“ und „Schnee- oder Eisglätte“ vermieden werden können. Anhand der polizeilichen Unfallstatistiken kann die Anzahl dieser Unfälle i. d. R. für die relevanten (Winter)zeiträume und differenziert nach Unfallschwere ermittelt werden.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen ermittelt regelmäßig die volkswirtschaftlichen Kosten der verschiedenen Unfallkategorien [BASt 2021b], so dass zusammen mit Anzahl und Schwere der witterungsbedingten Radverkehrsunfälle die vermeidbaren Unfallkosten ermitteln lassen.

Erfassung und Gegenüberstellung der genannten Kosten- und Nutzenkomponenten wurden tabellarisch vorgenommen und auf verschiedene Szenarien zur Planung und Bewertung von Maßnahmen (Auswahl der Maßnahmen vgl. Kap. 7.2) angewendet. Die Beschreibung der Szenarien und deren Bewertung anhand der oben vorgestellten Methodik erfolgt in Kapitel 7.3).

7.2 Auswahl der zu bewertenden Maßnahmen

Anhand der Rechercheergebnisse und durchgeführten Versuche im Rahmen des Forschungsprojektes (vgl. Kapitel 6) wurden bestimmte Maßnahmen, welche als potenzielle Empfehlungen für zukünftig optimierten Winterdienst auf Radwegen gelten, auf deren Nutzen- Kosten-Verhältnis überprüft. Aus den Untersuchungsdaten und den internationalen sowie nationalen Interviews haben sich folgende sieben Maßnahmen für die detaillierte Untersuchung und Ausarbeitung ergeben:

- Szenario 1: Separate Betreuung von Radfahrstreifen und Schutzstreifen
- Szenario 2: Durchgängige Durchfahrbarkeit von Absperrungen
- Szenario 3: Einsatz von semimobilen Nachladestationen
- Szenario 4: Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs

- Szenario 5: Betreuung von Radwegen untergeordneter Priorität
- Szenario 6: Integration von Radwegeverbindungen auf Anliegerstraßen
- Szenario 7: Piktogramm zur Beschilderung von Strecken in einem Winterradnetz

Diese Maßnahmen werden auf Grundlage von Auswertungsdaten der Stadt Karlsruhe in einer Kosten-Nutzen-Berechnung auf deren Potenzial berechnet und letztlich eine Empfehlung für oder gegen eine Maßnahme ermittelt.

7.3 Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten für ausgewählte radverkehrsfördernde Maßnahmen durch den Winterdienst

Im Folgenden werden sieben ausgewählte Maßnahmen in Form von Szenarien betrachtet und quantitativ am Beispiel von Daten aus Karlsruhe bewertet. Gemäß den in Kapitel 7.1.1 beschriebenen Eintretenswahrscheinlichkeiten werden in den Szenarien für Karlsruhe durchschnittlich 3 Schneefalltage und 17 Tage mit Glättegefahr angesetzt.

7.3.1 Szenario 1: Separate Betreuung von Radfahrstreifen und Schutzstreifen

Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen werden im Winterdienst in der Regel vom Straßenwinterdienst betreut. Im Falle der Schneeräumung wird allerdings aufgrund der Räumbreite nur der Kfz-Fahrstreifen geräumt, so dass Radfahrstreifen oder Schutzstreifen winterlich glatt bleiben oder sogar durch den abgelegten Schnee nicht mehr befahrbar sind. In der Folge muss der Radverkehr auf den Kfz-Fahrstreifen ausweichen (s. Bild 90). Die Gefährdung der Radfahrenden wird enorm verstärkt, wenn im geräumten Fahrstreifen zusätzlich Straßenbahnschienen verlaufen, da dies ein erhöhtes Sturzrisiko mit sich führt.

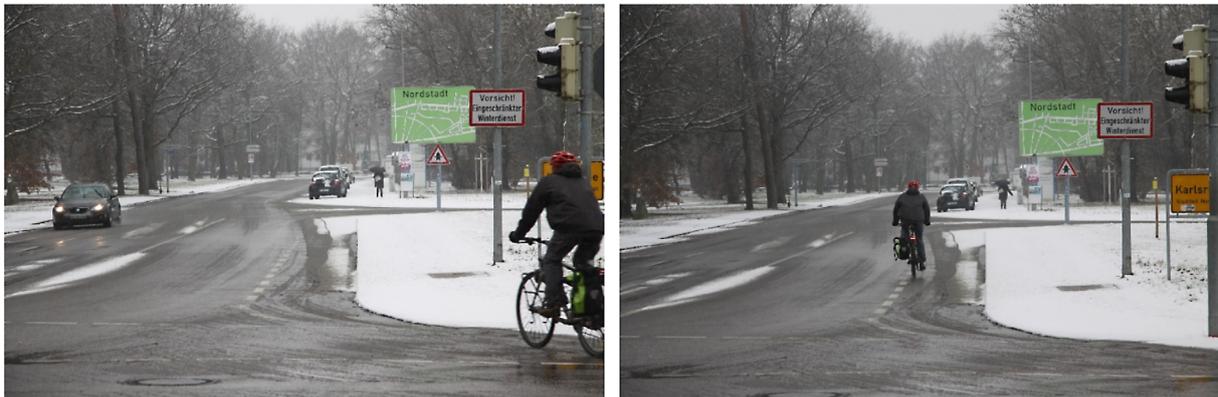


Bild 90: Radfahrer muss auf Fahrstreifen ausweichen (Bild: CYPRA)

Um diese Gefährdungspotenziale zu minimieren, muss der Straßenwinterdienst die betroffenen Abschnitte zweimal unmittelbar nacheinander oder durch zwei Fahrzeuge in einer Räumstaffel räumen. Dadurch wird auch vermieden, dass ein bereits durch den Winterdienst für Radwege geräumter Radfahrstreifen nachträglich durch den Straßenwinterdienst wieder mit Schnee zugeschoben wird.

Im Untersuchungsraum Karlsruhe sind im gut 531 km langen Hauptradnetz 29,3 km Radfahrstreifen und 9,5 km Schutzstreifen, in Summe 38,8 km. Das entspricht rund 7,3 % des gesamten Radnetzes.

Bei einer durchschnittlichen Räumgeschwindigkeit des Straßenwinterdienstes von 20 km/h wäre das ein Mehraufwand von knapp zwei Stunden pro Einsatz. Da nicht immer auf beiden Seiten ein Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen angelegt ist, entstehen zusätzliche Leerwege. Weiterhin liegen die betroffenen Streckenabschnitte nicht an einem Stück vor, sondern sind über das Stadtgebiet verteilt, was zu Änderungen in den Routenplanungen führen kann. Um diese Zusatzeinflüsse zu berücksichtigen, wird der doppelte Wert des reinen Mehraufwandes für die weiteren Betrachtungen herangezogen, in diesem Szenario erhöht sich die Einsatzdauer auf vier Stunden.

Die Berechnung von Kosten und Nutzen wurde im Tabellenkalkulationsprogramm Excel vorgenommen. Die Tabellenblätter sind für dieses erste Szenario im Anhang 17 vollständig abgebildet und zeigen die einzelnen Rechenschritte und Eingangsdaten.

Der besseren Lesbarkeit halber wird in Tabelle 30 nur das zusammenfassende Gesamtergebnis der Berechnung dargestellt.

Nutzenkomponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Nutzen (€/Jahr)
Emissionen	Eingespartes CO ₂	9.429,7	kg CO ₂ /a	0,201	€/kg CO ₂	1.895,37 €
Gesundheit	vermeidbare Krankentage	154,7	d/a	320,16	€/d	49.520,11 €
	reduzierte Sterblichkeit	19.239,0	km/a	0,036	€/km	656,61 €
	vermeidbare Personenschäden	0,280	Unfälle/a	47.689,62	€/Unfall	13.375,68 €
	vermeidbare Sachschäden	0,023	Unfälle/a	22.422,00	€/Unfall	516,89 €
Unterhaltskosten	eingesparte MIV Kilometer	62.038	km/a	1,35	€/km	83.750,70 €
Kostenkomponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Kosten (€/Jahr)
Winterdienst	Einsatzkosten	23,64	h/a	145,33	€/h	3.435,44 €
	anzuschaffende Extras	15	Nutzungsjahre	10.750,00	€	- €
	Streustoffe	4,66	to/a	65,82	€/to	306,44 €
Fremdunternehmer	Einsatzkosten	0	h/a	#DIV/0!	€/h	- €
	Bereitschaftskosten	0	stk	3.600,00	€	- €
Nutzen/Jahr (€/Jahr):						149.715,36 €
Kosten/Jahr (€/Jahr):						3.741,88 €
Nutzen/Kosten Verhältnis:						40,01

Tab. 30: Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse für das Szenario „Separate Betreuung von Schutzstreifen“

Zu erwartender Nutzen beim angenommenen Szenario

Im Schnitt herrschen in Karlsruhe an 20 Tagen/Jahr winterliche Verhältnisse (vgl. Tabelle 28), was für 56 % der Radfahrenden ein Grund ist, an solchen Tagen auf andere Verkehrsmittel umzusteigen (vgl. Kap. 4.2.2). Der Fahrrad-Anteil am Modal Split beträgt in Karlsruhe 26,8 % bei einer durchschnittlichen Wegelänge von 2,6 km bei Radfahrten [Stadt Karlsruhe 2020]. Insgesamt entfallen dadurch im Stadtgebiet jährlich ca. 850.000 Rad-km. Die zusätzliche winterliche Betreuung von 38,8 km Radnetz in Karlsruhe ist anzunehmen, dass Nutzende des MIV auf das Fahrrad umsteigen. Unter der Annahme, dass dieser Umstieg anteilig zu der zusätzlich betreuten Strecke (7,3 % des Radnetzes) erfolgt, würde in diesem Szenario ein „Verlust“ von 62.000 Rad-km vermieden. Mit einer durchschnittlichen CO₂-Emission von 152 g/km [UBA 2021] und Klimakosten von 20,1 ct/kg CO₂ [UBA 2020] führt

dieser Modal Shift zu einer jährlichen Einsparung in Höhe von ca. 9,4 t CO₂. bzw. einem monetären Umweltnutzen von ca. 1.900 €.

Aufgrund der erhöhten körperlichen Tätigkeit des Radfahrens sind bei Radfahrenden weniger Krankentage zu erwarten. Etwas mehr als 154 Krankentage pro Jahr lassen sich in diesem Szenario einsparen. Dies entspricht einem volkswirtschaftlichen Nutzen von ca. 49.500 € pro Jahr.

Die erhöhte körperliche Tätigkeit spiegelt sich auch in einer reduzierten Sterblichkeitsrate wider. Mit ca. 18.200 gefahrenen Kilometern pro Jahr, welche einen Einfluss auf ein geringeres Sterberisiko haben, entsteht ein volkswirtschaftlicher Nutzen von ca. 650 € pro Jahr.

Unfälle, welche auf Schnee oder Eis zurückzuführen sind, lassen sich durch verbesserte winterdienstliche Betreuung reduzieren. Durch dieses Szenario reduzieren sich Personenschäden um 13,375 € pro Jahr und Sachschäden um 516 € pro Jahr. Insgesamt ist anzunehmen, dass 0,3 Unfälle pro Jahr verhindert werden und dadurch ein volkswirtschaftlicher Nutzen von ca. 13.891 € pro Jahr erzielt wird.

