



**Berichte des Deutschen Wetterdienstes**

**122**

**Winterliche Glätte auf den Fernverkehrsstraßen der  
Bundesrepublik Deutschland**

von  
Albrecht Sandreczki



Zitationsvorschlag:

Sandreczki, Albrecht: Winterliche Glätte auf den Fernverkehrsstraßen der Bundesrepublik Deutschland. - Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 1971. (Berichte des Deutschen Wetterdienstes ; 122)

ISSN der Onlineausgabe: 2194-5969

ISSN der Druckausgabe: 0072-4130

---

## Nutzungsbedingungen



Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz

Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

---

Herausgeber und Verlag: :

Deutscher Wetterdienst  
Frankfurter Straße 135  
D- 63067 Offenbach am Main

Internet: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

Mail: [bibliothek@dwd.de](mailto:bibliothek@dwd.de)

## Inhalt

	Seite
Vorwort .....	4
Zusammenfassung .....	5
Abstract .....	5
1. Allgemeine Betrachtungen über winterliche Straßenglätte .....	5
2. Faktoren für das Entstehen winterlicher Glätte .....	5
2.1. Meteorologische Faktoren .....	5
2.1.1. Glätte durch Niederschlag .....	5
2.1.2. Glätte ohne Niederschlag .....	5
2.1.3. Winterliche Glätte in Abhängigkeit von der Großwetterlage .....	6
2.2. Geographische Faktoren .....	6
2.3. Einwirkung des Straßenkörpers .....	7
2.3.1. Die Wärmeleitfähigkeit .....	7
2.3.2. Die spezifische Wärme .....	7
2.3.3. Die Wärmeaufnahme und -abgabe durch Strahlung .....	7
2.4. Einwirkung des Straßenverkehrs .....	8
2.5. Einwirkung von Schutzmaßnahmen .....	8
3. Untersuchung der Häufigkeit winterlicher Glätte auf den Fernverkehrsstraßen der BRD .....	8
3.1. Ausgangsmaterial und Arbeitsverfahren .....	8
3.2. Ergebnisse .....	9
3.2.1. Beziehung zwischen der Häufigkeit winterlicher Glätte und geographischen Faktoren .....	10
3.2.1.1. Abhängigkeit von der Höhe über NN .....	10
3.2.1.2. Abhängigkeit von den geographischen Koordinaten .....	11
3.2.2. Glatteis und Eisglätte als Sonderfälle winterlicher Glätte in Abhängigkeit von geographischen Faktoren .....	12
3.2.3. Großräumige Verteilung der Häufigkeit winterlicher Glätte .....	14
3.2.3.1. Winterliche Glätte insgesamt .....	14
3.2.3.2. Glatteis und Eisglätte .....	15
3.3. Einflüsse auf den Gültigkeitsbereich der Ergebnisse .....	15
3.3.1. Einfluß der Verkehrsmenge, Straßenwartung und Besiedlungsdichte ..	15
3.3.2. Einfluß der Tageszeit .....	15
3.3.3. Einfluß des untersuchten Zeitraumes .....	16
4. Gesamtergebnis .....	17
Literatur .....	18
Anhang: 2 Karten	

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Met. A. Sandreczki,  
8023 Pullach/Isartal, Seitnerstraße 14

### Vorwort

Die hier vorgelegte Arbeit über das Auftreten von Straßenglätte wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts erstellt, das die „Untersuchung und Darstellung der Wetter- und Klimabedingungen des deutschen Straßenverkehrs“ zum Thema hatte. Die Mittel für dieses Projekt entstammten anfangs dem ERP-Sondervermögen und waren später vom Bundesminister für Verkehr für wirtschaftsnahe Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dem Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt worden. Planung und Durchführung der Arbeiten lagen bei dem Referat Technische Klimatologie (Leiter: Dipl.-Ing. W. CASPAR) der Abteilung Klimatologie im Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes.

Es gehört zu den wichtigsten Aufgaben des Deutschen Wetterdienstes, sein umfangreiches Gut an meteorologischen Beobachtungen den Bedürfnissen der Praxis nutzbar zu machen. Besonders auf dem Gebiet des Straßenwesens können meteorologische Unterlagen eine wertvolle Hilfe bei Planungs-, Bau und Betriebsfragen sein.

Bekanntlich ist ein großer Teil der Verkehrsunfälle auf Einflüsse des Wetters zurückzuführen. Verkehrsfeindlich sind in erster Linie Glätte, Nebel, Schnee und Wind. Die Kenntnis der Verbreitung dieser Elemente und des Ausmaßes ihres Auftretens bewahrt vor Fehlinvestitionen und läßt rechtzeitig geeignete Maßnahmen zum Schutze der Verkehrsteilnehmer ergreifen.

Das Referat Technische Klimatologie befaßt sich deshalb in erster Linie in seinen Untersuchungen für das Straßenwesen mit diesen vier Elementen. Die Schnee- verhältnisse der Bundesrepublik wurden z. B. an Hand von 20jährigen Beobachtungen für nahezu 900 Stationen in Form einer umfangreichen Zusammenstellung von Tabellen dargestellt. Die Unterlagen geben u. a. Aufschluß über Häufigkeit und Andauer von Schneedecken mit unterschiedlicher Höhe. Der Windeinfluß ist an vielen exponierten Straßenabschnitten und Brücken untersucht worden. Durch diese Meßreihen konnten bereits wertvolle Hinweise für geeignete Schutzvorrichtungen gegen Seitenwinde gegeben werden. Diese Arbeiten wie auch die Nebeluntersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

Zweck dieser vorliegenden Arbeit ist es nun zu zeigen, welche Faktoren die Straßenglätte – wobei an Schnee- und Eisglätte gedacht ist – verursachen und wie oft mit diesem Phänomen im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland zu rechnen ist. Zahlreiche Anfragen nach den Ergebnissen dieser Untersuchung lassen erwarten, daß mit dieser Publikation den verschiedensten Sparten des Straßenwesens gedient ist, zumal dieses Thema nach Art und Umfang erstmalig behandelt wurde.

Ein Wort des Dankes sei all jenen gesagt, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben; angefangen bei den Beobachtern, die mit Fleiß und Ausdauer das Ausgangsmaterial geschaffen haben, bis zu den Verantwortlichen, die um die Bereitstellung der erforderlichen Mittel bemüht waren.

## Zusammenfassung

Für den Kraftverkehr ist der jeweilige Straßenzustand von Bedeutung. Winterliche Glätte in Form von Schnee- und Eisbelägen auf den Straßen beeinträchtigt die Verkehrssicherheit. Die folgende Untersuchung zeigt nach einer Darstellung der Gründe für das Entstehen der Straßenglätte, mit welcher Häufigkeit diese Glätte auf den Bundesfernstraßen zu erwarten ist.

Zwei Karten geben Aufschluß über die Verteilung der winterlichen Glätte im untersuchten Zeitraum 1956/57 bis 1960/61.

## Abstract

The actual road conditions are of importance for traffic. Slipperiness on roads in winter due to ice and snow impairs traffic safety. The following study shows firstly a description of the reasons for slipperiness on roads and secondly the frequency rate of slipperiness on Federal Roads.

Two maps give information on the distribution of the slipperiness in winter in the period studied 1956/57 - 1960/61.

## 1. Allgemeine Betrachtungen über winterliche Straßenglätte

Der Kraftfahrverkehr setzt voraus, daß ausreichende Reibungskräfte zwischen den Fahrzeugreifen und der Unterlage, d. h. der Straßendecke wirken. Diese Reibungskräfte hängen von der „Griffigkeit“ der Fahrbahnoberfläche ab, d. h. einerseits von der Rauigkeit des Straßenkörpers, andererseits von den äußeren Einwirkungen auf ihn, wie z. B. Verschmutzung, Nässe, Eis- und Schneeablagerungen. Insbesondere Eis und Schnee vermindern die Griffigkeit der Straßendecke erheblich. Messungen auf einer Betonstraße ergaben, daß die Bremspurlänge eines Kraftfahrzeugs unter sonst gleichen Bedingungen von 12,9 m bei trockener Fahrbahn und 14,4 m bei nasser Straße auf 27,3 m auf festgefahrener Schneedecke und 57,5 m auf Glatteis stieg (6). Dies vermindert die Fahrbarkeit und erhöht die Unfallgefahr auf schnee- und eisbedeckten Straßen. Rund  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  aller Straßenverkehrsunfälle in den Wintermonaten lassen sich auf Schnee- und Eisglätte zurückführen (8).

## 2. Faktoren für das Entstehen winterlicher Glätte

Die Art der sich bildenden Schnee- oder Eisbeläge sind im wesentlichen durch das Zusammenspiel verschiedener meteorologischer Faktoren (Niederschlag, Luft- und Straßendeckentemperatur, Strahlung und Wind) bestimmt, die durch geographische Faktoren (Seehöhe, geogr. Breite, Entfernung vom Meer, Geländeform und Exposition) modifiziert werden. Durch die Art des Straßenkörpers, durch die Fahrbahnwartung und den Kraftfahrverkehr vermag schließlich der Mensch selbst den winterlichen Straßenzustand zu beeinflussen.

### 2.1. Meteorologische Faktoren

Winterliche Straßenglätte kann entweder durch fallenden bzw. sich als Reif ablagernden Niederschlag oder ohne Niederschlag aus einer vorhandenen Schneedecke und aus Nässe entstehen.

#### 2.1.1. Glätte durch Niederschlag

Auf minusgradigen Fahrbahndecken bleiben Niederschläge in fester Form (Schnee, Graupel, usw.) zunächst liegen — falls nicht der Schmelzpunkt durch Salzstreuung herabgesetzt wurde — und führen zu entsprechender Glätte.

Trockener, federiger oder pulveriger Neuschnee kann ferner durch den Wind verlagert und zu Schneewehen angehäuft werden, und zwar auf gefrorener Unterlage schon bei Windstärken ab 3 bis 4 Bft (4 bis 8 m/sec), in einer durchgehend lockeren Verbindung mit tieferen Schichten dagegen erst ab 6 Bft (12 m/sec) (7).

Flüssiger Niederschlag (Regen, Sprühregen) gefriert auf Straßenoberflächen bei geeigneten Boden- und Lufttemperaturen zu einem glatten, klaren Überzug, dem „Glatteis“. Auch bei Nebel kann es zu entsprechenden Eisablagerungen („Nebeleis“) kommen, wenn Nebeltröpfchen größer als  $\frac{1}{20}$  mm im Durchmesser sind und merklich fallen, wenn also der Nebel „näßt“ (10). Versuchsreihen ergaben, daß sich in nahezu feuchtegesättigter Luft Glatteis bei Bodentemperaturen zwischen  $-1^{\circ}$  und  $-5,5^{\circ}$  C und Lufttemperaturen zwischen  $+0,5^{\circ}$  und  $5,7^{\circ}$  C bildet (9).