Durch den zu erwartenden Modal Shift lassen sich 62.000 km, welche normalerweise mit dem MIV zurückgelegt werden, nun mit dem Fahrrad zurücklegen. Durch den großen Unterschied zwischen Betriebskosten eines Fahrrads und dem eines motorisierten Fahrzeugs lassen sich volkswirtschaftliche Nutzen von ca. 83.700 € pro Jahr realisieren.

Der kumulierte Nutzen beläuft sich in diesem Szenario auf ca. 149.000 € pro Jahr.

Zu erwartende Kosten beim angenommenen Szenario

Durch die zusätzlichen Einsatzstunden steigen die Einsatzkosten um rund 3.400 € pro Jahr. In den Einsatzkosten sind Personal-, Geräte- und Fahrzeugkosten berücksichtigt. Die zusätzlich ausgebrachten Streustoffmengen erhöhen die Kosten um weitere rund 300 €. Damit belaufen sich die Gesamtkosten des Szenarios auf 3.700 € pro Jahr.

Bewertung

Aus diesem Szenario ergibt sich ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis von 40:1. Daher ist diese Maßnahme aus volkswirtschaftlicher Sicht auf jeden Fall zu empfehlen.

Der größte Teil der Nutzen entsteht durch die eingesparten Betriebskosten auf Nutzerseite. Diese machen ca. 55 % des gesamten Nutzens aus. Mit ca. 33 % steht der potenzielle Nutzen der einzusparenden Krankheitstage an zweiter Stelle. Dagegen sind die Einsatzkosten von 3.700 € pro Jahr als gering anzusehen.

7.3.2 Szenario 2: Durchgängige Durchfahrbarkeit von Absperrungen

Damit Fahrzeuge in Wege oder auf Plätze nicht unberechtigt einfahren können, werden die entsprechenden Zufahrten mit Pfosten, Abschränkungen oder Steinen abgesperrt. Die Praxis zeigt allerdings immer wieder, dass die Abstände zwischen den Absperrereinrichtungen nicht groß genug sind, damit Kleingeräteträger des Winterdienstes diese durchfahren können.

In solchen Fällen muss der Fahrende vor der Absperrung anhalten, aussteigen und den Pfosten entfernen (s. Bild 91). Anschließend mit dem Fahrzeug durch die Absperrung fahren, erneut anhalten und aussteigen und den Pfosten wieder einsetzen.



Bild 91: Pfostenabspernung kann nur durch Herausnehmen eines Pfostens durchfahren werden (Bild: MÄRZ)

In Abhängigkeit der betreuten Streckenabschnitte in der Stadt befinden sich durchschnittlich drei Abspernungen, die von Winterdienstfahrzeugen nicht direkt durchfahren werden können (s. Kapitel 3.6). Pro Hindernis bedeutet das eine vermeidbare Verlustzeit von einer Minute, in Summe als drei Minuten. Um diese Zeit kann der Winterdienst beschleunigt werden. Dieses Szenario betrifft nur Kleingeräteträger bei der Betreuung von Radverkehrsanlagen, tritt aber an allen Räum- und Streutagen auf.

Zu erwartender Nutzen beim angenommenen Szenario

Dieses Szenario weist keinen monetarisierbaren Nutzen auf. Durch die Zeiteinsparung bei der Hindernisbeseitigung ist das Streckennetz zwar frühzeitiger verkehrssicher, und damit ist definitiv ein Nutzen vorhanden, dieser lässt sich allerdings nicht in konkreten Zahlen ausdrücken.

Zu erwartende Kosten beim angenommenen Szenario

Die Kosten des Szenarios beziehen sich lediglich auf den entstehenden Mehraufwand durch die Hindernisbeseitigung. Mit Mehrkosten von 170 € pro Jahr ist der Wert allerdings sehr gering, vor allem in Verbindung mit Einsätzen fällt dieser Wert kaum ins Gewicht.

Bewertung

Dieses Szenario zeigt Planungsfehler auf. Obwohl zusätzliche Einsatzkosten anfallen, würden Maßnahmen zur Beseitigung dieser Hindernisse noch mehr Geld in Anspruch nehmen. Beispielsweise belaufen sich die Kosten für die Umsetzung eines Absperpfostens auf ca. 1000 €. Die Umsetzung würde, aus wirtschaftlicher Sicht, keinen Sinn ergeben und wird daher nicht empfohlen.

Damit Abspernungen ohne Anhalten durchfahren werden können, muss der Mindestabstand 1600 mm betragen. Ein Durchfahren von anderen Fahrzeugen wird hiermit immer noch verhindert. Werden diese Mindestabstände bereits in der Planung berücksichtigt, können zusätzliche Kosten vermieden werden und der Winterdienst könnte frühzeitiger ein verkehrssicheres Streckennetz für Radfahrende bereitstellen.

7.3.3 Szenario 3: Einsatz von semimobilen Nachladestationen

Durch das Aufstellen von semimobilen Nachladestationen können Leerfahrten zur Nachladung von Streustoffen erheblich reduziert werden. Die dezentralen Zwischenlager sollten dafür in die jeweiligen Strecken an zentralen Punkten in die Routen integriert werden, so dass gegebenenfalls mehrere Fahrzeuge diesen Nachladepunkt nutzen können.

In dem betrachteten Szenario wird angenommen, dass durch Aufstellen einer semimobilen Nachladestation eine zu betreuende Route um 20 km verlängert und zusätzlich betreut werden kann. Hierbei entstehen neben Kosten für den zusätzlichen Winterdienst auch Kosten für den Einsatz der semimobilen Nachladestation.

Nutzen-komponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Nutzen (€/Jahr)
Emissionen	Eingespartes CO ₂	4.861,1	kg CO ₂ /a	0,201	€/kg CO ₂	977,09 €
Gesundheit	vermeidbare Krankentage	79,7	d/a	320,16	€/d	25.528,32 €
	reduzierte Sterblichkeit	9.402,5	km/a	0,036	€/km	338,49 €
	vermeidbare Personenschäden	0,145	Unfälle/a	47.689,62	€/Unfall	6.895,35 €
	vermeidbare Sachschäden	0,012	Unfälle/a	22.422,00	€/Unfall	266,46 €
Unterhaltskosten	eingesparte MIV Kilometer	31.981	km/a	1,35	€/km	43.174,68 €
Kosten-komponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Kosten (€/Jahr)
Winterdienst	Einsatzkosten	38,11	h/a	145,33	€/h	5.570,98 €
	anzuschaffende Extras	15	Nutzungsjahre	10.750,00	€	716,67 €
	Streustoffe	9,20	to/a	65,82	€/to	605,58 €
Fremdunternehmer	Einsatzkosten	0	h/a	#DIV/0!	€/h	- €
	Bereitschaftskosten	0	stk	3.600,00	€	- €
Nutzen/Jahr (€/Jahr):						77.180,40 €
Kosten/Jahr (€/Jahr):						6.893,23 €
Nutzen/Kosten Verhältnis:						11,20

Tab. 31: Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse bei Szenario „Einsatz von semimobilen Nachladestationen“

Zu erwartender Nutzen beim angenommenen Szenario

Durch die 20 km, welche in diesem Szenario zusätzlich betreut werden, ist es möglich ca. 4,8 t CO₂ pro Jahr einzusparen. Dies entspricht einem Umweltnutzen von 980 €.

Der zu erwartende Modal Shift und der damit einhergehenden erhöhten körperlichen Tätigkeit des Fahrradfahrens lassen sich in diesem Szenario 79 Krankentage im Jahr vermeiden. Dies führt zu einem volkswirtschaftlichen Nutzen von ca. 25.500 €.

Mit dieser Maßnahme werden jedes Jahr ungefähr 32.000 MIV – Kilometer eingespart. Die daraus eingesparten Betriebskosten erreichen jährlich 43.100 €.

Der kumulierte Nutzen beläuft sich in diesem Szenario auf 77.100 € pro Jahr.

Zu erwartende Kosten beim angenommenen Szenario

Die entstehenden Kosten setzen sich aus den Einsatzkosten und Streustoffen für die 20 zusätzlich betreuten Kilometern und den Kosten für die semimobile Nachladestation zusammen.

Die reinen Einsatzkosten belaufen sich auf ca. 6.200 € pro Jahr, wovon ca. 10 % die Kosten auf die Streustoffe anfallen.

Die Kosten für die semimobile Nachladestation sind stark von der Einsatzdauer abhängig. In diesem Szenario wurden 15 Einsatzjahre angenommen, so dass jährlichen Kosten von ca. 720 € anfallen.

Die Gesamtkosten des Szenarios belaufen sich damit auf 6.900 € pro Jahr.

Bewertung

Dieses Szenario weist ein Nutzen – Kosten Verhältnis von 11:1 auf. Damit ist dieses Szenario als volkswirtschaftlich sehr positiv zu werten.

Durch die schnellere Betreuung können die zu betreuenden Streckenabschnitte verlängert und eine frühzeitigere, sichere Befahrung der Radwege bei winterlichen Bedingungen sichergestellt werden.

Die Kosten für die semimobile Nachladestation beträgt in diesem Szenario gut 10 % der Einsatzkosten. Vor allem auf Grund der verminderten Leerwege und die daraus resultierende schnellere winterdienstliche Betreuung ist in diesem Szenario positiv zu bewerten.

7.3.4 Szenario 4: Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs

In der Winterdienstplanung eines Winterradnetzes ist es das Ziel, durchgängige Radrouten ohne Unterbrechung zu betreiben. Dies kann durch eine priorisierte Betreuung von Radrouten durch Zuordnung zu einzelnen Kleingeräteträgern ohne Mitnutzung des Straßenwinterdienstes gewährleistet werden. In dem betrachteten Szenario kann durch den Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs eine zusätzliche Radroute von 25 km Länge durchgängig im Winterdienst betreut werden.

Nutzenkomponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Nutzen (€/Jahr)
Emissionen	Eingespartes CO ₂	6.076,4	kg CO ₂ /a	0,201	€/kg CO ₂	1.221,36 €
Gesundheit	vermeidbare Krankentage	99,7	d/a	320,16	€/d	31.910,40 €
	reduzierte Sterblichkeit	11.753,1	km/a	0,036	€/km	423,11 €
	vermeidbare Personenschäden	0,181	Unfälle/a	47.689,62	€/Unfall	8.619,19 €
	vermeidbare Sachschäden	0,015	Unfälle/a	22.422,00	€/Unfall	333,08 €
Unterhaltskosten	eingesparte MIV Kilometer	39.977	km/a	1,35	€/km	53.968,35 €
Kostenkomponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Kosten (€/Jahr)
Winterdienst	Einsatzkosten	47,92	h/a	145,33	€/h	6.963,73 €
	anzuschaffende Extras	15	Nutzungsjahre	0,00	€	- €
	Streustoffe	11,50	to/a	65,82	€/to	756,97 €
Fremdunternehmer	Einsatzkosten	0	h/a	#DIV/0!	€/h	- €
	Bereitschaftskosten	0	stk	3.600,00	€	- €
Nutzen/Jahr (€/Jahr):						96.475,50 €
Kosten/Jahr (€/Jahr):						7.720,70 €
Nutzen/Kosten Verhältnis:						12,50

Tab. 32: Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse bei Szenario „Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs“

Zu erwartender Nutzen beim angenommenen Szenario

In diesem Szenario werden durch die Erweiterung des betreuten Radnetzes ca. 6 t CO₂ pro Jahr durch Verlagerung des MIV eingespart, welches Umweltkosten von ca. 1.200 € pro Jahr entspricht.