Bei tieferen Boden- bzw. Lufttemperaturen wurden Reifansätze beobachtet. Mit „Reifglätte“ ist vor allem nach klaren Spätherbst- und Winternächten zu rechnen, wenn die bodennahe Luft nahezu feuchtegesättigt ist.

Fällt unterkühlter Regen (Eisregen), so vereisen Fahrbahnen auch wenn sie Celsiuswerte knapp über  $0^{\circ}$  C aufweisen. Hierbei entsteht das besonders gefährliche „Spiegeleis“, das mit einem als Schmierschicht wirkenden Wasserfilm überzogen ist und bis zu 30 mm dick werden kann (8). Bei Spiegeleis kommt häufig der gesamte Kraftfahrverkehr zum Erliegen, öfters können nicht einmal die Streufahrzeuge ihr Ziel erreichen. —

Der Glättegrad von Eis nimmt mit der Temperatur ab. Eis mit  $-10^{\circ}$  C ist nur noch halb so glatt wie Eis in der Nähe des Schmelzpunktes.

#### 2.1.2. Glätte ohne Niederschlag

Auch ohne gleichzeitig fallenden Niederschlag können winterliche Verkehrsbehinderungen entstehen, so etwa, wenn Schnee aus einer benachbarten noch lockeren Schneedecke auf eine schon schneefrei geräumte Straße geweht wird. Die Menge dieses Treibschnees ist abhängig von der Richtung und Stärke des Windes, dem Wassergehalt des Schnees, der Ausdehnung des Straßenvorlands, der Geländeneigung und dem Höhenunterschied in der dem Windeinfluß ausgesetzten freien Schneefläche. Treibschnee vermag über 42% steile Luvhänge nicht mehr zu überwinden und lagert sich daher am Fuße solcher Hänge (z. B. vor einem Straßendamm) ab (7).

Ursprünglich vorhandene Nässe auf dem Fahrbahnen (z. B. Schmelzwasser, Regenpfützen, Sickerwasser, Abtropfwasser aus Kiestransportern) gefriert beim Absinken der Temperatur unter  $0^{\circ}$  C zu Eisglätte. Bei Frostwetter ist auch bei sonst trockenen Straßen stets mit lokaler Eisbildung zu rechnen. Hinsichtlich des Glättegrades unterscheidet sich Eisglätte nicht merklich von dem zuvor beschriebenen Glatteis (8).

Vorhandene Beläge winterlicher Straßenglätte können durch äußere Einflüsse umgestaltet werden oder auch verschwinden. Bei einem Tauwettereinbruch schmelzen Schnee- und Eisschichten ab. Dieser Vorgang verzögert sich, wenn eine längere Kälteperiode voraus-

ging, in der sich der Straßenkörper weit unter 0° C abkühlte. Durch Verdunstung und durch die Einwirkung des Kraftfahrverkehrs nimmt selbst bei anhaltendem Frostwetter vorhandener Glättebelag ab.

### 2.1.3. Winterliche Glätte in Abhängigkeit von der Großwetterlage

Das verbreitete, längerdauernde Auftreten von winterlicher Straßenglätte ist im allgemeinen an bestimmte Witterungsperioden gebunden. So beginnt ein größerer Zeitabschnitt mit Schnee- und Eisglätte häufig mit einer Nordwestlage, wenn bei einem Einbruch kalter Meeresluft die verbreitet fallenden Niederschläge auch in tieferen Lagen in Schnee übergehen (2). Die Glätte auf den Straßen bleibt je nach der Ergiebigkeit des Schneefalls mehr oder weniger lang erhalten, falls durch einen anschließenden Vorstoß des Azorenhochs nach Mitteleuropa durch Aufklaren und Ausstrahlung weitere Abkühlung bis unter den Gefrierpunkt eintritt (Typ A). Da der Schnee zunächst auf dem erst noch verhältnismäßig warmen Fahrbahnkörper teilweise geschmolzen war, bedeutet ein solches Absinken der Temperatur häufig das Entstehen verbreiteter Eisglätte.

Länger anhaltende Straßenglätte bildet sich außerdem nach dem Aufbau eines steuernden stabilen Hochdruckgebiets über Nordrußland, Skandinavien oder dem europäischen Nordmeer, das Mitteleuropa eine kalte Ost- und Nordostströmung bringt. Tiefdruckstörungen und Kaltlufttropfen am Südrande dieses Hochs sorgen immer wieder (besonders in Süddeutschland) für Schneefälle und damit für die Ausbildung und Erhaltung von Schneeglätte auf den bereits kalten Fahrbahnen (Typ B). Die Glätteperiode endet im allgemeinen durch die Umgestaltung zur Winkelwest- oder Nordwestlage, der sich eine Westlage anschließt.

Die beiden Haupttypen A und B von Zeitspannen witterungsbedingter Fahrbahnglätte können recht lange anhalten. Untersuchungen in Nürnberg-Buchenbühl (1946/47 - 1959/60) haben gezeigt, daß im genannten Zeitraum und an jenem Ort Typ A bis zu 19 Tagen (Winter 1952/53) und Typ B bis zu 35 Tagen (Winter 1955/56) andauerte (2).

Welch einen Einfluß die einzelnen Großwetterlagen auf die Erhaltung bzw. Veränderung des Straßenzustands haben, zeigt die nachstehende Tabelle.

Tab. 1

Häufigkeit von Großwetterlagen (%) bei Schnee- und Eisglätte in Nordbayern (1955/56—1959/60) nach täglichen Beobachtungen 5—6 Uhr.

Großwetterlagen	Schnee- und Eisglätte		
	Schnee- zunehmend*)	gleich- bleibend	abneh- mend*)
Nordwest- und Nordlagen	10,1	2,5	1,3%
Nordost- und Ostlagen (einschl. Kaltlufttropfen)	5,1	3,0	0,8
Südostlagen (mit Aufgleiten warmer Luft)	2,5	0,6	0,2
West- und Südwestlagen	7,5	6,4	19,2
Hochdrucklagen	0,8	25,8	14,2
Summe	26,0	38,3	35,7%

\*) sichtbar bei mindestens 5 bis 10% aller untersuchten nordbayerischen Straßenabschnitte.

Glätte wurde im Zeitraum 1955/56 - 1959/60 nach Beobachtungen in Nürnberg-Buchenbühl bei folgenden Großwetterlagen festgestellt: Nordwestlagen (36% aller Tage mit Glätte), Nordost- bis Südostlagen (6%), Südwestlagen (11%), Westlagen (42%) und Hochdrucklagen (5%).

Schnee- und Eisglätte traten im gleichen Zeitraum in Nordbayern auf bei:

Nordwest-Lagen und Troglagen mit Mittelmeerstörungen	an insgesamt 8 Tagen
Nordlagen	an insgesamt 14 Tagen
warmluftmodifizierte Nordwestlagen	an insgesamt 4 Tagen
Nordost- und Ostlagen, Kaltlufttropfen, Südost-Aufgleitlagen	an insgesamt 34 Tagen
warmluftmodifizierte Nordostlagen	an insgesamt 3 Tagen
West- und Südwestlagen	an insgesamt 11 Tagen

Inwieweit die obengenannten, für Nordbayern geltenden Häufigkeitswerte auch für andere Teile der BRD repräsentativ sind, könnte erst eine spätere Untersuchung zeigen.

### 2.2. Geographische Faktoren

Die die Straßenglätte erzeugenden und beeinflussenden meteorologischen Faktoren ändern ihren Betrag teils schon auf kleinem Raum. Deshalb führen gleiche Wetterlagen zu regional oft sehr unterschiedlicher Ausbildung von Fahrbahnglätte.

Allgemein läßt sich sagen, daß im Durchschnitt die Häufigkeit von winterlicher Glätte mit der Höhe über NN zunimmt, was aus dem Anstieg der mittleren Niederschlagssummen und dem Abfall der mittleren Lufttemperatur zwangsläufig folgt. Jedoch ist diese Änderung der Häufigkeitszahlen für die einzelnen Glättearten recht verschieden, wie die nachstehende Untersuchung noch zeigen wird.

Geringer und nur auf Entfernungen von 100 und mehr km merklich feststellbar ist der Einfluß der geographischen Breite. Die Zahl der Tage mit Straßenglätte nimmt in gleicher Seehöhe allmählich von Nord nach Süd ab.

Der Abstand vom Meer wirkt sich auf zweierlei Art auf die Bildung von winterlicher Glätte aus. Einerseits ist in Küstennähe die mittlere relative Luftfeuchte hoch und damit die Nebelhäufigkeit groß. Bei Nebelrassen auf gefrorenen Boden entsteht - wie schon oben gesagt - Nebeleis. Daher ist die Küstenzone verhältnismäßig reich an Tagen mit Eisansätzen auf Fahrbahnen. Dies zeigt sich vor allem in Schleswig-Holstein. Andererseits nimmt die mittlere Lufttemperatur im Winter mit zunehmender Entfernung vom Meer ab. Dieser Effekt macht sich jedoch auf das Anwachsen der Tage mit Straßenglätte erst in einem Abstand von mindestens 100 km bemerkbar. Näheres geht aus den Ergebnissen in Teil 3.2 dieser Bearbeitung hervor.

Die großräumigen geographischen Einflüsse werden überlagert von den Einwirkungen der Geländegestalt und der Exposition des Geländestückes, auf dem der jeweilige Straßenabschnitt verläuft. In nebelreichen Talniederungen und auf Bergkuppen ist öfter mit Glätte zu rechnen als in den dazwischenliegenden Hangzonen. Südhänge sind bei Sonneneinstrahlung früher schnee- und eisfrei als Nordabdachungen. Windexponierte Lagen begünstigen die Ausbildung von Schnee- und Eisglätte. Wälder neben den Fahrbahnen gewähren wohl Schutz vor Wind und Verwehungen, sie hemmen jedoch die Sonneneinstrahlung und damit das Abtauen der Eis- und Schneebeläge. Auf einer Straße durch orographisch stark gegliedertes Gelände muß der Kraftfahrer mit häufigen Überraschungen durch unvermutet auftretende Glätte rechnen. Als typisches Beispiel für ungünstige verkehrsklimatische Verhältnisse sei die durch den

Wienerwald führende Trasse der Autobahn Salzburg-Wien genannt (3). Nach der Überquerung des sturmreichen Hauptrückens des Wienerwaldes in 600 m ü. NN durchschneidet die Autobahn sechs größere und mehrere kleine Täler, die parallel zur Hauptwindrichtung West bis Nordwest verlaufen, und in denen sich der Wind düsenartig verstärkt. Im Winter besteht hier die Gefahr starker Schneeverwehungen. Daneben sind die beträchtlichen Unterschiede anderer meteorologischer Größen wie etwa Nebelhäufigkeit, Wind und Lufttemperatur auf engem Raum ebenfalls nachteilig für den Straßenverkehr und die Verkehrssicherheit.