Aufgrund des zu erwartenden Modal Shift werden ca. 40.000 km, welche momentan mit dem MIV gefahren werden, mit dem Fahrrad zurückgelegt, was einer Einsparung an Betriebskosten von ca. 54.000 € pro Jahr entspricht. Durch den Modal Shift kommt es weiterhin zu den oben dargestellten Nutzeneffekten wie vermeidbare Krankentage etc.

Der aus dem Szenario resultierende volkswirtschaftliche Nutzen beläuft sich insgesamt auf 96.500 € pro Jahr.

Zu erwartende Kosten beim angenommenen Szenario

Die entstehenden Einsatzkosten durch ein weiteres Winterdienstfahrzeug betragen 7.000 € pro Jahr. Zusätzlich fallen jährliche Kosten für die Streustoffe von ca. 750 € an. Insgesamt belaufen sich dadurch die Gesamtkosten auf 7.750 € pro Jahr.

Bewertung

Der zusätzliche Einsatz eines weiteren Winterdienstfahrzeug ist mit einem Nutzen – Kosten Verhältnis von über 12:1 aus volkswirtschaftlicher Sicht eindeutig zu empfehlen.

7.3.5 Szenario 5: Betreuung von Radwegen untergeordneter Priorität

Nach einem Winterereignis, insbesondere bei Schneefall, können nach Betreuung des Winterradnetzes zusätzlich nachgeordnete Radwege geräumt und gestreut werden. Diese

Nutzen-komponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Nutzen (€/Jahr)
Emissionen	Eingespartes CO ₂	26.736,3	kg CO ₂ /a	0,201	€/kg CO ₂	5.374,00 €
Gesundheit	vermeidbare Krankentage	438,5	d/a	320,16	€/d	140.405,77 €
	reduzierte Sterblichkeit	51.713,7	km/a	0,036	€/km	1.861,69 €
	vermeidbare Personenschäden	0,795	Unfälle/a	47.689,62	€/Unfall	37.924,45 €
	vermeidbare Sachschäden	0,065	Unfälle/a	22.422,00	€/Unfall	1.465,54 €
Unterhaltskosten	eingesparte MIV Kilometer	175.897	km/a	1,35	€/km	237.460,73 €
Kosten-komponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Kosten (€/Jahr)
Winterdienst	Einsatzkosten	10,31	h/a	581,32	€/h	5.994,86 €
	anzuschaffende Extras	15	Nutzungsjahre	0,00	€	- €
	Streustoffe	13,20	to/a	65,82	€/to	868,87 €
Fremdunternehmer	Einsatzkosten	0	h/a	#DIV/0!	€/h	- €
	Bereitschaftskosten	0	stk	3.600,00	€	- €
Nutzen/Jahr (€/Jahr):						424.492,18 €
Kosten/Jahr (€/Jahr):						6.863,73 €
Nutzen/Kosten Verhältnis:						61,85

Tab. 33: Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse bei Szenario „Betreuung von Radwegen untergeordneter Priorität“

winterdienstliche Betreuung wird hinten angestellt. Dadurch sind für die zusätzliche Durchführung des Winterdienstes keine zusätzlichen Fahrzeuge notwendig, sondern es entstehen nur zusätzliche Arbeitsstunden beim Fahrerpersonal.

Das ausgewiesene Winterradnetz in Karlsruhe hat eine Länge von rund 220 km, das sind gut 40 % des Gesamtradnetzes. Im betrachteten Szenario wird davon ausgegangen, dass nochmals ein Gesamtstreckennetz von der Länge des halben Winterradnetzes, hier also 110 km, im Winterdienst nach einem Schneefallereignis innerhalb von 2 Stunden geräumt werden kann.

Zu erwartender Nutzen beim angenommenen Szenario

Aufgrund des erwartbaren Modal Shift durch das deutlich durch den Winterdienst vergrößerte Streckennetz ist es möglich, 26,7 t CO₂ bzw. Umweltkosten von ca. 5.400 € pro Jahr einzusparen. Daher werden durch den erwartbaren Modal Shift ca. 176.000 km, welche normalerweise mit dem MIV zurückgelegt werden, mit dem Fahrrad gefahren. Durch die geringeren Betriebskosten des Fahrrads entsteht ein volkswirtschaftlicher Nutzen von ca. 237.400 € pro Jahr. Ein deutlicher Nutzen ergibt sich auch aus der erhöhten Verkehrssicherheit.

In Summe ergibt sich daraus ein Nutzen in diesem Szenario in Höhe von 424.500 € pro Jahr.

Zu erwartende Kosten beim angenommenen Szenario

Durch die zusätzlich zu betreuenden Streckenkilometer entstehen jährliche Einsatzkosten von ca. 6.000 €. Die Kosten für die Streustoffe betragen ca. 900 € im Jahr. Damit belaufen sich die Gesamtkosten des Szenarios auf ca. 6.900 € pro Jahr.

Bewertung

Das Nutzen – Kosten Verhältnis beträgt knapp 61:1. Damit ist dieses Szenario aus volkswirtschaftlicher Sicht sehr zu empfehlen.

Der größte Teil der Nutzen entsteht durch die eingesparten Unterhaltskosten, mit jährlich ca. 176.000 €. Allein dieser Nutzenkomponente gegenübergestellt, sind die zusätzlichen Gesamteinsatzkosten von ca. 6.900 € pro Jahr gerechtfertigt.

Nicht zu vernachlässigen sind außerdem die 26,7 t CO₂, welche eingespart werden können. Für die Gesamtbewertung des Szenarios sind die 5.400 €, entsprechen 1,3 % des Nutzens, aber nicht ausschlaggebend. Aus umweltschutztechnischen Gründen dürfen diese allerdings nicht vernachlässigt werden.

7.3.6 Szenario 6: Integration von Radwegeverbindungen auf Anliegerstraßen

84 km oder 15 % des Gesamtradwegenetzes der Radwegeverbindungen in Karlsruhe verlaufen über Anliegerstraßen bzw. in 30er-Zonen, diese werden jedoch nicht flächendeckend vom Winterdienst betreut. Im betrachteten Szenario wird davon ausgegangen, dass bereits 50 % der Radwegeverbindungen über Anliegerstraßen im Winterradnetz enthalten sind, die restlichen Routen aber nicht. Die Attraktivität der betroffenen Routen kann jedoch durch die nicht betreuten Abschnitte erheblich beeinträchtigt werden. In diesem Szenario wird daher unterstellt, dass auch die verbleibenden 42 km betreut werden und damit durchgehend befahrbar sind. Bei der Quantifizierung des Nutzens (Modal Shift, Gesundheit, ...) werden hier nur die zusätzlich zu betreuenden 42 km auch als zusätzlich vom Radverkehr genutzte Strecke betrachtet – der tatsächliche Nutzen dürfte deutlich höher

liegen, da die 42 km bisher nicht betreuter Strecke nur Teilabschnitte von in Wirklichkeit wesentlich längeren Routen sind. Deren tatsächliche Länge lässt sich jedoch nicht belastbar abschätzen.

Nutzenkomponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Nutzen (€/Jahr)
Emissionen	Eingespartes CO ₂	10.208,4	kg CO ₂ /a	0,201	€/kg CO ₂	2.051,89 €
Gesundheit	vermeidbare Krankentage	167,4	d/a	320,16	€/d	53.609,48 €
	reduzierte Sterblichkeit	19.745,2	km/a	0,036	€/km	710,83 €
	vermeidbare Personenschäden	0,304	Unfälle/a	47.689,62	€/Unfall	14.480,24 €
	vermeidbare Sachschäden	0,025	Unfälle/a	22.422,00	€/Unfall	559,57 €
Unterhaltskosten	eingesparte MIV Kilometer	67.161	km/a	1,35	€/km	90.666,82 €
Kostenkomponenten	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz (€/Einheit)	Dimension	Kosten (€/Jahr)
Winterdienst	Einsatzkosten	48,30	h/a	145,33	€/h	7.019,44 €
	anzuschaffende Extras	15	Nutzungsjahre	0,00	€	- €
	Streustoffe	33,81	to/a	65,82	€/to	2.225,50 €
Fremdunternehmer	Einsatzkosten	0	h/a	#DIV/0!	€/h	- €
	Bereitschaftskosten	0	stk	3.600,00	€	- €
Nutzen/Jahr (€/Jahr):						162.078,83 €
Kosten/Jahr (€/Jahr):						9.244,94 €
Nutzen/Kosten Verhältnis:						17,53

Tab. 34: Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse bei Szenario „Integration von Radwegeverbindungen über Anliegerstraßen“

Zu erwartender Nutzen beim angenommenen Szenario

Das eingesparte CO₂ durch den zu erwartenden Modal Shift beträgt in diesem Szenario jährlich ca. 10,2 t, was ca. 2.000 € pro Jahr entspricht.

Neben vermeidbaren Krankentagen und Unfällen bewirkt der zu erwartenden Modal Shift durch dieses Szenario, dass ca. 67.100 km/Jahr, welche momentan mit dem MIV gefahren werden, mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Daraus resultiert eine Einsparung an Pkw-Betriebskosten von ca. 90.600 € pro Jahr.

Insgesamt beläuft sich somit der aus dem Szenario resultierende Nutzen auf 162.000 € pro Jahr.

Zu erwartende Kosten beim angenommenen Szenario

Gemäß der Beschreibung des betrachteten Szenarios entstehen jährliche Einsatzkosten von ca. 7.000 € und Kosten für die Streustoffe von ca. 2.200 € im Jahr. Damit belaufen sich die Gesamtkosten des Szenarios auf ca. 9.200 € pro Jahr.

Bewertung

Dieses Szenario weist ein Nutzen – Kosten Verhältnis von rund 17:1 auf. Damit ist diese Maßnahme sehr zu empfehlen.

Die Gesamtkosten für den Einsatz sind in dem Vergleich mit dem Nutzen, welcher aus den vermeidbaren Unfällen gewonnen wird, sehr gering. Die Fahrradverbindungen über Anliegerstraßen oder 30er – Zonen Straßen können einen großen Beitrag zu dem Modal Shift leisten, da sehr viele Arbeitswege dort ihren Ursprung finden. Wenn diese Straßen bereits morgens eine gute winterdienstliche Betreuung aufweisen, können eventuell mehr MIV – Nutzende zu Fahrradfahrenden werden, als aus Berechnungen zu erwarten ist.

7.3.7 Szenario 7: Piktogramm zur Beschilderung von Strecken in einem Winteradnetz

Wenn das Piktogramm neben der Zielangabe auf den Wegweisern angebracht wird, ist bei neuer Beschilderung mit keinen relevanten zusätzlichen Kosten zu rechnen. Für vorhandene Wegweiser gibt es die Möglichkeit, das Piktogramm als Aufkleber nachträglich anzubringen. Die Material- und Druckkosten für diese Aufkleber sind nur gering, es werden Kosten je Piktogramm von 10 € angesetzt. Das Piktogramm kann durch zwei Mitarbeiter angebracht werden, die hierfür mit Leiter und Fahrzeug ausgerüstet sind. Der Zeitaufwand wird auf ca. 30 min incl. Anfahrt je Standort geschätzt, wobei durchschnittlich von zwei Wegweisern je Standort (bei Befahrung der Route in beiden Richtungen) ausgegangen wird. Der Kostensatz für den Mitarbeiter beträgt gemäß Kapitel 7.1.2, 49 €/h. Für ein Fahrzeug werden überschlägig 16 €/h angesetzt, somit betragen die Kosten je Standort 77 € (49 € Personal-, 8 € Fahrzeug- und 20 € Materialkosten). Weitere organisatorische Aufgaben, wie die Festlegung der auszustattenden Wegweiser, Bestellung der Piktogramme, Information der Öffentlichkeit, werden als allgemeine Verwaltungsaufgaben nicht monetär bewertet.