Außer den natürlichen Geländeformen besitzen auch die Eingriffe des Menschen in die ursprüngliche Bodengestalt eine Bedeutung. So haben z. B. Straßeneinschnitte, Unterführungen und Brücken relativ oft Eisglätte zu verzeichnen.

Die örtliche Verschiedenheit des Straßenzustands läßt sich erklären, wenn man den Wärmehaushalt an der Oberseite einer Fahrbahndecke, bzw. der daraufliegenden Eis- oder Schneeschicht betrachtet (5). Gibt man den zu einer dieser Flächen fließenden Wärmeströmen ein positives, den von der jeweiligen Fläche wegführenden Strömen ein negatives Vorzeichen, so muß nach dem Energieerhaltungssatz und weil eine Fläche keine Wärmekapazität besitzt die Summe aller Wärmeströme gleich Null sein. Die Wärme kann in folgender Weise herangeschafft oder abtransportiert werden:

- 1) durch die Strahlung, die in der Gleichung durch die Differenz zwischen Ein- und Ausstrahlung, d. h. durch die Strahlungsbilanz  $S$  ausgedrückt ist;
- 2) durch den Wärmestrom  $B$  aus dem Erdboden (bzw. der daraufliegenden Eis- oder Schneedecke) oder in diesen Untergrund hinein;
- 3) durch den Strom fühlbarer Wärme  $L$  aus der Luft oder in die Luft;
- 4) durch den Strom latenter Wärme  $V$  durch Verdunstung oder Kondensation, und
- 5) durch die Wärme  $N$ , die durch fallenden Niederschlag dem Boden übermittelt wird.

Die Wärmehaushaltsgleichung lautet demnach:

$$S + B + L + V + N = 0$$

Die Einflüsse der Menschen auf den Wärmehaushalt einer Straßenoberfläche durch den Kraftfahrzeugverkehr (Reibungswärme) und durch Salzstreuung (Schmelzwärme) sind hierbei nicht berücksichtigt.

An einem klaren Wintertag ( $N = 0$ ) ist an besonnten Straßenabschnitten die Strahlungsbilanz  $S$  häufig positiv. Der Wärmestrom  $S$  auf eine mit Schnee oder Eis bedeckte Fahrbahn wird ausgeglichen durch die abströmende Wärme  $B$  in den Schnee- oder Eisbelag, der bei genügend kräftiger Einstrahlung schmilzt, und durch Abgabe fühlbarer Wärme  $L$  und latenter Wärme  $V$  bei Verdunstung. Schmelz- und Verdunstungsvorgänge beschleunigen den Abbau des winterlichen Glättebelags. An schattigen Stellen (z. B. in Waldschneisen, an Nordhängen) fehlt dagegen die Sonneneinstrahlung.  $S$  ist hier meist negativ. Überwiegt die Ausstrahlung, so wird zur Aufrechterhaltung der Wärmehaushaltsgleichung  $B$  positiv, d. h. die Schnee- oder Eisschicht gibt Wärme an die Grenzfläche zur Luft ab und wird damit noch kälter, falls kein entsprechend großer Wärmenachschub aus dem Erdboden an die Untergrenze des Eisbelags erfolgt. Bei positivem  $V$  tritt dazu noch Kondensation bzw. Sublimation in Form von Reifbildung an der Straßenoberfläche ein.

Ändert sich längs einer Fahrbahn der Wärmestrom  $B$  aus dem Erdboden, so kann sich dies ebenfalls auf den örtlichen Straßenzustand auswirken. Bei guter thermi-

scher Verbindung mit dem Untergrund (vor allem in feuchten Talniederungen) ist nach dem Abschluß einer Tauwetterperiode  $B$  positiv und groß. Ein sich kurzzeitig bildender Schnee- oder Eisüberzug wird sogleich von unten her zum Schmelzen gebracht. Ist die Straße dagegen thermisch schlecht oder fast gar nicht (z. B. auf Brücken) mit dem Erdboden verknüpft, so strömt nur wenig oder praktisch gar keine Wärme vom Untergrund zur Fahrbahnoberfläche. Sinkt die Lufttemperatur unter  $0^{\circ}\text{C}$  ab, so bleibt hier gefallener Schnee oder ein entstehender Eisbelag sehr schnell erhalten.

### 2.3. Einwirkung des Straßenkörpers

Neben den von außen herantretenden Faktoren meteorologischer und geographischer Art übt die Straße selbst einen merklichen Einfluß auf die Bildung und das Verschwinden der Eis- und Schneebelege aus. Besonders augenfällig tritt dies hervor, wenn z. B. nach einer längeren Periode milden Wetters Schnee fällt, der auf den benachbarten Wiesen und Feldern bald eine weiße Decke bildet, der jedoch auf der Straße noch wegschmilzt und höchstens eine wässrige Schicht von Matsch entstehen läßt. Die Ursache für diese Einwirkung des Straßenkörpers liegt in ihren andersartigen wärmephysikalischen Eigenschaften gegenüber der bewachsenen natürlichen Erdoberfläche. Von Bedeutung für die Entstehung und die Andauer von Fahrbahnglätte sind:

#### 2.3.1. die Wärmeleitfähigkeit

Sie ist groß bei Naturstein- und Betondecken, relativ klein bei Asphalt- und Teerbelägen und sehr klein bei Holz (Holzbrücken). Die Wärmeleitzahlen betragen für Pflastersteine  $0,7$  bis  $3,7$  kcal/m $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ , für Beton  $0,7$  bis  $1,7$  kcal/m $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ , für Gußasphalt  $0,6$  kcal/m $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$  und für Holz  $0,25$  kcal/m $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ . Eine große Wärmeleitfähigkeit bedeutet, daß Wärme und Kälte gut abgeführt werden und sich Temperaturunterschiede innerhalb des betreffenden Körpers schnell verringern. Schlechte Wärmeleiter vermögen schon nach kurzer Zeit an ihrer äußersten Oberfläche die Temperatur ihrer Umgebung anzunehmen, da ein Wärmeausgleich mit den tieferen Schichten nur recht zögernd erfolgt. Aus diesem Grunde vereisen und verschneien nach winterlichen Kälteeinbrüchen Asphalt- und Teerstraßen sowie Holzbrücken viel früher als Fahrbahnen aus Natursteinen und Beton. Umgekehrt erwärmt sich die oberste Schicht bituminöser Decken bei beginnendem Tauwetter rasch im Gegensatz zu Pflaster- und Betondecken, die ihren Glättebelag länger halten und an denen auftreffender Regen eine längerdauernde Glatteisbildung verursachen kann.

#### 2.3.2. die spezifische Wärme

Sie spielt eine Rolle für das Speichervermögen von Wärme oder Kälte im Boden. Bei Natursteinen und Beton rechnet man im Mittel etwa mit einer spezifischen Wärme von  $0,2$  kcal/kg $^{\circ}\text{C}$ , bei Asphalt mit einer solchen von ca.  $0,5$  kcal/kg $^{\circ}\text{C}$  und bei Holz mit  $0,57$  kcal/kg $^{\circ}\text{C}$  (4,6);

#### 2.3.3. die Wärmeaufnahme und -abgabe durch Strahlung

Helles Pflaster (Granit) und Beton absorbieren einen verhältnismäßig geringen Teil der auftreffenden Sonnen- und Himmelsstrahlung. Bei einem dunklen Pflaster, vor allem bei Asphalt- und Teerdecken ist die Strahlungsaufnahme wesentlich größer, wodurch vorhandene Eisbeläge schneller schmelzen und verdunsten als auf hellen Straßenoberflächen. Allerdings ist über dunklem Straßenmaterial auch die Ausstrahlung am stärksten. In klaren Nächten bildet sich deshalb hier leichter ein Reifansatz als auf Granit- und Betonböden.

Auch Holz (Holzbrücken) begünstigt Reifablagerungen. Eine reine Neuschneesicht auf den Fahrbahnen reflektiert die meiste auffallende Strahlung.

Über das abweichende wärmephysikalische Verhalten von Betonstraßendecken gegenüber einigen Arten von unbewachsenem Erdboden geben die Ergebnisse von Temperaturmessungen unter 22 cm dicken Modell-Betonplatten an mehreren Orten der BRD Aufschluß. Diese Messungen werden vom Deutschen Wetterdienst auf Anregung der Bundesanstalt für Straßenbau seit 1956 an ca. 10 Beobachtungsstellen durchgeführt mit dem

Ziel, Aufschluß über die Wärmebewegung unter Straßendecken bei verschiedenen Bodenarten und unterschiedlichen Wetterbedingungen zu erhalten. Übereinstimmend zeigt es sich, daß im Winter der Boden unter den genannten Straßenkörper-Teilen bis in mindestens 1 m Tiefe kälter ist als der unbewachsene natürliche Erdboden. Im fünfjährigen Zeitraum 1957—1961 wurden z. B. im Januar jeweils um 14 Uhr folgende mittlere Temperaturdifferenzen  $\Delta T_m$  (Betonplatte - unbewachsener Boden) festgestellt. Die beigefügten Werte  $\Delta T^+$  beziehen sich auf den Januar des kalten Winters 1962/63.

Tab. 2

Station	Bodenart	$\Delta T$ (°C)					
		Temperatur der Betonplatte		Temperatur des unbewachsenen Bodens			
		in	23 cm	50 cm	100 cm Tiefe		
		$\Delta T_m$	$\Delta T^+$	$\Delta T_m$	$\Delta T^+$	$\Delta T_m$	$\Delta T^+$
Husum	Klei	-1,1	-2,0	-0,8	-1,9	-0,9	-1,5
Hof	Lehm	-1,9	-3,5	-1,4	-2,5	-1,0	-1,5
Göttingen	Lehm ü. Kies	-1,7	-5,5	-1,4	-3,8	-1,5	-2,1
Stuttgart-Hohenheim	sandiger Lehm	-1,3	-2,9	-1,2	-2,1	-0,8	-0,8
Gießen-Liebigshöhe	lehmiger Sand	-0,3	-2,0	-0,6	-1,0	-0,2	-0,3
Trier-Petrisberg	lehm. Sand auf Flußgeröll	-1,2	-1,5	-0,2	-1,0	-0,1	-0,1
Braunschweig	anlehm. Sand über Grobsand	-0,5	-5,0	-0,4	-4,5	-0,2	-2,1
Karlsruhe	Sand	-1,0	-2,3	-1,1	-1,9	-0,5	-0,6

#### 2.4. Einwirkung des Straßenverkehrs

Schnee- und Eisaufgaben werden durch den Straßenverkehr in verschiedener Weise verändert und schließlich nach und nach beseitigt. Eine Neuschneedecke verfestigt sich schnell unter dem Druck der darüberrollenden Fahrzeuge. Reibungs- und Druckwärme leiten kurzzeitige Schmelzprozesse ein, denen bei Frostwetter ein Wiedergefrieren folgt. Allmählich verwandelt sich die festgefahrene Schneeaufgabe in Schneematsch und Eisglätte. Besonders an Stellen, an denen die Fahrzeuge öfter anhalten müssen, z. B. an Bahnübergängen und Straßenkreuzungen schmilzt durch die Übertragung von Reifenwärme der ursprüngliche Schneebeleg und friert anschließend zu gefahrbringenden Eisflecken (3).