Um die Anzahl der auszurüstenden Wegweiser abzuschätzen, wird auf zwei Datengrundlagen zurückgegriffen:

- Im Landkreis Ludwigsburg sind in einer Schilderdatenbank insgesamt 2.044 Standorte dokumentiert. Das ausgewiesene Radnetz hat eine Länge von 654 km, so dass 3,1 Standorte je Kilometer angesetzt werden können. Bei durchschnittlich zwei Wegweisern je Standort kann somit von 6,2 Wegweisern je Kilometer ausgegangen werden.
- Nach Angaben des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg wurden in den Land- und Stadtkreisen insgesamt 28.320 Wegweiser installiert. Die diesen Wegweisern zugeordnete Netzlänge beträgt 4.272 km, so dass im Landesdurchschnitt 6,6 Wegweiser je Kilometer stehen. Die Auswertung zeigt weiterhin, dass diese Kenngröße in den Kreisen stark variiert, die Angaben reichen von 2,0 Wegweisern je Kilometer bis 12,5 Wegweisern je Kilometer. Eine eindeutige Korrelation zu räumlicher Struktur, Besiedlungsdichte oder Topografie ist hierbei nicht erkennbar.

Auf Basis dieser Kennwerte wird für die Kostenabschätzung von 7 Wegweisern je Kilometer ausgegangen. Es ist zu berücksichtigen, dass nicht das gesamte Radnetz, sondern nur die im Winterdienst zuverlässig betreuten Radwegeverbindungen mit den Piktogrammen ausgerüstet werden. In der Stadt Karlsruhe sind dies z. B. nur 220 km, was ca. 40 % des Gesamtnetzes entspricht (s. Kapitel 3.2.1). Geht man für dieses Netz von 1.560 Wegweisern an 770 Standorten aus und berücksichtigt 77 € je Standort, liegt der Aufwand für das Anbringen der Piktogramme als Aufkleber bei insgesamt ca. 60.000 €. Bei einer mittleren Lebens- bzw. Nutzungsdauer der Wegweiser von 10 a sind dies 6.000 € pro Jahr für ein 220 km langes Winterradnetz wie in Karlsruhe für die nachträgliche Ausrüstung der vorhandenen Beschilderung.

Der Nutzen dieser Maßnahme lässt sich nicht unmittelbar monetär bewerten, da keine zusätzlichen Strecken oder Zeiträume mit verbesserter Qualität zur Verfügung gestellt werden. Vielmehr resultiert der Nutzen aus der zusätzlichen Information, dass und welche Radwegeverbindungen auch bei winterlichen Bedingungen zuverlässig zur Verfügung stehen. Hierdurch soll die Entscheidung, auch im Winter das Fahrrad zu nutzen, gefördert werden, was zu einer Erhöhung des Anteils der Radfahrenden im Winter insgesamt führt.

8 Zusammenfassende Empfehlungen

Nachfolgend werden die Maßnahmen (Auswahl auf Basis von Kapitel 6) zur Förderung des Radverkehrs im Winter zusammengestellt, deren Umsetzung empfohlen wird. Die für einen Teil der Maßnahmen durchgeführten Kosten-Nutzen-Bewertungen (s. Kapitel 7) haben deutlich gemacht, dass vielfach bereits der unmittelbare Nutzen während der winterlichen Witterungsereignisse für den Radverkehr die Kosten deutlich übersteigt. Dieser Nutzen, der exemplarisch für die Stadt Karlsruhe mit nur wenigen Winterdienstereignissen ermittelt wurde, wird in anderen Regionen Deutschlands, in denen aufgrund der klimatischen Randbedingungen deutlich mehr winterliche Witterungsereignisse auftreten, noch deutlich höher ausfallen. Weiterhin ist davon auszugehen, dass bei einer umfassenden Umsetzung möglichst vieler der empfohlenen Maßnahmen der Anteil der Radfahrenden im Winter insgesamt zunimmt, nicht nur an den Tagen mit winterlicher Witterung und nicht nur auf den unmittelbar betroffenen Radwegeverbindungen.

- **Betreuung durchgehender Radwegeverbindungen im Winterdienst unabhängig von Baulastträgerschaft und Führungsform.** Hierfür ist die Definition eines Winterradnetzes erforderlich, das vor Beginn des Berufsverkehrs bedient wird. Dabei sind sowohl separat geführte Radwege und kombinierte Geh-/Radwege als auch Führungsformen auf der Fahrbahn (Radfahrstreifen, Schutzstreifen) einzubeziehen. Ebenso sind in dieses Winterradnetz Fahrbahnen, auf denen der Radverkehr im Mischverkehr, z. B. Fahrradstraßen, Anliegerstraßen oder auch landwirtschaftliche Wegeverbindungen, geführt wird, zu integrieren. Die Fahrbahnen sollten nach Möglichkeit durch Winterdienstfahrzeuge mit größerer Räumbreite betreut werden, um auch für den Kfz-Verkehr eine ausreichende Befahrbarkeit zu gewährleisten.
- **Bei Schneefallereignissen wiederholte Räumung des Winterradnetzes,** wobei die Radwegeverbindungen während des Schneefalls nicht auf ihrer gesamten Breite geräumt werden müssen, sondern die Räumung entsprechend der Räumbreite der eingesetzten Fahrzeuge (ca. 1,50 m) ausreichend ist. Bei beidseitig geführten Radwegen sind zeitlich die Radwege in der Richtung zu priorisieren, auf denen die stärkere Radverkehrsbelastung besteht (morgendlicher Berufsverkehr).
- **Nach Ende des Schneefallereignisses Räumen weiterer Radwegeverbindungen** (Sekundärnetz), wenn aufgrund der prognostizierten Witterung ansonsten mit einer längeren Schneebedeckung zu rechnen ist.
- **An Knotenpunkten Räumung** aller von Radfahrenden genutzten Verkehrsflächen: An Knotenpunkten sind neben einer durchgehenden Verbindung auch **Abbiegeverbindungen, Zu- und Abfahrten der Radwege und die Anfahrten an Taster bei Lichtsignalanlagen** in der Einsatzplanung mit gleicher Priorität zu berücksichtigen. Kleine Flächen, die nicht maschinell geräumt werden können, sind ggf. manuell zu räumen.
- **Schneeablage situationsabhängig rechts oder links:** Wenn ausreichende Ablageflächen vorhanden sind, sollte die Schneeablage rechts vom Radweg erfolgen. Wenn rechts neben einem Radweg direkt ein Gehweg mit geringer Breite verläuft, muss die Schneeablage auf dem Radweg erfolgen, so dass die nutzbare Breite reduziert wird. In diesem Fall kann auch eine Schneeablage links sinnvoll sein, um einen ausreichenden Abstand für die Radfahrenden von Bordsteinkante und Kfz-Verkehr zu ermöglichen. Eine Schneeablage im unmittelbaren Wurzelbereich von Bäumen sollte vermieden werden, um die Salzbelastung der Bäume zu minimieren; hier empfiehlt sich die Ablage hinter dem Wurzelbereich oder - wenn ausreichend Platz vorhanden ist - auf der baumabge-

wandten Seite. Eine Schneeablage auf offenen Grünflächen ist hingegen in der Regel unkritisch. Bei Radfahrstreifen und Schutzstreifen auf der Fahrbahn ist die Schneeablage rechts neben Radfahrstreifen oder Schutzstreifen vorzusehen. Wenn daneben Parkflächen angeordnet sind, ist der Trennstreifen hierfür in der Regel ausreichend breit. In Regionen mit starken Schneefällen sind die Trennstreifen ggf. breiter anzulegen, um ausreichende Ablageflächen zur Verfügung zu stellen.

- **Schutzstreifen und Radfahrstreifen auf der Fahrbahn** sind in separaten Räumdurchgängen zu betreuen: In der Regel reicht die Räumbreite des Winterdienstfahrzeugs, das die Fahrbahn für den Kfz-Verkehr betreut, nicht aus, um Schutzstreifen und Radfahrstreifen vollständig zu räumen. Daher sind diese entweder **in einem zweiten Durchgang oder mit einem separaten Fahrzeug** zu räumen. Dieser Räumdurchgang sollte **möglichst kurzfristig** nach der Räumung der Kfz-Fahrbahn erfolgen, da durch den ersten Räumdurchgang der Radfahrstreifen bzw. Schutzstreifen zugeschoben und somit für den Radverkehr überhaupt nicht mehr befahrbar sein kann. Hieraus resultiert ein erhebliches Gefährdungspotenzial, da die Radfahrenden auf die Fahrbahn ausweichen müssen. **Besonders vordringlich** ist die unmittelbar nachfolgende Räumung, **wenn auf der Fahrbahn Schienen verlegt** sind, da die Radfahrenden dann in den Schienenbereich ausweichen müssen, woraus bei der winterlichen Witterung erhebliche Sturzrisiken resultieren.
- **Die Schneeräumung mit Kehrwalzen ist in der Regel zu bevorzugen**, da das Räumergebnis erheblich besser als mit Pflügen ist. Kehrwalzen können bei trockenen Schneedecken bis zu 10 cm Schneehöhe eingesetzt werden, was in vielen Regionen mit hohem Radverkehrsaufkommen ausreicht, da diese eher schneearm sind. Bei stärkeren Schneefallereignissen ist die frühzeitige und wiederholte Räumung zweckmäßig, so dass für die Winterdienstfahrzeuge in der Regel keine zusätzlichen Schneepflüge notwendig sind, sondern z. B. nur für einzelne Fahrzeuge auch Pflüge vorgehalten werden sollten.
- **Streueinsätze in der Regel präventiv mit auftauenden Streustoffen:** Da auftauende Streustoffe durch den Radverkehr nicht in den Seitenraum verfrachtet werden, bleiben sie lange auf dem Radweg liegen, wenn sie nicht durch Niederschlag weggespült werden. Dies gilt sowohl für Trockensalz als auch für Feuchtsalz oder das Ausbringen reiner Sole (FS 100). Aufgrund der gleichmäßigeren Ausbringung und des geringeren Salzgehalts wird in der Regel der Einsatz von FS 100, nachrangig FS 30 oder FS 0, empfohlen. Bei einsetzendem Niederschlag sind Streudurchgänge zu wiederholen. Bei Witterungsperioden mit leichter Reifglätte in den Morgenstunden kann aufgrund der Restsalzmenge auf dem Radweg auf Wiederholungseinsätze verzichtet werden.
- **Ausreichende Durchfahrtsbreite für Winterdienstfahrzeuge:** Um eine durchgehende Betreuung zusammenhängender Radverbindungen zu ermöglichen, ist bei Radwegen eine **durchgehende Breite von 1.60 m** zu gewährleisten. Diese sollte auch nicht durch herausnehmbare Poller eingeschränkt werden, da mit dem Herausnehmen und Wiedereinsetzen der Poller während des Winterdiensteinsatzes Zeitverluste verbunden sind. Auch wenn diese betriebswirtschaftlich kaum ins Gewicht fallen, sollten bei der Neuanlage von Radwegen Abstände vorgesehen werden, die eine Durchfahrt für den Kfz-Verkehr verhindern, eine Durchfahrt für die Schmalspurfahrzeuge jedoch ermöglichen. Auf Anliegerstraßen im Zuge von ausgewiesenen Radwegeverbindungen sowie Fahrradstraßen sind größere Durchfahrtsbreiten erforderlich, um die Einsätze von Winterdienst-Lkw durchführen zu können.
- **Regelmäßige Überprüfung der Befahrbarkeit für Winterdienstfahrzeuge:** Insbesondere

in Baustellenbereichen mit temporären Verkehrsführungen werden aufgrund fehlender Flächen die verfügbaren Querschnitte für den Radverkehr reduziert. Hierbei ist darauf zu achten, dass diese Flächen weiterhin mit Winterdienstfahrzeugen befahren werden können, da ein Ausweichen der Radfahrenden auf die Fahrbahn nicht oder nur mit erheblichem Gefährdungspotenzial möglich ist. Diese Befahrbarkeit muss auch während der Bauzeit fortlaufend gewährleistet sein und darf nicht durch bauablaufbedingte Einengungen unterbrochen werden. Ggf. sind die Bauunternehmen kurzfristig zur unmittelbaren Beseitigung der Engstellen durch die Einsatzleitung aufzufordern.