Weiter werden die Schmelzvorgänge durch die zunehmende Verschmutzung der Schnee- und Eisdecke gefördert, die der Straßenverkehr verursacht. Je dunkler der Belag ist, desto mehr Strahlung wird absorbiert und in Wärme umgesetzt. Schließlich löst der ständig wechselnde Druck Schnee- und Eisteilchen von der Fahrbahn. Unter Mitwirkung des Fahrtwindes werden sie nach und nach an die Straßenränder geschleudert. Die durch den Verkehrsstrom ausgelöste kräftige Ventilation in der straßennahen Luftschicht sorgt außerdem für eine verstärkte Verdunstung und damit für ein allmähliches Abtrocknen der Fahrbahn.

Aus den genannten Gründen werden Straßen umso schneller schnee- und eisfrei, je dichter der auf ihnen flutende Verkehr ist. Auf verkehrsreichen Routen muß man an weniger Tagen mit winterlichen Verkehrsbehinderungen rechnen als auf schwach befahrenen Nebenstrecken.

#### 2.5. Einwirkung von Schutzmaßnahmen

Durch mannigfaltige Maßnahmen vermag man entstehende oder bereits vorhandene Schnee- u. Eisbeläge zu bekämpfen. Im Rahmen der üblichen Winterwartung werden Fahrbahnen von Neuschnee und Schneeverwehungen geräumt. Durch Sand- oder Salzstreuung werden Glätteschichten abgestumpft und schließlich

unter Mitwirkung des Kraftfahrverkehrs ganz aufgelöst. Durch Aufstellen von Schneezäunen und Anpflanzen von Hecken in der vorherrschenden Windrichtung zwingt man Treibschnee schon vor dem Erreichen der Fahrbahn zur Ablagerung. Völlig verhindern könnte man winterliche Verkehrsbehinderungen mittels einer Fahrbahnheizung, jedoch scheitert vorerst eine weitreichende Anwendung dieser Methode an der Kostenfrage.

#### 3. Untersuchung der Häufigkeit winterlicher Glätte auf den Fernverkehrsstraßen der BRD

Zur möglichst lückenlosen Aufrechterhaltung des Straßenverkehrs in den Wintermonaten ist eine ausreichende Vorsorge Grundbedingung. Die Schutzmaßnahmen gegen winterliche Glätte wie etwa das Bereitstellen von Räum- und Streufahrzeugen, von Streugut usw. müssen jedoch auch wirtschaftlich und rationell getroffen werden und sich nach den jeweiligen regional oft sehr unterschiedlichen Verhältnissen richten, nach der Häufigkeit, mit der an den einzelnen Orten im zeitlichen Mittel Schnee- oder Eisglätte, Neuschnee bzw. Schneeverwehungen auftreten. Differenzierte Angaben hierüber sind außerdem von Bedeutung bei der Projektierung neuer Verkehrswege. Ferner sind die Herstellerfirmen von Kraftfahrzeugreifen, aber auch die Autofahrer selbst interessiert daran zu wissen, wie oft im Jahr in den einzelnen Gebieten der BRD durchschnittlich Winterreifen oder gar Schneeketten erforderlich sind. Um solche Daten zu gewinnen, wurden im Rahmen des Deutschen Wetterdienstes nachstehende Arbeiten durchgeführt:

##### 3.1. Ausgangsmaterial und Arbeitsverfahren

Zugrunde lagen die vom Bundesverkehrsministerium im Rahmen des Straßenwetter- und Warndienstes (1) täglich durchgegebenen verschlüsselten Meldungen über den frühmorgendlichen Zustand (ca. 5.30 Uhr) der Einzelabschnitte der wichtigsten Fernverkehrsstraßen der BRD aus den Wintern 1956/57 - 1960/61. Diese Einzelmeldungen wurden mit den entsprechenden Wetterauf-

zeichnungen von benachbarten Klimastationen verglichen. Fehlende Werte wurden ergänzt und offensichtlich falsche Daten berichtigt. Bei höhergelegenen Straßenabschnitten (etwa im Hochschwarzwald) war es notwendig, auch die Monate außerhalb der winterlichen Meldedauer an Hand der Klimatabellen auf die Möglichkeit von Schnee- oder Eisglättebildung zu untersuchen. Zutreffende Fälle wurden dem Beobachtungsmaterial hinzugefügt. Das gesammelte und geprüfte Zahlenmaterial wurde nach folgenden Gruppen geordnet:

- a) Schneematsch oder / und schmelzendes Eis
- b) Glatteis oder Eisglätte
- c) Schneeglätte oder / und Neuschnee unter 15 cm
- d) Neuschnee über 15 cm oder / und starke Schnee-  
verwehungen

Eine genaue Trennung von „Schneeglätte“ und „Neuschnee unter 15 cm“ hätte nur schwer durchgeführt werden können, da oftmals niedrige Neuschneedecken als „Schneeglätte“ verschlüsselt waren. Außerdem war bei „Neuschnee über 15 cm“ und „starke Schnee-  
verwehungen“

gen“ in vielen Fällen eine strenge Unterscheidung nicht möglich.

Für jeden Streckenabschnitt wurde monats- und winterweise die Zahl der Tage ermittelt, an denen die nach den Gruppen a) bis d) unterschiedene Straßenglätte herrschte. Da sich neben dem Meldeschlüssel für die Fahrbahnbeschaffenheit auch die Grenzen zahlreicher Meldeabschnitte im Zeitraum 1956/57-1960/61 änderten, mußten in vielen Fällen die ausgezählten Häufigkeiten auf die neue Streckeneinteilung abgestimmt werden.

### 3.2. Ergebnisse

Für jeden der insgesamt 622 Meldeabschnitte der Autobahnen und Bundesstraßen wurden errechnet: Die mittlere Zahl der Tage pro Winter\*) mit Fahrbahnglätte (insgesamt), davon die Zahl der Tage mit Schneematsch bzw. schmelzendem Eis, mit Glatteis oder Eisglätte, mit Schneeglätte bzw. Neuschnee unter 15 cm und mit Neuschnee über 15 cm bzw. starken Schnee-  
verwehungen. Diese Daten sind nach folgendem Schema zusammengestellt:

Tab. 3  
Mittlere Häufigkeit von Straßenglätte in Bayern für einzelne Abschnitte der Bundesautobahnen (BAB) und Bundesstraßen (BS), Winter 1956/57 bis 1960/61

Bundesautobahn bzw. Bundesstraße		mittl. Zahl der Tage pro Winter mit Straßenglätte davon:				
amtl. Nr. (Wi. 1960/61)	Abschnitt	insges.	Schneematsch oder / und schmelzend. Eis	Glatteis oder Eisglätte	Schneeglätte oder / und Neuschnee < 15 cm	Neuschnee $\geq$ 15 cm oder / und starke Schnee- verwehungen
<b>BAB</b>						
570	Weyarn - Bad Aibling	54.9	5.5	24.4	23.9	1.1
571	Bad Aibling - Rosenheim - Rohrdorf	46.6	4.6	17.1	24.2	0.7
572	Rohrdorf - Bernau a. Chiemsee	55.7	6.0	19.0	30.0	0.7
573	Bernau - Feldwies	52.0	4.9	17.8	28.8	0.5
574	Feldwies - Anger	60.0	5.9	18.5	33.4	2.2
575	Anger - Staatsgrenze (Salzburg)	46.4	4.6	13.8	27.5	0.5
580	Dreieck Holledau - Mainburg	36.5	4.3	12.8	18.8	0.6
581	Mainburg - Elsendorf	37.6	4.8	12.2	20.0	0.6
<b>BS</b>						
2/1	Töpen - BAB Hof	69.7	8.2	16.0	44.8	0.7
2/6	Nürnberg - Roth - Weißenburg i. Bay.	39.7	4.9	12.0	22.6	0.2
2/7	Weißenburg i. Bay. - Monheim	52.7	5.8	15.1	31.3	0.5
2/8	Monheim - Donauwörth	46.8	6.3	12.8	27.3	0.4
2/9	Donauwörth - Augsburg	36.0	5.7	12.0	17.7	0.6

Diese Tabellen (von denen ein Teilauszug wiedergegeben ist) liegen beim Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes vor und können dort eingesehen werden.

Für die kartenmäßige Darstellung erscheinen die auf die Meldeabschnitte bezogenen Häufigkeitszahlen nicht geeignet. Denn die Grenzen der Meldeabschnitte, die in vielen Fällen durch klimatisch recht verschiedenartige Gebiete verlaufen, sind in keiner Weise nach meteorologischen Gesichtspunkten gewählt. Außerdem weisen die einzelnen Abschnitte recht unterschiedliche Längen auf. So ist z. B. im bayerischen Allgäu der Abschnitt der Bundesstraße 18 Rothkreuz - Landesgrenze (Roggenzell) nur 3 km lang, während sich der niederbayerische Abschnitt der Bundesstraße 11 Arndorf - Landshut -

Kronwinkl über eine Ausdehnung von 75 km erstreckt. Die errechneten Häufigkeitszahlen gelten aber jeweils für einen ganzen Meldeabschnitt ohne Rücksicht auf dessen etwaige klimatische Inhomogenität.

Um allgemein gültige Aussagen über das Auftreten von Straßenglätte, über die Beziehung von deren Häufigkeit zu verschiedenen geographischen Faktoren treffen zu können, mußten die Häufigkeitswerte zunächst einmal statt auf Strecken auf bestimmte geographische Punkte bezogen werden. Hierzu wurden die mittleren Koordinaten der geographischen Breite  $\varphi$  und der Län-

\*) Unter „Winter“ ist hier der Zeitraum zwischen dem ersten und dem letzten Auftreten von Schnee- und Eisbelägen auf den Fahrbahnen zu verstehen.

ge  $\lambda$  jedes Streckenteiles abgemessen und eine Bezugshöhe errechnet. Da eine vergleichende Untersuchung ergab, daß die täglichen Meldedaten über Fahrbahnglätte nur teilweise die Verhältnisse in der mittleren Höhe  $h_m$ , teilweise jedoch den Zustand in der Maximalhöhe  $h_x$  angaben, wurde die Bezugshöhe  $h$  als Mittel aus  $h_m$  und  $h_x$  festgelegt.