- **Anlage von dezentralen Zwischenlagern für Streustoffe:** Da die auf Radwegen eingesetzten Schmalspurfahrzeuge nur geringe Streubehältervolumen haben, kann es zur Reduktion von Leerwegen in größeren Kommunen oder auch für Straßenmeistereien sinnvoll sein, dezentrale Zwischenlager für Streustoffe (Salz oder Sole) einzurichten. Hierdurch können Einsatzkosten und Bedienzeiten, insbesondere bei Wiederholungseinsätzen; reduziert werden, was sowohl zu Kosteneinsparungen für den Winterdienst als auch zu einer Qualitätssteigerung für den Radverkehr führt.
- **Baulastträgerübergreifende Vergabe von Winterdienstleistungen:** Um die durchgehende Betreuung von hochrangigen Radwegeverbindungen auch bei unterschiedlichen Baulastträgern, z. B. an Gemeindegrenzen, zu gewährleisten, kann die gemeinsame Vergabe in einer Ausschreibung mit entsprechender Kostenteilung sinnvoll sein. Hierbei sind in der Regel nicht nur einzelne Routen, sondern **zusammenhängende Netze oder Teilnetze** zu berücksichtigen, um einen für private Dienstleister attraktiven Leistungsumfang zu definieren. Bei der Vergabe sollten lange Vertragslaufzeiten angestrebt werden. Die Qualitätsstandards, die durch die privaten Dienstleister erbracht werden sollen, sind eindeutig in der Ausschreibung zu definieren und während der Vertragslaufzeit regelmäßig zu prüfen. Es ist davon auszugehen, dass dies mit höheren Kosten verbunden sein kann, je nach Verfügbarkeit potenzieller Dienstleister sind unterschiedliche Vertragsmodelle zweckmäßig.
- **Qualitätssicherung unter Einbeziehung der Radfahrenden und durch Kontrollfahrten des Personals:** Sowohl bei der Betreuung durch Fremdunternehmen als auch durch verwaltungseigene Ressourcen werden Instrumente zur Qualitätsbewertung empfohlen. Hierbei sollten die **Radfahrenden** einbezogen werden, da diese aus eigenem Interesse hierfür leicht gewonnen werden können. Hierfür ist eine enge Zusammenarbeit mit den Verbänden, z. B. ADFC, aber auch Unternehmen, Hochschulen oder Schulen anzustreben, um interessierte Radfahrende zu gewinnen. Weiterhin ist die Qualitätsprüfung auch durch **regelmäßige Befahrungen des eigenen Personals**, idealerweise mit dem Fahrrad, sinnvoll, was auch in Dienst- und Einsatzplänen Berücksichtigung finden muss.
- **Durchgehende Beleuchtung von Radwegeverbindungen:** Wie u. a. die Umfrage bei den Radfahrenden deutlich gemacht hatte (s. Kapitel 4.2.6), ist neben winterlicher Witterung und schlechterer Befahrbarkeit bei winterlichen Fahrbahnzuständen auch die lange Dunkelheit während des Winters eine Ursache für die reduzierte Nutzung des Fahrrades. Obwohl Fahrräder zunehmend mit guter Beleuchtung ausgerüstet sind, werden Radwegeverbindungen, die nicht beleuchtet sind, von vielen Radfahrenden auch aus Gründen eines mangelnden subjektiven Sicherheitsempfindens bei Dunkelheit gemieden. Daher wird empfohlen, hochrangige Radwegeverbindungen außerhalb der geschlossenen Ortslage mit einer ortsfesten Beleuchtung auszurüsten. Die hierfür notwendigen Investitionen sind vor allem dann sinnvoll, wenn nur kurze Abschnitte auszustatten wären, die z. B. zwischen zwei Ortseilen, außerorts verlaufen und nicht beleuchtet sind, die Radwegeverbindung aber ansonsten innerörtlich geführt wird. Um den Aspekten des Naturschutzes Rechnung zu tragen, sind hierfür innovative Lösungen,

bei denen die Beleuchtung bedarfsabhängig nur im Umfeld des Radfahrenden eingeschaltet ist, möglich.

- **Berücksichtigung ausreichender Flächen für Winterdienst und Schneeablagerung:** Es wird empfohlen, bei der Weiterentwicklung des technischen Regelwerks, insbesondere den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt), bei der Definition von Regelquerschnitten neben Radwegen, Radfahrstreifen und Schutzstreifen ausreichende Flächen für die Ablagerung des geräumten Schnees vorzusehen (s. Kapitel 6.2). Auch bei der Dimensionierung von Radverkehrsflächen in Knotenpunktbereichen ist die Befahrbarkeit mit Winterdienstfahrzeugen zu beachten.
- **Ausweisung von Winterradnetzen mit einem Piktogramm:** Um den Bekanntheitsgrad der Winterradnetze bei den Radfahrenden zu steigern, wird empfohlen diese Radwegeverbindungen mit einem Piktogramm (s. Bild 87) auszuschildern. Dieses Piktogramm kann neben der Zielangabe angebracht werden (s. Bild 92). Die Ausstattung vorhandener Wegweiser kann einfach mit nachträglich angebrachten Aufklebern erfolgen. Die Ausschilderung sollte jedoch nur dann erfolgen, wenn die Routen auch tatsächlich zuverlässig im Winterdienst betreut werden. Eine ergänzende Informationskampagne zu dieser Ausschilderung wird empfohlen.



Bild 92: Beispielhafte Darstellung des Piktogramms für das Winterradnetz neben der Zielangabe

- **Echtzeit-Informationen zur Befahrbarkeit von Radwegeverbindungen:** Für die Entscheidung, bei winterlicher Witterung mit dem Fahrrad zu fahren, ist die Einschätzung der Befahrbarkeit der Radwegeverbindungen von großer Bedeutung. Hierfür können Echtzeit-Informationen über durchgeführte Winterdienstesätze verbunden mit Informationen zur Witterung hilfreich sein. Daher wird empfohlen, eine entsprechende **App für Internet und Smartphone** zu entwickeln, die auf vorliegende Daten von Winterdienstbetreibern und Straßenwetterstationen zurückgreift. Voraussetzungen hierfür sind die automatisierte Einsatzdatenerfassung in den Winterdienstfahrzeugen sowie Straßenwetterstationen. Diese sollten zumindest teilweise auch Sensoren auf separat geführten Radwegen haben, eine Übertragung von in der Fahrbahn gemessenen Parametern ist aber eingeschränkt möglich (s. Kapitel 5.1). Die **Anwendung ist baulastträgerübergreifend** zu konzipieren und sollte alle Radwegeverbindungen einer Region abbilden. Alternativ können diese Funktionalitäten auch in bestehende Apps für die Radtourenplanung integriert werden.
- **Freihalten der Radwege von temporären Hindernissen:** Die durchgehende Befahrung von Radwegeverbindungen mit Winterdienstfahrzeugen wird in einzelnen Kommunen durch temporäre Hindernisse erschwert. Dies können zum einen E-Scooter sein, die durch die Nutzer verkehrsbehindernd auf Radwegen abgestellt werden. Sollte dies häufig auftreten, werden saisonale Abstellverbote für **E-Scooter** empfohlen, die durch die digitale Definition von Sperrflächen umgesetzt werden können. Zum anderen können dies auch **Abfall- oder Wertstoffsammelbehälter sein, die für die Abholung am Straßenrand** auf Radwegen bereitgestellt werden. Tritt dies vermehrt auf, sind in Abstimmung mit Abfallentsorgungsbetrieben und Anwohnern alternative Stellplätze zu definieren.

Generell wird empfohlen, die Umsetzung der vorgenannten Maßnahmen mit Informationskampagnen zu begleiten. Hierfür eignen sich sowohl klassische Printmedien und Informationsstände als auch Online-Formate und soziale Medien. Neben den während der Wintersaison aktiven Radfahrenden sollten hierbei gezielt auch Radfahrende, die nur außerhalb der Wintermonate das Fahrrad regelmäßig nutzen, als Zielgruppe angesprochen werden. Die konsequente Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen in Kombination mit der Information der Radfahrenden hierüber können den Radverkehrsanteil im Winter nachhaltig steigern. Wie die Nutzen-Kosten-Analysen in Kapitel 7 deutlich gemacht haben, sind die hiermit verbundenen Kosten im Vergleich zum Nutzen durch gesteigerte Sicherheit und verbesserte Befahrbarkeit der Radwegeverbindungen verbunden mit einer Steigerung des Radverkehrsanteils im Winter insgesamt nur gering.

Literatur

AASVIK, O.; BJØRNSKAU, T. (2021); Cyclists' Perception of Maintenance and Operation of Cycling Infrastructure—Results From a Norwegian Survey. Oslo an der Institute of Transport Economics.

Online verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8316853/pdf/fpsyg-12-696317.pdf>, abgerufen am: 07.06.2022.

BADEL, H.; Ein neues Modell für einen Winter-Index zur Abschätzung und Bewertung des Salzverbrauches. Kolloquium Straßenbetrieb 2011(FGSV 002/100); FGSV Verlag GmbH, 2011.

BADEL, H.; Götzfied, F. (2020); Wirksamkeit verschiedener Tausalze. Online verfügbar unter: https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/Daten/winterdienst-tausalze.pdf?__blob=publicationFile&v=3, abgerufen am: 07.01.2022.

BÄRWOLFF, M.; SCHMOTZ, M.; GERIKE, R.; BAIER, R.; REINARTZ, A.; CEKIN, O. C. (2019); Bewertung des Sturzrisikos und des Verhaltens von Fußgängern und Radfahrern bei winterlichen Bedingungen. FE 89.0308/2015 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch-Gladbach an der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Online verfügbar unter: <https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2339/file/Bewertung+des+Sturzrisikos.pdf>, abgerufen am: 07.01.2022.

BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen. (2021a); Verkehrszeichen und Symbole, Stand November 2021. Online verfügbar unter: <https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v1-verkehrszeichen/vz-download.html>, abgerufen am: 03.01.2022.

BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen; Volkswirtschaftliche Kosten von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland. Bergisch Gladbach, 2021b.

Berliner Zeitung, 31. März 2022; Schlitter-Straßen in Berlin! 33 Unfälle und zwei Schwerverletzte, in: Berliner Zeitung, Heft/31.03.2022. Online verfügbar unter: <https://www.bz-berlin.de/berlin/stadtweit-erhoehteste-unfallaufkommen-zwei-schwererletzte-in-steglitz>, abgerufen am: 31.10.2022.

BMVIT - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Radfahren im Winter: Strategien zur Förderung des Radverkehrs in der kalten Jahreszeit, 1. Online verfügbar unter: abgerufen am: Wien, 2015.

Bund Naturschutz in Bayern e. V. (2022); Streusalz? es gibt alternativen! Online verfügbar unter: <https://www.bund-naturschutz.de/oekologisch-leben/verkehr-und-reisen/streusalz-alternativen>, abgerufen am: 06.07.2022.

City of Whitehorse. (2021); Winter Cycling in the City of Whitehorse. Online verfügbar unter: <https://www.whitehorse.ca/home/showpublisheddocument/4423/635736090644570000>, abgerufen am: 01.06.2022.

Cycle Toronto. (2021); Winter Riding Tips. Online verfügbar unter: <https://www.cycleto.ca/winter-riding-tips>, abgerufen am: 01.06.2022.

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH. (2019); Winterdienst auf Radwegen, Ganzjährig sicher vorankommen. Online verfügbar unter: <https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/forschung/schwerpunktthemen/winterdienst-auf-radwegen>, abgerufen am: 01.08.2020.

DIN - Deutsches Institut für Normung; Dienstleistungen in der Abfall- und Wertstofflogistik, Straßenreinigung und im Winterdienst - Teil 5: Winterdienst (DIN/TS, 1108-5) Beuth Verlag, Berlin, Dezember 2020.

DÜRR, B. (2016); Die Niederlande testen beheizten Radweg. Online verfügbar unter: <https://www.dw.com/de/die-niederlande-testen-beheizten-radweg/a-18963527>, abgerufen am: 03.07.2022.

ELLENBECK, S., MERKLE, I., FUCHS, T. & STREHMANN, J. (2021); Förderung des Radverkehrs in Städten + Gemeinden, Neuauflage, (Nr. 158). Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.dstgb.de/publikationen/dokumentationen/nr-158-foerderung-des-radverkehrs-in-staedten-und-gemeinden/doku-158-radverkehr-dstgb-adfc-komprimiert.pdf?cid=gkm>, abgerufen am: 30.05.2021.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Empfehlungen für Radverkehrsanlagen - ERA: Ausgabe 2010 (FGSV 284), FGSV-Verlag, Köln, 2010.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen: RASt 06, Ausg. 2006, korr. Nachdr. Mai 2012. FGSV, Heft 200, FGSV-Verl. Köln, 2012a.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen: RStO 12, Ausgabe 2012. FGSV R1 - Regelwerke, Heft 499, FGSV Verlag GmbH, Köln, 2012b.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Hinweise zur Übertragung von Winterdienstpflichten auf die Anlieger: Ausgabe 2015 (FGSV 421), FGSV-Verlag, Köln, 2015a.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Praktische Empfehlungen für ein effektives Räumen und Streuen im Straßenwinterdienst: Ergänzende Hinweise und Erläuterungen (FGSV 416 T 1), FGSV-Verlag, Köln, 2015b.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Hinweise für Beschaffung und Einsatz von Fahrzeugen und Geräten im Straßenbetriebsdienst - Teil 2: Schneepflüge - H BEFG-2: Ausgabe 2020 (FGSV 337/9), FGSV-Verlag, Köln, 2020a.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen: Ausgabe 2020 (FGSV 38416), FGSV-Verlag, Köln, 2020b.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Arbeitspapier Betrieb von Radverkehrsanlagen - AP BeRad, 2021a.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Hinweise zu Radschnellverbindungen und Radvorrangrouten: H RSV, Ausgabe 2021. FGSV W1 - Wissensdokumente, Heft 284,1, FGSV Verlag GmbH, Köln, 2021b.

Forschungsgesellschaft Mobilität (FGM). (2020); BYPAD auf einen Blick. Online verfügbar unter: https://www.bypad.org/about/one_minute, abgerufen am: 01.09.2020.

FOSSUM, M. & RYENG, E. O. (2022); Pedestrians' and bicyclists' route choice during winter conditions. Online verfügbar unter: <https://doi.org/10.1080/21650020.2022.2034524>, abgerufen am: 07.06.2022.

GEIMER, M.; POHLANDT, C.; Grundlagen mobiler Arbeitsmaschinen, Scientific Publishing, Karlsruhe, 2014.

- HANKE, H.; Optimierte Winterdienst-Organisation im kommunalen Bereich: Folgerungen aus den letzten Wintern. Kolloquium Straßenbetrieb 2013(FGSV 002/107). Köln, 2013.
- HANKE, H.; Winterdienst auf Radwegen: Herausforderungen und Lösungen. Kolloquium Straßenbetrieb 2019 (FGSV 002/126). Köln, 2019.
- HANKE, H.; Nachhaltigkeit im Winterdienst, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 3.2020/2022, S. 208–211, 2022.
- HAUSFATHER, Z. (2019); CMIP6: the next generation of climate models explained. Online verfügbar unter: <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained>, abgerufen am: 03.12.2021.
- HAUSMANN, G.; Verteilung von Tausalzen auf der Fahrbahn: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen BASt. Heft V180. Bergisch-Gladbach, 2009.
- HAUSMANN, G.; Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzlösungen: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen BASt. Heft V218. Bergisch-Gladbach, 2012.
- HEBERLEIN, B.; Solestreueung auf Radwegen in Hannover. Kolloquium Straßenbetrieb 2017 (FGSV 002/120). Köln, 2017.
- HEGGER, J., GORALSKI, C. & KULAS, C. (2011); Schlanke Fußgängerbrücke aus Textilbeton, 106, Heft 2,. Berlin. Online verfügbar unter: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/best.201000081?casa_token=hdvGDPUSJilAAAAA:dPcra_DVAQktOchl4dUQ-r6ylzko4dDN9mqQ48g31IekAY8Pnh5KLwiR4DGoUGTr9axpowpJrk9ueXQ, abgerufen am: 07.01.2022.
- HiiCCE GmbH. (2022); Hamburg taut auf!, Projekt E-WIN (Effizienter Winterdienst auf Radverkehrsanlagen). Online verfügbar unter: https://www.hiicce.de/hamburgtautauf/#wissenschaftliche_ergebnisse, abgerufen am: 21.11.2022.
- HOLLDORB, C.; RUMPEL, F.; GERSTENGARBE, F.-W.; ÖSTERLE, H.; HOFFMANN, P.; Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst (KliBet). in: Heft V 270. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen 2016.
- HUBER, P. (2021); Erste deutsche Stadt beheizt Brücke für Fahrradfahrer, OB verspricht: „Spart Geld und CO2“. Online verfügbar unter: <https://www.merkur.de/wirtschaft/bruecke-fahrrad-beheizt-tausalz-winter-eis-sicherheit-palmer-tuebingen-91072791.html>, abgerufen am: 03.07.2022.
- HUDDE, A. (2022); Seasons of cycling – Winter conditions strongly reduce bicycle usage in German cities, but not in Dutch ones. Köln, Frankfurt an der Universität Köln, Goethe Universität Frankfurt. Online verfügbar unter: <https://osf.io/preprints/socarxiv/yejxf>, abgerufen am: 07.06.2022.
- HUSA, V., KLEIN-PASTE, A., WÅHLIN, J. & REKILÄ, K.-P. (Hg.), 2018; The Effect of Pavement Texture on Need For Salt in Winter Maintenance of Bicycle Roads. TOPIC 7-1 Cycle path management, Heft 1P142 PIARC.
- KEMEN, J.; Mobilität und Gesundheit: Einfluss der Verkehrsmittelnutzung Auf Die Gesundheit Berufstätiger. BestMasters Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Wiesbaden, 2016.
- KÖNIG, R., 2010; Welche Streumittel sind umweltfreundlich, in: BULA - Fachmagazin für Beschaffungsmanagement im öffentlichen Bereich, 2010, Heft Nr. 5/2010. Online verfügbar unter: <https://www.public-manager.com/uploads/media/bula-9-10-2010.pdf>, abgerufen am: 19.10.2020.

KRAMER, S.; Konzeption zur Erfassung und Dokumentation von bestehenden Radwegeverbindungen Konzeption zur Erfassung und Dokumentation von bestehenden Radwegeverbindungen hinsichtlich Winterdienst und weiteren Unterhaltungstätigkeiten; Bachelorarbeit an der Hochschule Karlsruhe. Online verfügbar unter: abgerufen am: Karlsruhe, 2021.

LANGE, P. & MALIK, J.; Radschnellverbindungen - Leitfaden zur Potenzialanalyse und Nutzen-Kosten-Analyse. Online verfügbar unter: https://www.bast.de/DE/Publikationen/Medien/Dokumente/Rad-Schnellverbindungen.pdf?__blob=publicationFile&v=3, abgerufen am: 12.12.2022, 2019.

LISSNER, S.; HAGEMEISTER, C.; ANKE, J.; PETERS, B.; Effizienter Winterdienst auf Radverkehrsanlagen - Bisherige Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung - Teil Ökobilanzierung: Stand 6. Januar 2022, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr - Technische Universität Dresden (TUD); Stadtreinigung Hamburg (SRH), 2022.

MEYER, H. (29. Januar 2020); Umfrage: Radfahren im Winter - Besserer Winterdienst notwendig. Online verfügbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/radfahren-winter-umfrage/>, abgerufen am: 25.08.2020.

MiD - Mobilität in Deutschland. (2017); Mobilität in Deutschland. Online verfügbar unter: <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/publikationen2017.html>, abgerufen am: 06.08.2022.

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg; Qualitätsstandards für Radschnellverbindungen in Baden-Württemberg. Stuttgart, 2022.

MiT - Mobilität in Tabellen. (2017); Mobilität in Tabellen. Online verfügbar unter: <https://mobilitaet-in-tabellen.dlr.de/mit/>, abgerufen am: 28.07.2022.

Mobilitätsagentur Wien GmbH. (2022); Winterradeln. Online verfügbar unter: <https://www.fahrradwien.at/tipps-und-regeln/winterradeln/>, abgerufen am: 07.06.2022.

NISKA, A.; BLOMQVIST, G.; Sweep-Salting - a Method for Winter Maintenance of Bicycle Paths. TOPIC 7-1 Cycle path management, Heft 1P107, XVth International Winter Road Congress, PIARC, 2018a.

NISKA, A.; BLOMQVIST, G.; Follow-up Methods for Evaluation of Winter Maintenance of Bicycle Paths, Including Monitoring of Bicycle-path-specific Processes of Bicycle-path-specific Processes. TOPIC 7-1 Cycle path management, Heft 1P112; XVth International Winter Road Congress, PIARC, 2018b.

NOBIS, C.; Mobilität in Deutschland - MID: Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr. Eine Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. FE-Nr. 70.904/15. Bonn, Berlin, 2019.

NUTZ, P.; Winterradler - ein innovatives Konzept für den Radwegwinterdienst in Wien. Kolloquium Straßenbetrieb 2017 (FGSV 002/120). Köln, 2017.

OpenStreetMap. (2022); Karte. Online verfügbar unter: <https://www.openstreetmap.de/karte/>, abgerufen am: 18.07.2022.

PIRINEN, J.; MÄENPÄÄ, K.; New Contract to Main Bicycle Lanes 2020-2024 in Oulu Region. Joensuu, Finnland, 2020.

POUWELS, M.; Winterdienst auf Radwegen in den Niederlanden - Stand der Technik und aktuelle Praxis. Kolloquium Straßenbetrieb 2013 (FGSV 002/107). Köln, 2013.