**3.2.1. Beziehung zwischen der Häufigkeit winterlicher Glätte und geographischen Faktoren**

**3.2.1.1. Abhängigkeit von der Höhe über NN**

Getrennt nach  $1^\circ$ -Bereichen der geographischen Breite  $\varphi$  und der Länge  $\lambda$  wurden die mittleren Höhen ( $h$ )-Funktionskurven der Zahl der Tage ( $N_G$ ) mit winterlicher Glätte (insgesamt) aus den jeweiligen Gruppen von Einzelwerten näherungsweise gezeichnet. Als Beispiele sind hier die Abb. 1a-1c dargestellt. Es ist zu

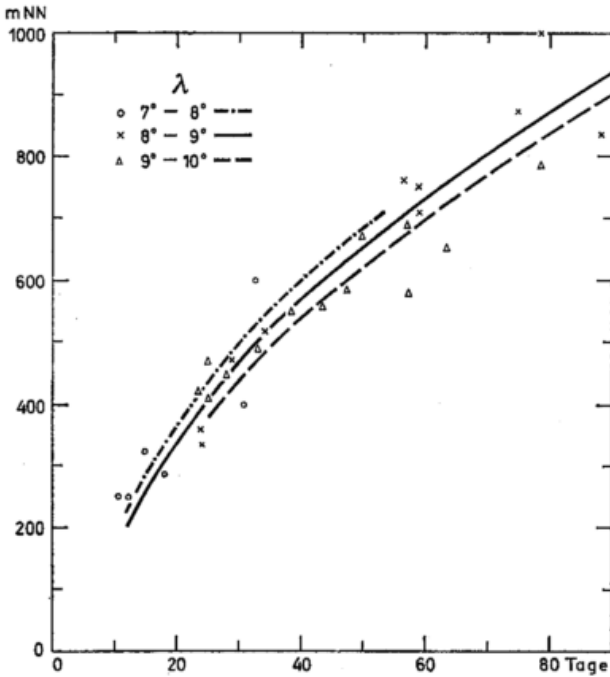


Abb. 1a  
Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Schnee und Eis auf Autobahnen und Bundesstraßen für eine geographische Breite  $\varphi$  von  $47^\circ$  bis  $48^\circ$  N und eine Länge  $\lambda$  von  $7^\circ$  bis  $10^\circ$  E.

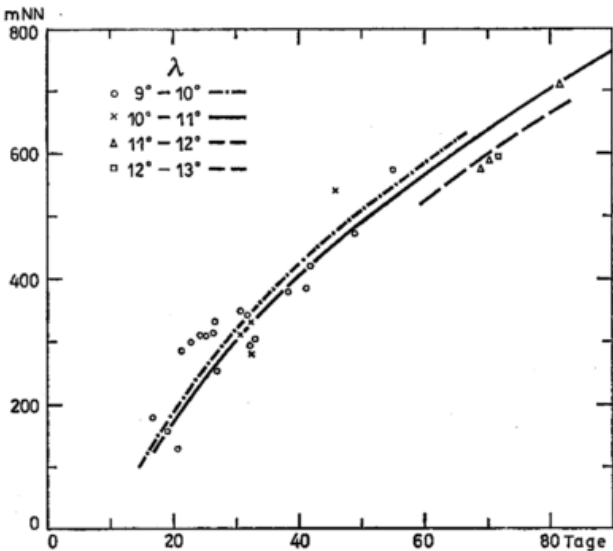


Abb. 1b  
Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Schnee und Eis auf Autobahnen und Bundesstraßen für eine geographische Breite  $\varphi$  von  $50^\circ$  bis  $51^\circ$  N und eine Länge  $\lambda$  von  $9^\circ$  bis  $13^\circ$  E.

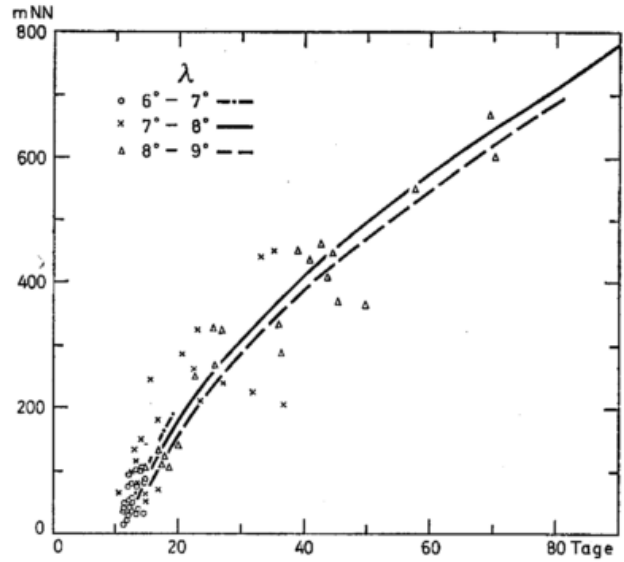


Abb. 1c  
Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Schnee oder Eis auf Autobahnen und Bundesstraßen für eine geographische Breite  $\varphi$  von  $51^\circ$  bis  $52^\circ$  N und eine Länge  $\lambda$  von  $6^\circ$  bis  $9^\circ$  E.

beachten, daß die Kurven meist nicht genau für die  $\varphi, \lambda$ -Intervallmitten gelten, da die entsprechenden geographischen Bereiche vielfach nicht gleichmäßig mit Werten besetzt sind.

Trotz der teilweise stärkeren Streuung der Einzelwerte zeigte sich eine weitgehende Übereinstimmung der Gestalt der durch die Punktwolken in den Diagrammen gelegten mittleren Funktionskurven  $f(N_G)$  für den weitaus größten Teil der BRD, der sich von der Südgrenze (bei Ausschluß des bayerischen Alpengebietes zwischen Inn und Salzach) bis etwa zum  $52.$  Breitengrad erstreckt. In diesem Gebiet nimmt die Zahl der Tage mit winterlicher Glätte im Mittel durchweg mit der Höhe über NN zu. Diese Zunahme kann man für den Bereich  $0 \leq h_r \leq 800$  (m) in grober Näherung durch die Exponentialfunktion

$$N_G = 1,61 \left( \frac{h_r + 70}{100} \right)^{1,80} + 9 \quad [1]$$

ausdrücken.  $h_r$  ist die auf die Koordinaten  $\varphi = 50^\circ, \lambda = 9^\circ$  reduzierte Höhe über NN (Abb. 2).

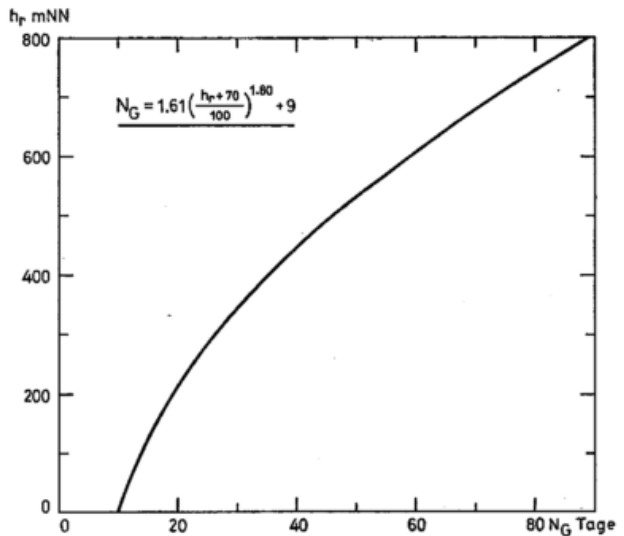


Abb. 2  
Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Schnee oder Eis auf Autobahnen und Bundesstraßen für eine geographische Breite  $\varphi$  von  $50^\circ$  N und eine Länge  $\lambda$  von  $9^\circ$  E.

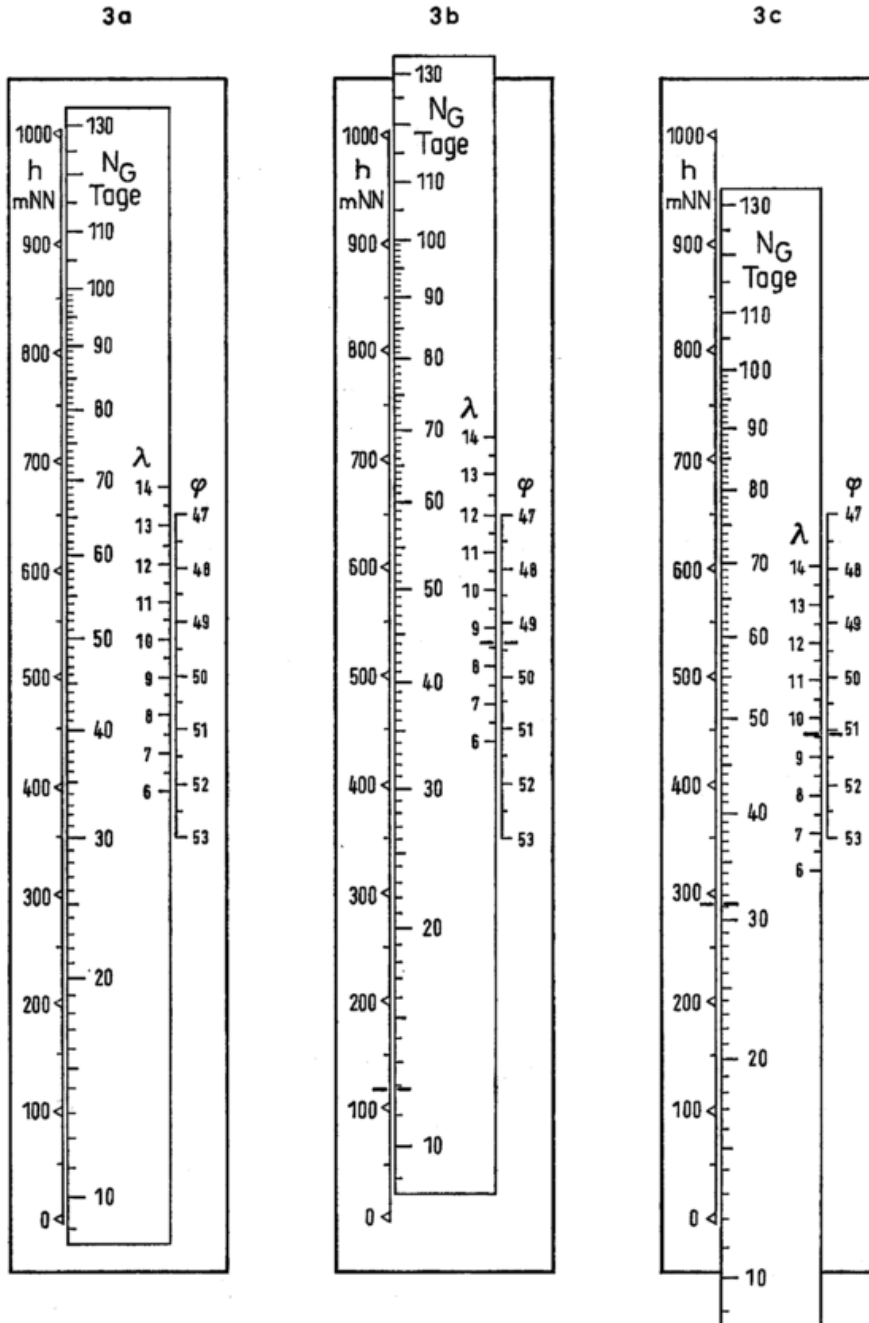
Für den Bereich nördlich des 52. Breitengrades ist eine Höhenabhängigkeit der  $N_G$ -Werte nicht mehr klar zu erkennen. Einerseits sind die Höhenunterschiede in diesem größtenteils zur norddeutschen Tiefebene zählenden Gebiete meist nur noch gering, andererseits zeigt es sich, daß mit der Annäherung an die Küste, also meist mit abnehmender Seehöhe, die Häufigkeitszahlen von Straßenglätte wieder anwachsen.