QUACK, D.; MÖLLER, M.; GARTISER S. (2004); Kommunalen Winterdienst - von der ökologischen Seite betrachtet. Online verfügbar unter: <https://hamburger-illustrierte.de/content/hm/tic/2005/02/17/2004-027-de.pdf>, abgerufen am: 16.10.2020.

SHIRGAOKAR, M.; GILLESPIE, D. (2016); Exploring User Perspectives to Increase Winter Bicycling Mode Share in Edmonton, Canada an der Transportation Research Board (TRB). Online verfügbar unter: http://www.Shirgaokar.com/uploads/1/6/1/2/16129606/Shirgaokar_and_Gillespie_-_2016_-_exploring_user_perspectives_to_increase_winter_bicycling_mode_share_in_edmonton.pdf, abgerufen am: 22.08.2020.

SPECKHARDT, H.; GUGAU, M.; Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen; Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, 2005.

Stadt Karlsruhe. (2020); Verkehrsmittelwahl und Mobilitätsverhalten, Ergebnisse der repräsentativen Verkehrsbefragung (SrV) 2018. Online verfügbar unter: <https://web6.karlsruhe.de/Stadtentwicklung/PDF/2018/2018-Mobilitaetsverhalten.pdf>, abgerufen am: 27.07.2022.

Stadt Karlsruhe. (2021); Das Radverkehrsnetz in Karlsruhe. Online verfügbar unter: <https://www.karlsruhe.de/b3/mobilitaet/radverkehr/radnetz.de>, abgerufen am: 26.05.2021.

Stadt Köln; Satzung der Stadt Köln über die Straßenreinigung und die Erhebung von Straßenreinigungsgebühren (StrReinS) (2017 & i.d.F.v. in der Fassung vom 20.12.2017). Online verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiy19W23vvnwAhWNs-6QKHf1GAp8QFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.stadt-koeln.de%2Fmediaasset%2Fcontent%2Fsatzungen%2Fstrassenreinigungssatzung_20_12_2017.pdf&usg=AOvVaw1MMdApXoR1kGNCu_JBIWdk, abgerufen am: 07.01.2022.

Stadt Wien. (2020); Winterbetreuung der Wiener Radverkehrsanlagen Basisrouten. Online verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/pdf/winterraumung.pdf>, abgerufen am: 07.06.2021.

Statista. (2019); Ranking der fahrradfreundlichsten Städte in Deutschland nach dem Bicycle Cities Index im Jahr 2019. Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1011952/umfrage/ranking-der-fahrradfreundlichsten-staedte-deutschlands/>, abgerufen am: 24.05.2021.

STAUB, T.; Meteorologische Einflüsse und deren Auswirkungen auf den Radverkehr in österreichischen Städten, Diplomarbeit an der Technische Universität Wien. Online verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjsofqe0Jv4AhUBjqQKHx-pBnUQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fradkompetenz.at%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F03%2Fpublik_290351.pdf&usg=AOvVaw0gG-vuxv0JvrS3oQplaBL8h, abgerufen am: 07.06.2022 Wien, 2020.

StrG BW - Straßengesetz für Baden-Württemberg (1992 & i.d.F.v. 22.12.2021). Online verfügbar unter: www.gesetze-im-internet.de, abgerufen am: 15.05.2021.

StVO - Straßen-Verkehrsordnung (2020 & i.d.F.v. 06.03.2013, zuletzt geändert am 18.12.2020). Online verfügbar unter: www.gesetze-im-internet.de, abgerufen am: 15.05.2021.

TERRY, L. G., CONAWAY, K., REBAR, J. & GRAETTINGER, A. J. (2020); Alternative Deicers for Winter Road Maintenance—A Review. Online verfügbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-04773-x>, abgerufen am: 07.06.2022.

UBA - Umweltbundesamt. (2020); Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten, Kostensätze. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf, abgerufen am: 27.07.2022.

UBA - Umweltbundesamt. (2021); Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>, abgerufen am: 27.07.2022.

VAARALA, H.; WINTER MAINTENANCE SUPER CLASS: "When every detail matters". Internationaler Expertenworkshop im Projekt WinRad (unveröffentlicht), 2021.

VKU - Verband kommunaler Unternehmen e. V.; Winterdienst für den Radverkehr. Information 99. Berlin, 2020.

WICHMANN, M.; Straßenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis: Rechtsgrundlagen - Organisation - Aufgaben, 8. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, (8. neu bearbeitete und erweiterte Auflage), Erich Schmidt Verlag. Berlin, 2018.

ZANTIS, F. (2020); E-WIN: „Effizienter Winterdienst auf Radverkehrsanlagen in Städten am Beispiel der Stadt Hamburg“: Protokoll zu den physikalisch-chemischen Laboruntersuchungen. Online verfügbar unter: <https://www.hiicce.de/wp-content/uploads/2022/01/E-WIN-Protokoll-zu-den-physikalisch-chemischen-Laboruntersuchungen-FZantis.pdf>, abgerufen am: 21.11.2022.

Bilder

Bild 4 (Auszug aus FGSV Heft 284, Ausgabe 2010) und Bild 6 (Auszug aus FGSV Heft 499, Ausgabe 2012) sind mit freundlicher Genehmigung der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. auszugsweise wiedergegeben worden. Maßgebend für das Anwenden der FGSV-Regelwerke ist deren jeweilige Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die beim FGSV Verlag, Wesselinger Str. 15-17, 50999 Köln, www.fgsv-verlag.de, erhältlich ist.

Bild 1:	Verkehrszeichen der StVO zu benutzungspflichtigen Radwegen [BASt 2021a] ..	20
Bild 2:	Hindernis auf einem neuen Radschnellweg [HANKE 2019].....	27
Bild 3:	Engstelle auf einem Radweg in Wien [NUTZ 2017]	27
Bild 4:	Abläufe und Verfahren des Qualitätsmanagements im Überblick gemäß ERA [FGSV 2010]	35
Bild 5:	Schmalspurfahrzeug der AWB Köln (Bild: AWB)	37
Bild 6:	Bauweisen für Geh- und Radwege nach RStO (Tafel 6) [FGSV 2012b]	39
Bild 7:	Keilschneepflug und seine Einstellmöglichkeiten [GEIMER, POHLANDT 2014]..	40
Bild 8:	Schmalspurfahrzeug mit Frontkehrwalze (Bild: CYPRA)	41
Bild 9:	Streumaschine mit Streuteller für FS 30-Einsatz (Bild: WIESLER)	41
Bild 10:	Vergleich mit Kehrwalze und Salz (links) sowie mit Pflug und Splitt (rechts) geräumter Radwege in Stockholm [NISKA, BLOMQVIST 2018a]	42
Bild 11:	Ranking der fahrradfreundlichsten Städte in Deutschland, in Anlehnung an [Statista 2019]	44
Bild 12:	Infostand und Ausgabe von Getränken in Oulu für Radfahrende im Winter (Bild: Harri VAARALA)	46
Bild 13:	Winternetz in Wien 2020/2021 [Stadt Wien - ViennaGIS 2020]	53
Bild 14:	Semimobile Solemischanlage in Wien [NUTZ 2017].....	54
Bild 15:	Teststrecke zur Ausbringung von FS 100 (blau) und herkömmlich geräumte Vergleichsstrecke (rot) [HEBERLEIN 2017]	56
Bild 16:	Mit FS 100 präparierter Radweg in Hannover (Bild: aha-Archiv).....	57
Bild 17:	Vollanschlussgebiet München und priorisierte Radwegetouren, Kartengrundlage: [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]	64
Bild 18:	Streustufen der Radwegeverbindungen in Köln (Bild: AWB).....	66
Bild 19:	EcoSensorBike der Hochschule Karlsruhe (Bild: WIESLER)	68
Bild 20:	Routen für die Befahrung bei winterlicher Witterung in Karlsruhe [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0].....	71
Bild 21:	Auswertung der Winterdiensteinsätze an befahrenen Strecken [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]	73

Bild 22:	Auswertung der Befahrung der Route Ettlingen am 10.02.2021 [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0].....	73
Bild 23:	Auswertung der Befahrbarkeit am Durlacher Tor, 11.02.2021 (Die Punkte stellen GPS-Signale der Winterdienstfahrzeuge dar) [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0].....	74
Bild 24:	Routen für Befahrung bei winterlicher Witterung in München [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]	76
Bild 25:	Auswertung der Befahrung der Route Trudering am 20.03.2021 [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0].....	78
Bild 26:	Routen für Befahrung bei winterlicher Witterung in Köln [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]	79
Bild 27:	Fehlende Räumung der Übergänge zwischen Radweg und Radfahrstreifen (Bild: WIESLER)	80
Bild 28:	Fehlende Durchgängigkeit an Kreuzungen und Querungsstellen (Bild: WIESLER).....	80
Bild 29:	Schneerückstände auf Brückenbauwerk (Bild: HOLLDORB)	81
Bild 30:	Schwierig zu befahrene Streckenabschnitte infolge nicht vollständiger Räumung (Bild: HOLLDORB)	81
Bild 31:	Abschnitte ohne winterdienstliche Betreuung (Bild: RIEL)	82
Bild 32:	Zugeschobene Radwege durch geräumte Gehwege (Bild: MÄRZ)	82
Bild 33:	Anbringung der Frontkameras zur Dokumentation der Winterdienstesätze (Bild: WIESLER)	94
Bild 34:	Anbringung der rückwärtigen Kamera an einem Fahrzeug des AfA mit Sprühbalken für FS 100 (Bild: WIESLER)	95
Bild 35:	Anbringung der rückwärtigen Kamera an einem Fahrzeug des Dienstleisters in Karlsruhe (Bild WIESLER)	95
Bild 36:	Ausschnitt der Videoaufzeichnung bei der Winterdienstbetreuung in Karlsruhe über das Programm DashWare (Bild: MÄRZ)	96
Bild 37:	Darstellung der aufgezeichneten GPS-Daten des Winterdienstesatzes des AfA am 17.01.2021 [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0] .	97
Bild 38:	Ausschnitt der Videoaufzeichnung bei der Winterdienstbetreuung in München über das Programm DashWare (Bild: MÄRZ)	98
Bild 39:	Zustimmung zu Statements in Abhängigkeit von der Fahrradnutzung im Winter.....	104
Bild 40:	Bevorzugte Kanäle zur Information über ein Winterradnetz (Mehrfachantwort möglich, n=2944)	105
Bild 41:	Wichtigste Anforderungen an ein Winterradnetz (max. 3 Antworten möglich, n=2944).....	105