**3.2.1.2. Abhängigkeit von den geographischen Koordinaten**

Die mittleren Höhenfunktionskurven  $f(H_G)$  der Häufigkeit winterlicher Glätte stimmen – wie oben schon gesagt – in ihrer Form für die einzelnen 1°-Intervalle der geographischen Koordinaten recht gut überein. Jedoch

befinden sie sich auf den Diagrammblättern in verschiedenen Niveaus, und zwar liegen sie mit wachsender geographischer Breite und Länge immer tiefer. Sie lassen sich angenähert zur Deckung bringen, wenn man sie im Mittel pro 1° geogr. Breite um 50 m und pro 1° geogr. Länge um 35 m gegeneinander verschiebt. Somit erhält man die auf 50° geogr. Breite und 9° geogr. Länge reduzierte Bezugshöhe  $h_r$ , indem man der tatsächlichen Höhe  $h$  (in m über NN) eines Straßenpunktes mit den Koordinaten  $\varphi$  und  $\lambda$  das 50fache der Differenz  $\varphi - 50$  (in °) und das 35fache der Abweichung  $\lambda - 9$  (in °) hinzufügt.

$$h_r (\varphi = 50^\circ, \lambda = 9^\circ) = h + 50 (\varphi - 50^\circ) + 35 (\lambda - 9^\circ) \quad (\text{m}) \quad [2].$$



für  $\varphi = 50^\circ 00'$ ,  $\lambda = 9^\circ 00'$

für  $\varphi = 49^\circ 22'$ ,  $\lambda = 8^\circ 36'$   
 $h = 115 \text{ m ü. NN}$

für  $\varphi = 51^\circ 09'$ ,  $\lambda = 9^\circ 32'$   
 $h = 290 \text{ m ü. NN}$

Abb. 3a – 3c  
 Graphisches Verfahren zur Abschätzung der mittleren Zahl der Tage im Winter mit Schnee oder Eis auf Autobahnen und Bundesstraßen.

Man ersieht daraus, daß im räumlichen Durchschnitt die mittlere Zahl der Tage pro Winter mit Fahrbahnglätte etwa den gleichen Wert behält, wenn die Straße nach Nord um 50 m pro Breitengrad (111 km) bzw. nach Osten um 35 m pro Längengrad (69 bis 75 km) absinkt. Hierbei wird ausdrücklich betont, daß alle anderen Faktoren, die für die Häufigkeit des Auftretens winterlicher Glätte von Bedeutung sind, wie etwa die Geländeform, die Exposition gegenüber Wind und Sonnenstrahlung, die Verkehrsdichte usw. bei diesen Betrachtungen unberücksichtigt bleiben. Die hier gemachten Aussagen beziehen sich stets auf mittlere Verhältnisse. Unter diesen Vorbehalten läßt sich die mittlere Zahl der Tage pro Winter mit Fahrbahnglätte auf geographischem Wege näherungsweise recht einfach bestimmen.

Gegeben ist auf einem Grundblatt eine lineare Höhen-skala (Abb. 3a), der durch einen Leerstreifen getrennt eine lineare Skala der geographischen Breite  $\varphi$  so zugeordnet ist, daß einer Höhendifferenz  $\Delta h = 50$  m genau ein  $\Delta \varphi$  von  $1^\circ$  entspricht.  $\varphi_0 = 50^\circ$  steht neben

$h = 500$  m. Ein Auflegestreifen, der in das Leerfeld des Grundblattes paßt, enthält eine Skala der mittleren Zahl der Tage pro Winter mit Fahrbahnglätte ( $N_G$ ). Diese Skala wurde aus der mittleren Höhenfunktionskurve der beobachteten Häufigkeiten bestimmt, die ab ca. 800 m ü. NN merklich von den nach der Formel [1] errechneten Häufigkeiten  $N_G$  abweicht. Sie gibt beim Anlegen der Marke  $N_G = 46$  an den  $h$ -Wert 500 (m) des Grundblattes für alle vorkommenden auf  $50^\circ$  Breite und  $9^\circ$  Länge reduzierten Höhen  $h_r$  den jeweils danebenstehenden Wert  $N_G$  an. Rechts neben der  $N_G$ -Skala befindet sich ein linearer Maßstab der geographischen Länge  $\lambda$ .  $\lambda_0 = 9^\circ$  ist auf gleicher Höhe wie  $N_G = 46$  vermerkt. Der Abstand von Grad zu Grad ( $\Delta \lambda$ ) beträgt genau 35 m auf der  $h$ -Skala. Bei einer gegebenen beliebigen geogr. Länge und Breite  $\varphi$  und  $\lambda$  sucht man zunächst auf der Grundskala den Wert  $\varphi$  auf und bringt diesen mit dem  $\lambda$ -Wert des Auflegestreifens zur Deckung. Dann liest man unter der gegebenen Höhe  $h$  die gesuchte mittlere Zahl der Tage pro Winter mit Straßenglätte  $N_G$  ab.

Tab. 4  
Häufigkeit winterlicher Glätte - geschätzt (auf graphischem Wege) und beobachtet

Bei- spiel Nr.	Land	Straßenabschnitt  Benennung	Mittlere geogr. Koord.		Bezugs höhe h (m)	mittl. Zahl d. Tage/Wi. mit Straßenglätte ( $N_G$ ) nach graph.   nach Beob- Verfahren   achtungen	
			$\varphi$	$\lambda$			
1	Bayern	Stockstadt — Aschaffenburg — Hösbach	50°00'	9°09'	160	16,5	18,8
2	Bayern	Bad Aibling — Rosenheim — Rohrdorf	47°49'	12°04'	495	45,2	46,6
3	Baden-Württemberg	Landesgrenze — Mannheim — Heidelberg — Kronau	49°22'	8°36'	115	11,9	15,5
4	Baden-Württemberg	Radolfzell (Bodensee) — Espasingen	47°47'	9°32'	450	29,3	27,6
5	Hessen	Kassel — Homburg (Bez. Kassel)	51°09'	6°48'	290	31,2	31,1
6	Rheinland-Pfalz	Hermerskeil — Zerf (Hunsrück)	49°36'	9°00'	530	38,5	37,2

Die Beispiele Nr. 3 und 5 sind in den Abb. 3b und 3c dargestellt.

Auf Grund einer Vielzahl weiterer Beispiele zeigt es sich, daß die nach dem graphischen Verfahren gewonnenen Werte im allgemeinen verhältnismäßig gut mit den beobachteten Daten  $N_G$  übereinstimmen. Größere Unterschiede treten vor allem bei höhergelegenen bzw. durch gebirgiges Gelände führenden Straßen auf. Erheblich zu niedrig liegen die auf dem Meßstreifen abgelesenen Werte bei den Straßen des Alpengebietes zwischen Inn und Salzach. Trotz der relativ geringen Höhe über NN verzeichnen die dortigen Tallagen eine überaus große Zahl von Tagen mit Fahrbahnglätte, was sich auf den besonderen Schneereichtum jener Gegend zurückführen läßt. Beispiel: Auf dem Abschnitt „Schwarzbach - Bad Reichenhall - Unterjettenberg“ der Bundesstraße 21 mit den mittleren Koordinaten  $\varphi = 47^\circ 43'$ ,  $\lambda = 12^\circ 57'$  und der Bezugshöhe  $h = 505$  m tritt nach Beobachtungen im Durchschnitt der fünf Winter 1956/57 bis 1960/61 an 77,2 Tagen Straßenglätte auf. Nach dem hier nicht anwendbaren graphischen Verfahren ergäbe sich ein  $N_G$  von nur 49,5 Tagen.

Es ist zu beachten, daß sich die nach Formel [1] errechneten bzw. nach dem graphischen Verfahren abgeschätzten Werte der Häufigkeit winterlicher Glätte allein auf die frühmorgendlichen klimatischen Verhältnisse des untersuchten relativ kurzen Zeitraums 1956/57 bis 1960/61 beziehen. Um Aussagen über die mittleren Häufigkeitswerte einer langjährigen Zeitspanne (etwa

des klimatologischen Normalzeitraums 1931-60) sowie für andere Tageszeiten machen zu können, sind die Ausführungen in den Abschnitten 3.3.2. und 3.3.3. zu berücksichtigen.

### 3.2.2. Glatteis und Eisglätte als Sonderfälle winterlicher Glätte in Abhängigkeit von geographischen Faktoren

Wegen der besonders starken Gefährdung des Kraftfahrers durch Glatteis bzw. Eisglätte wurde diese Art winterlicher Glätte gesondert untersucht.

Die mittleren Höhenfunktionskurven für die einzelnen geographischen Breiten- und Längenbereiche (bis  $\varphi = 52^\circ$ ) zeigen, daß die mittlere Häufigkeit von Glatteis und Eisglätte pro Winter ( $N_E$ ) im großräumigen Durchschnitt zunächst mit der Höhe zunimmt, und zwar im Mittel zwischen 1,5 und 3,7 Tagen je 100 m. Als Beispiele mögen dies die Abb. 4a-4c veranschaulichen. Diese Zunahme ist am kleinsten im Westen und Nordwesten der BRD (für  $\varphi = 49^\circ - 50^\circ$  und  $\lambda = 6^\circ - 9^\circ$ : 1,5 Tage und für  $\varphi 51^\circ - 52^\circ$  und  $\lambda = 6^\circ - 9^\circ$ : 1,8 Tage je 100 m) und am größten im Südosten (für  $\varphi = 47^\circ - 48^\circ$  und  $\lambda = 10^\circ - 13^\circ$ : 3,7 Tage je 100 m). Von einem gewissen Niveau  $h(N_{Ex})$  an wird im Mittel ein Höchstwert  $N_{Ex}$  erreicht. Oberhalb  $h(N_{Ex})$  bleibt die Zahl der Glatteis- und Eisglätte-Tage im räumlichen Durchschnitt

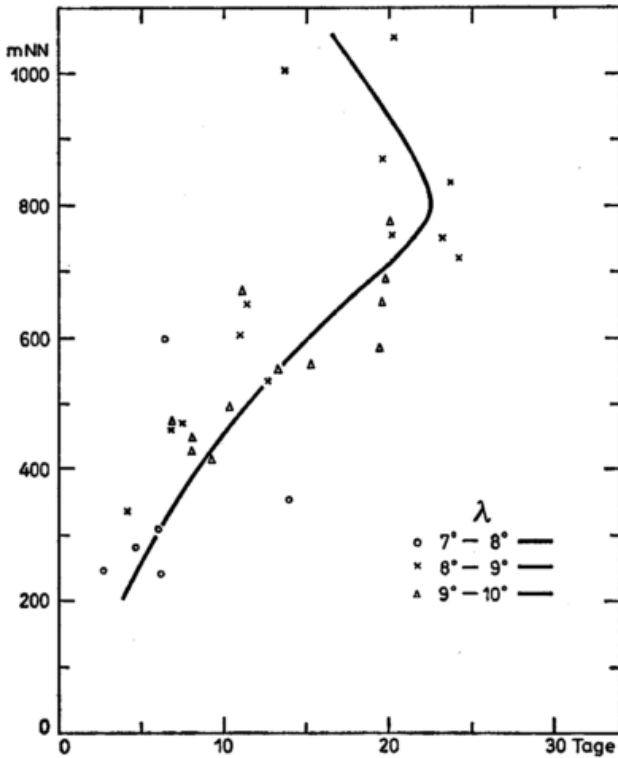


Abb. 4a

Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Glatteis oder Eisglätte auf Autobahnen und Bundesstraßen für eine geographische Breite  $\varphi$  von 47° bis 48° N und eine Länge  $\lambda$  von 7° bis 10° E.

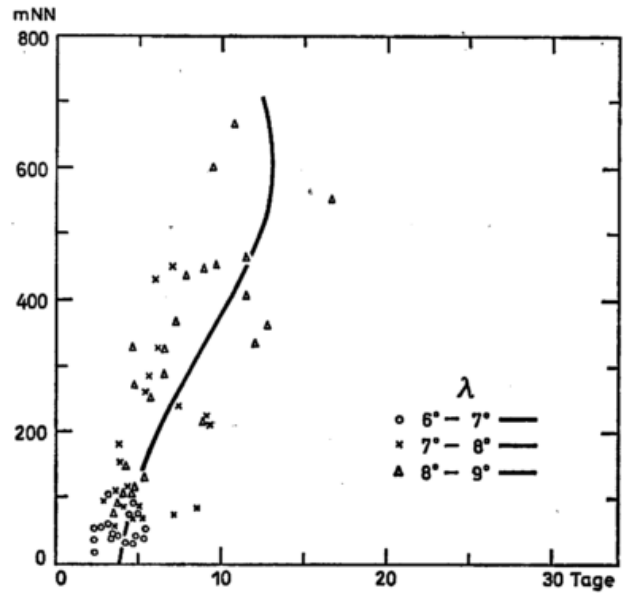


Abb. 4c

Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Glatteis oder Eisglätte auf Autobahnen und Bundesstraßen für eine geographische Breite  $\varphi$  von 51° bis 52° N und eine Länge  $\lambda$  von 6° bis 9° E.

Von Süd nach Nord sinkt das Niveau  $h(N_{Ex})$  und mit ihm die maximale Zahl der Tage mit Glatteis oder Eisglätte ab (Abb. 5). Dabei gilt etwa die Beziehung:

$$h(N_{Ex}) = 216 + 26,3 N_{Ex} \quad [3]$$

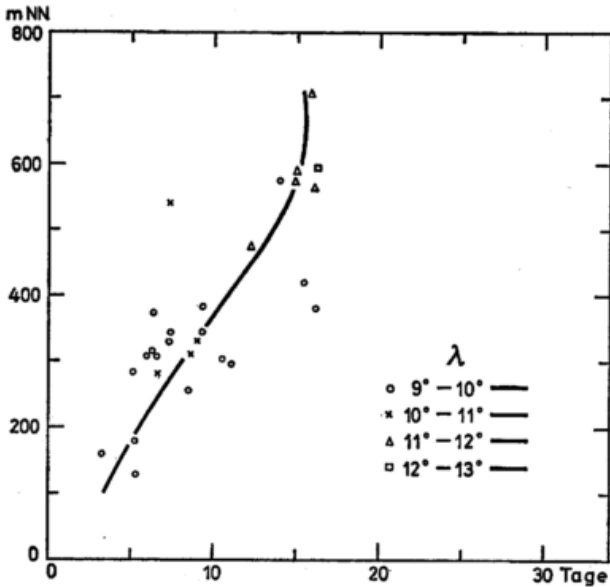


Abb. 4b

Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Glatteis oder Eisglätte auf Autobahnen und Bundesstraßen für eine geographische Breite  $\varphi$  von 50° bis 51° N und eine Länge  $\lambda$  von 9° bis 13° E.

etwa konstant, oder sie nimmt mit wachsender Höhe geringfügig ab. Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, daß in den höchsten Lagen der winterliche Niederschlag größtenteils als Schnee fällt und die Schneedecke nur selten Schmelz- und anschließenden Gefrierprozessen unterworfen ist. Untersuchungen ergaben, daß die Zahl der Tage pro Winter mit Schneebeleg auf den Straßen oberhalb  $h(N_{Ex})$  besonders stark mit der Höhe zunimmt.

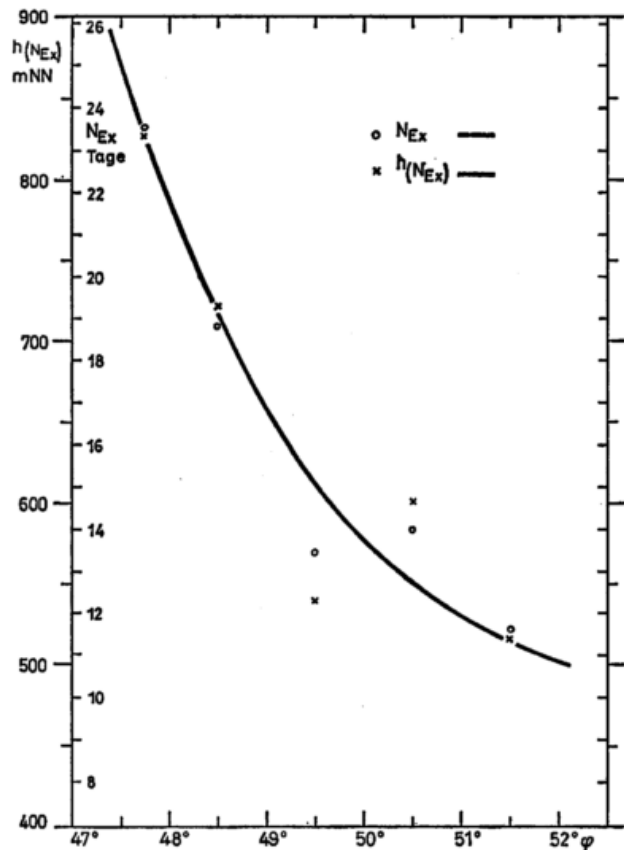


Abb. 5

Mittlere Maxima der Zahl der Tage im Winter mit Glatteis oder Eisglätte ( $N_{Ex}$ ) und Höhen  $h(N_{Ex})$ , in denen diese Maxima erreicht werden für verschiedene geographische Breiten

Tab. 5

Höhen  $h(N_{Ex})$ , in denen die mittleren Maximalwerte der Häufigkeit von Glatteis- und Eisglättearten ( $N_{Ex}$ ) erreicht werden (Es wurde über die bei den betr. geogr. Breiten  $\varphi$  in der BRD vorkommenden Längen  $\lambda$  gemittelt.)

$\varphi =$	47°30'	48°00'	48°30'	49°00'	49°30'	50°00'	50°30'	51°00'	51°30'	52°00'	
$N_{Ex}$	25,1	21,8	19,0	16,7	15,1	13,7	12,7	11,9	11,3	10,8	Tage/Winter
$h(N_{Ex})$	872	786	714	658	612	576	550	531	515	501	m über NN

Obige Werte geben nur einen Anhaltspunkt für die mittleren klimatischen Verhältnisse in den betr. geographischen Breiten der BRD. In Einzelfällen können die genannten Daten erheblich unter- oder überschritten werden.

Die Betrachtungen gelten etwa bis zum 52. Breitengrad. Nördlich davon ist wegen der meist nur noch geringen Höhenunterschiede der einzelnen Straßenabschnitte eine vertikale Abhängigkeit der Zahl der Tage

mit Glatteis bzw. Eisglätte nicht mehr feststellbar. Jedoch zeigt es sich, daß mit der Annäherung an die Küste der Nord- und Ostsee die Häufigkeit von Glatteis bzw. Eisglätte zunimmt.

Für die in der BRD vorkommenden Bereiche der geographischen Breite und Länge ergeben sich für verschiedene Niveaus  $h$  etwa folgende mittlere Häufigkeiten  $N_E$  von Glatteis bzw. Eisglätte:

Tab. 6

Mittlere Zahl der Tage mit Glatteis oder Eisglätte je Winter ( $N_E$ ) für verschiedene Bereiche der geogr. Breite und Länge und für verschiedene Höhen  $h$

$\varphi$	$\lambda$	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	$h$ m ü. NN
47°-48°	7°-10°	-	3,8	5,8	8,3	11,3	15,1	19,5	22,4	20,9	18,2	Tage
	10°-14°	-	-	-	11,0	14,0	18,0	22,8	26,3	25,6	-	
48°-49°	7°-10°	2,7	5,0	7,6	10,4	13,4	16,6	17,8	17,0	15,5	-	
	10°-14°	-	6,0	8,8	11,9	15,0	17,7	19,4	-	-	-	
49°-50°	6°-9°	4,0	5,2	6,9	8,2	8,4	-	-	-	-	-	
	9°-11°	4,7	7,5	10,1	12,7	14,9	15,6	-	-	-	-	
	11°-14°	-	-	10,2	13,2	15,3	15,9	-	-	-	-	
50°-51°	6°-9°	3,2	4,8	6,8	9,1	11,3	12,4	-	-	-	-	
	9°-13°	3,3	5,4	8,0	10,8	13,6	15,4	15,4	-	-	-	
51°-52°	6°-9°	4,8	6,2	8,2	10,4	12,3	13,0	12,4	-	-	-	
	9°-11°	5,3	7,5	9,2	10,2	9,8	8,4	7,0	-	-	-	

### 3.2.3. Großräumige Verteilung der Häufigkeit winterlicher Glätte

Aus den mittleren Höhenfunktionskurven der Zahl der Tage mit winterlicher Straßenglätte (insgesamt) sowie der Tage mit Glatteis oder Eisglätte für die verschiedenen geographischen Breiten- und Längengebiete wurden unter Berücksichtigung der für die Straßenabschnitte gegebenen Einzeldaten die regionalen Verteilungen der Häufigkeitswerte innerhalb der BRD durch Isolinien dargestellt (Karten 1 und 2).