Bild 42:	Mängel am Winterradnetz bzw. Gründe gegen das Fahrradfahren im Winter (Mehrfachantwort möglich; nur Befragte aus Karlsruhe, welche das lokale Winterradnetz kennen; n=128).....	106
Bild 43:	Zufriedenheit mit dem Zustand der Radwegeverbindungen im Winter.....	106
Bild 44:	Darstellung der Häufigkeit erlebter Situationen bei der Radnutzung im Winter.....	107
Bild 45:	Bevorzugte Kanäle zur Meldung von Mängeln (Mehrfachantwort möglich)....	108
Bild 46:	Bewertung der Befahrbarkeit in den winterlichen Situationen (n=2944)	108
Bild 47:	Ergebnisse zur Geschwindigkeitsreduktion in den winterlichen Situationen (n=2944).....	109
Bild 48:	Auswirkung der winterlichen Situationen auf die zukünftige Routenwahl (n=2944)	110
Bild 49:	SWS Karlsruhe Ostring, Beleuchtungsmast mit Sensorik für atmosphärische Parameter und Kamera (links), Sensor im Radweg (rechts) (Bild: HOLLDORB).....	114
Bild 50:	Nicht betreuter Radweg im Bereich der SWS (Bild: WIESLER).....	114
Bild 51:	Kamerabild SWS Ostring bei beginnendem Schneefall (Bild: HOLLDORB)	115
Bild 52:	Ganglinie Oberflächen- und Lufttemperatur 03.02.2021 an der SWS Ostring .	118
Bild 53:	Ganglinie Oberflächen- und Lufttemperatur 10.02.2021 an der SWS Ostring .	119
Bild 54:	Ganglinie Oberflächen- und Lufttemperatur 14.02.2021 an der SWS Ostring .	119
Bild 55:	Ganglinie Oberflächen- und Lufttemperatur 22.12.2021 an der SWS Ostring .	120
Bild 56:	Häufigkeit der Messung eines feuchten (> 50 µm) bzw. nassen (≤ 50 µm) Zustands auf Fahrbahn und Radweg (Lufttemperatur < 2 °C, 17:00 - 08:00 Uhr)	121
Bild 57:	Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 30.12.20 – 31.12.20.....	122
Bild 58:	Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 03.01.21 – 04.01.21.....	122
Bild 59:	Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 12.01.21 – 13.01.21.....	123
Bild 60:	Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 19.01.21 – 20.01.21.....	123
Bild 61:	Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 30.01.21 – 31.01.21.....	123
Bild 62:	Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 27.11.21 – 28.11.21.....	124
Bild 63:	Wasserfilmdicke auf Radweg und Fahrbahn am 09.12.21 – 10.12.21.....	124
Bild 64:	Spül-Saug-Gerät der Firma ESG (Bild: MÄRZ)	126
Bild 65:	Versuchsaufbauskitze der Messfeldanordnung im Feldversuch mit dem Spül-Saug-Gerät (In Anlehnung an [HAUSMANN 2012]).....	126
Bild 66:	Plandarstellung der Messfeldanordnung zur Messung mittels Spül-Saug-Gerät auf Radwegen [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0].....	127
Bild 67:	Austragung der Streustoffe vor der Messung in Köln (Bild: WIESLER).....	127

Bild 68:	Wiegetest für Sole-Dosierung (Bild: WIESLER)	128
Bild 69:	Überprüfung des Streubilds (Bild: WIESLER)	129
Bild 70:	Fahrspuren des Radverkehrs auf der Deutzer Brücke in Köln (Bild: MÄRZ).....	130
Bild 71:	Darstellung der ausgewerteten Daten nach der Messung in Karlsruhe mit FS 100	132
Bild 72:	Betreuter Streckenabschnitt mit FS 100 (dunkler Bereich im Bildvorder- grund) nach 24 Stunden in Karlsruhe (Bild: Wiesler).....	133
Bild 73:	Ungleichmäßiger Streuvorgang zu Beginn der FS 30 Austragung.....	134
Bild 74:	Plandarstellung der Zählstellen in Karlsruhe [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0].....	135
Bild 75:	Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungs- zustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im Februar 2021	136
Bild 76:	Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungs- zustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im März 2021	136
Bild 77:	Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungs- zustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im April 2021	136
Bild 78:	Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt an den Zähl- stellen im Karlsruhe im Sommer 2021.....	137
Bild 79:	Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungs- zustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im Dezember 2021/Januar 2022	137
Bild 80:	Tägliches Radverkehrsaufkommen in Richtung Innenstadt, Witterungs- zustand und Temperatur der Vergleichszählung an den Zählstellen in Karlsruhe im Februar/März 2022	138
Bild 81:	Für einen möglichen Winterdiensteinsatz untersuchter Abschnitt der Haid-und-Neu-Straße in Karlsruhe [© OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA 2.0]	138
Bild 82:	Direkt an Straßenbahngleise angrenzender Radfahrstreifen (Bild: WIESLER) .	139
Bild 83:	Zufahrt zum Radweg für linksabbiegende Radfahrende am Knotenpunkt Hirtenweg (Bild: WIESLER).....	140
Bild 84:	Kurzer Radweg, der kurz nach dem Knotenpunkt Hirtenweg auf die Fahrbahn geführt wird (Bilder: HOLLDORB)	140
Bild 85:	Baulicher Radweg mit Hochbord zwischen den Knotenpunkten Hirtenweg und Ostring (Bild: WIESLER).....	140
Bild 86:	Großer Kurvenradius am Knotenpunkt Tullastraße (Bild: WIESLER).....	141
Bild 87:	Piktogramm zur Beschilderung von Strecken in einem Winterradnetz	147

Bild 88: Übersichtkarte über die Meistereien, für die im Rahmen des FE-Vorhabens (KliBet) Witterungsparameter ermittelt wurden [HOLLDORB et al. 2016].....	151
Bild 89: CO ₂ -Emissionen bei den vergleichbaren CMIP5- (RCPxx) und CMIP6 (SSPxx)-Szenarien [HAUSFATHER 2019]	153
Bild 90: Radfahrer muss auf Fahrstreifen ausweichen (Bild: CYPRA).....	157
Bild 91: Pfostenabspernung kann nur durch Herausnehmen eines Pfostens durchfahren werden (Bild: MÄRZ)	160
Bild 92: Beispielhafte Darstellung des Piktogramms für das Winterradnetz neben der Zielangabe	171

Tabellen

Tab. 1:	Maßnahmen zur Information und Motivation [BMVIT 2015].....	36
Tab. 2:	Bewertungsklassen der Befahrbarkeit.....	68
Tab. 3:	Übersicht befahrener Routen in Karlsruhe	71
Tab. 4:	Befahrungen im Winter 2020/2021 in Karlsruhe	72
Tab. 5:	Übersicht befahrener Routen in München.....	75
Tab. 6:	Befahrungen im Winter 2020/2021 und 2021/2022 in München.....	76
Tab. 7:	Befahrungen im Winter 2020/2021 in Köln.....	79
Tab. 8:	Übersicht befahrener Routen in Köln	79
Tab. 9:	Ausschnitt der Gesamtauswertung der Winterdiensteinsätze in Karlsruhe	83
Tab. 10:	Anzahl Einsätze und Einsatztage nach Leistung in München.....	84
Tab. 11:	Anzahl an Einsätzen pro Tag/Einsatzgebiet in München 2020/2021.....	86
Tab. 12:	Ausschnitt der Auswertungstabelle der Winterdiensteinsätze in München für Bezirk 8	87
Tab. 13:	Ausschnitt der Gesamtauswertung der Winterdiensteinsätze in München	88
Tab. 14:	Auswertung der Winterdiensteinsätze in Köln	89
Tab. 15:	Ausschnitt der Auswertungstabelle einer dokumentierten Einsatzfahrt des AfA	97
Tab. 16:	Ausschnitt der Auswertungstabelle einer dokumentierten Einsatzfahrt in München	99
Tab. 17:	Winterliche Zustände in der Online-Umfrage	102
Tab. 18:	Individuelle Kommentare von Teilnehmenden der Online-Umfrage.....	111
Tab. 19:	Erfasste Parameter an der SWS Ostring	115
Tab. 20:	Lücken im Datenbestand der SWS-Daten	116
Tab. 21:	Mittelwerte von Lufttemperatur sowie Oberflächentemperatur für Fahrbahn und Radweg an der SWS Ostring	117
Tab. 22:	Betrachtete Intervalle zur Analyse der Wasserfilmdicke an der SWS Ostring ..	121
Tab. 23:	Zusammenstellung der Messungsergebnisse zur Liegedauer auf der Deutzer Brücke (Rote Werte = ungültige Werte).....	130
Tab. 24:	Bewertung der Kriterien für winterdienstfreundliche Querschnitte der RAST 06	146
Tab. 25:	Prüfung von RAST-Querschnitten bzgl. der Anforderungen des Winterdienstes am Beispiel der Entwurfsituation 8 (Hauptgeschäftsstraße)	146
Tab. 26:	Höhenlage der berücksichtigten Meistereien, Datengrundlage: [HOLLDORB et al. 2016]	151

Tab. 27:	Prognostizierte winterdienstrelevante Witterungsparameter für die berücksichtigten Meistereien, Datengrundlage: [HOLLDORB et al. 2016]	152
Tab. 28:	Prognostizierter Winterdienstumfang für Radwege in den Regionen der berücksichtigten Meistereien	152
Tab. 29:	Anzusetzende durchschnittliche Kostensätze für Personal, Fahrzeuge und Geräte	154
Tab. 30:	Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse für das Szenario „Separate Betreuung von Schutzstreifen“	158
Tab. 31:	Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse bei Szenario „Einsatz von semimobilen Nachladestationen“	161
Tab. 32:	Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse bei Szenario „Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs“	162
Tab. 33:	Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse bei Szenario „Betreuung von Radwegen untergeordneter Priorität“	163
Tab. 34:	Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse bei Szenario „Integration von Radwegeverbindungen über Anliegerstraßen“	165

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Unterreihe „Verkehrstechnik“

2023

V 366: Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen

Schüller, Niestegge, Hantschel, Kühn, Gerike, Huber

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 367: In Situ-Messungen von Reflexionseigenschaften von Fahrbahnoberflächen

Schulze

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 368: Methoden zur Bewertung der Verbindungsqualität in Straßennetzen

Friedrich, Bawidamann, Peter, Waßmuth

€ 20,00

V 369: Verkehrsablauf an signalisierten Knotenpunkten mit hohem Radverkehrsaufkommen

Fritz, Grigoropoulos, Kath, Baier, Reinartz, Schuckließ, Junghans, Lücken, Leonhardt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 370: Wissenschaftliche Begleitung des digitalen Testfelds auf der A9 zwischen München und Nürnberg

Vierkötter, Mischnick, Spangler, Gerstenberger, Windmann, Nedkov, Emmermann, Haspel

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 371: Begleitende Systemevaluation der Maßnahme: Sicheres Ausleiten bei BAG-Standkontrollen

Fehn, Margreiter, Spangler, Bogenberger, Emmermann, Bengler, Vierkötter, Nedkov, Feldges, Holst

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 372: Autonome Systeme für Straßenbetriebsdienste (AETAS BAB)

Lüpges, Kleer, Holldorb, Zielke

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 373: Modellanalyse Schadstoffimmissionen – Auswirkungen des Verkehrs auf die Luftqualität in drei Ballungsräumen

Jakobs, Schneider, Toenges-Schuller, Düring, Hoffmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 374: Kriterien für die Beurteilung des Gefährdungspotenzials für Motorradfahrer durch scharfkantige Konstruktionsteile in Fahrzeug-Rückhaltesystemen

Kathmann, von Heel, Schimmelpfennig, Reglitz, Kammel, Goergen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 375: Virtuelle Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen mit der Finite-Elemente-Simulation

Fröhlich, Schwedhelm, Kübler, Balzer-Hebborn, Yu

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 376: Innovative Datenerfassung und -nutzung im Straßenbetriebsdienst

Hess, Best, Lohmeier, Temme

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2024

V 377: Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahresanalyse für unterschiedliche Randbedingungen

Geistefeldt, Hohmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 378: Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit an Arbeitsstellen auf Autobahnen unter unterschiedlichen Randbedingungen

Geistefeldt, von der Heiden, Oeser, Kemper, Diner, Baier, Klemps-Kohnen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 379: Nachhaltige Förderung des Radverkehrs im Winter durch optimierten Winterdienst (WinRad)

Holldorb, Riel, Wiesler, Cypra, März

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen · Tel.+(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48
Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.
www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.



ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-95606-787-7
<https://doi.org/10.60850/bericht-v379>

www.bast.de