#### 3.2.3.1. Winterliche Glätte insgesamt

Die Karte der regionalen Häufigkeitsverteilung von winterlicher Straßenglätte (Karte 1) spiegelt in groben Zügen im wesentlichen die Orographie der BRD wider. Die großen Täler und Tiefebene treten durch niedrige Häufigkeitszahlen gut sichtbar hervor. Werte unter 15 Tage kommen vor im gesamten Rheingebiet von Lörach bis zur holländischen Grenze einschließlich der Münsterländer Bucht, sowie in den einmündenden Tälern von Neckar (nördlich von Ludwigsburg), Main (ab Kahl), Nahe (ab Kirn), Lahn (ab Gießen), Mosel und Saar (ab Staatsgrenze). Weniger als 10 Tage weisen das mittlere Rheintal und das gesamte deutsche Moseltal auf. Das absolute Minimum von 7,9 Tagen haben die Bundesstraßen 42 und 49 zu verzeichnen, und zwar auf ihren Teilabschnitten Landesgrenze (Bad Honnef) - Neuwied und Trier - Ruwer - Schweich.

Mit hohen Zahlenwerten zeichnen sich die Gebirge ab. Die Häufigkeit von 60 Tagen Fahrbahnglätte im Winter wird überschritten in den Hochlagen von Harz, Rothargebirge, Westerwald, Eifel, Taunus, Vogelsberg und Rhön. Ausgedehntere Gebiete werden im Südteil der BRD von der 60-Tage-Isolinie umschlossen. Im

Frankenwald, im Fichtelgebirge und im Bayerischen Wald ist schon ab etwa 500 m ü. N an mindestens 60 Tagen im Winter (auf den untersuchten Zeitraum 1956/57-1960/61 bezogen) mit Straßenglätte zu rechnen. Der Schwellenwert 60 rückt nach Südwesten zu in immer größere Höhen. Während im Alpengebiet zwischen Salzach und Inn die Lagen über ca. 600 m ü. NN den genannten Häufigkeitswert überschreiten, liegt die 60-Tage-Isolinie im Allgäu schon bei etwa 670 m ü. NN und im Schwarzwald zwischen 700 m im nördlichen Teil und 800 m im südlichen Teil. Die hier betrachtete Isolinie umfaßt ferner den Hauptteil der Schwäbischen Alb sowie kleine Gebiete des Fränkischen Jura. Die Isolinie 90 (Tage) ist zwar auf der Karte nach den mittleren extrapolierten Höhenfunktionskurven der Häufigkeit von Fahrbahnglätte noch konstruiert, jedoch kaum mehr durch Beobachtungen belegt. Die meiste Fahrbahnglätte weist der Abschnitt 3 der Bundesstraße 317 Feldberg (Schwarzwald) - Titisee mit 105,0 Tagen pro Winter auf. Über 90 Tage mit Straßenglätte haben die Abschnitte der Bundesstraße 12 und 19: Nellenbruck - Buchenberg - Kempten i. Allgäu (91,1 Tage) und Oberstdorf - Walserschanz (Staatsgrenze) (95,3 Tage) zu verzeichnen.

Im orographisch kaum gegliederten Teil der BRD, in der norddeutschen Tiefebene macht sich der stetige Anstieg der Zahl der Tage mit Fahrbahnglätte von Südwest nach Nordost deutlich bemerkbar, der mit der allgemeinen Abnahme der Wintertemperatur in dieser Richtung konform geht. Während im Niederrheinischen Tiefland die Häufigkeitszahlen zwischen 11 und 14 Tagen im Winter liegen, steigen sie im Unterwesergebiet bereits auf 21 bis 24 an und erreichen an der Unterelbe Werte bis über 29 Tage. Es fällt auf, daß die in der Nähe der Küste von Nord- und Ostsee verlaufenden Straßen

häufiger winterliche Glätte verzeichnen (z. B. Bundesstraße 5, Abschnitt Bredstedt - Husum - Platenhörn: 31,3 Tage) als die weiter im Binnenland gelegenen Fahrbahnen (z. B. B 204, Abschnitt Grüenthal - Hademarschen - Schenefeld: 23,2 Tage). (Beide Beispiele sind aus Schleswig-Holstein gewählt.) Die Ursache hierfür liegt im wesentlichen im vermehrten Auftreten von Glatteis bzw. Eisglätte in der Küstenzone. Dies zeigt die Differenzierung der Gesamthäufigkeiten nach den einzelnen Glättearten. So herrscht auf dem genannten Straßenabschnitt der B 5 an 15,5 Tagen im Winter Glatteis oder Eisglätte, auf dem Abschnitt der B 204 dagegen nur an 7,9 Tagen. Die Summe der Zahl der Tage mit Schnee- und mit Schneematschauflage ist dagegen bei beiden Strecken mit 15,8 bzw. 15,3 fast gleich. Alle genannten Häufigkeitszahlen beziehen sich auf den Zeitraum 1956/57 - 1960/61.

### 3.2.3.2. Glatteis und Eisglätte

Die Häufigkeit, mit der Eisbeläge auf den Fahrbahnen im Winter vorkommen, hängt - wie schon in Abschnitt 3.2.2. gesagt - bei weitem nicht so eindeutig von der Höhe über NN ab wie die Gesamtzahl der Tage mit winterlicher Glätte. Die vertikale Zunahme endet bei der Häufigkeit von Glatteis bzw. Eisglätte ( $N_E$ ) durchschnittlich in bestimmten Niveaus  $h(N_{Ex})$  mit gewissen Maximalwerten  $N_{Ex}$ . Diese Niveaus sind im Norden der BRD wesentlich niedriger als im Süden. Letztgenannte Ergebnisse aus vorliegender Untersuchung prägen sich in der Karte der Häufigkeitsverteilung von Glatteis bzw. Eisglätte in der BRD aus (Karte 2). In dieser Karte treten die Gebirge viel schwächer hervor als in der Karte (1) der Zahl der Tage im Winter mit Straßenglatte insgesamt. Vor allem gilt dies für einen Großteil der Mittelgebirge. So ist etwa der Harz durch die Isolinie 10 nur noch schwach angedeutet. Die höchsten Straßenabschnitte des Bayerischen Waldes verzeichnen sogar seltener Eisbedeckung als etwa die Strecken in der Donauniederung um Regensburg. An die Isolinienführung noch am besten erkenntlich sind die am weitesten im Süden gelegenen Alpen, der Schwarzwald und die Schwäbische Alb. Hier treten auch die höchsten Häufigkeitszahlen auf. Das absolute Maximum von 29,5 Tagen mit Glatteis bzw. Eisglätte verzeichnet der Abschnitt 4 der Bundesstraße 12 Nellenbruck - Buchenberg - Kempten. Folgende benachbarte Straßenabschnitte im Allgäu und Ammergebirge erreichen noch Werte über 25 Tage:

B 19: Kempten - Oberstdorf .....	28,3 Tage
B 12: Kempten - Kaufbeuren .....	28,1 Tage
B 23: Bayersoien - Oberammergau - Oberau	27,5 Tage

In den höheren Lagen des Schwarzwaldes und der Schwäbischen Alb übersteigen die Häufigkeitsdaten noch verbreitet die 20-Tage-Schwelle mit einem Maximum von 25,5 auf der Jura-Strecke Honau - Bernloch (bei Reutlingen).

Durch relativ seltenes Vorkommen von Glatteis bzw. Eisglätte ist wieder das gesamte Rheingebiet mit den unteren Nebentälern von Neckar, Main, Lahn, Mosel und einem Großteil der Münsterländer Bucht bevorzugt. Hier, sowie in einigen Talabschnitten des mittleren Wesertals sinken die Häufigkeitszahlen unter 5 Tage pro Winter. Werte unter 2,5 Tagen findet man in der Oberrheinischen Tiefebene, in der Mainebene, am Mittelrhein zwischen Mainz und Remagen, an der Lahn bei Limburg und in einem Landstreifen östlich des Niederrheins zwischen der holländischen Grenze und der Ruhr. Das absolute Minimum von 1,5 Tagen wird am Autobahnabschnitt Abzw. Wiesbaden/Mainz - Frankfurter Kreuz - Landesgrenze (Stockstadt) erreicht, dicht gefolgt von den Abschnitten der Bundesstraßen B 42: Landesgrenze - Lorch - Rüdeshelm - Mainz-

Kastel und B 49: Alf - Cochem (Mosel) - Bodenbach mit je 1,6 Tagen, sowie B 9: Bingerbrück - Mainz und B 54: Limburg - Diez - Zollhaus mit je 1,8 Tagen Glatteis bzw. Eisglätte im Winter.

Etliche kleinere Gebiete mit Häufigkeitswerten unter 10 Tagen erkennt man im süddeutschen Raum, so im Neckartal bei Horb, im oberen Kochertal bei Aalen, im Ries (hier liegen die Werte bei nur 6,5 Tagen), an der Donau um Dillingen, im Inntal bei Simbach und zwischen Biberach und Saulgau.

In der norddeutschen Tiefebene steigt im großen gesehen die Zahl der Tage mit Glatteis bzw. Eisglätte allmählich von Südwest nach Nordost an. Während östlich des Niederrheins um Bocholt Eisbelag auf Straßen an nur 2,3 Tagen im Winter vorkommt (B 67: Rees - Isselburg und B 70: Havelich - Brünen - Wesel) verzeichnet die Umgebung von Bremen schon 7-10 Tage und der Raum um die Unterelbe bis 13 Tage. In einem weiten Gebiet von Harburg elbaufwärts und an der Ilmenau sinken allerdings die Häufigkeitsdaten auf knapp unter 10 ab. Durch hohe Zahlenwerte zeichnen sich die Küstenstreifen besonders in Schleswig-Holstein aus mit einem Maximum von 15,5 (B 5: Bredstedt - Husum - Platenhörn), während das Landesinnere mit Häufigkeiten unter 10 Tagen wesentlich ärmer an Glatteis und Eisglätte ist.

### 3.3. Einflüsse auf den Gültigkeitsbereich der Ergebnisse

#### 3.3.1. Einfluß der Verkehrsmenge, Straßenwartung und Besiedlungsdichte

Die errechneten Daten der mittleren Häufigkeit von winterlicher Fahrbahnglatte beziehen sich auf die durchschnittlichen Glätteverhältnisse von Autobahnen und Bundesstraßen, also von meist stark befahrenen Strecken mit einer guten Winterwartung. Gegenüber diesen Routen weisen verkehrsrärmere Straßen und Nebenstrecken vor allem bei einer geringeren Wartung wesentlich mehr Tage mit Straßenglatte auf. Außerdem ist noch zu beachten, daß die hier bearbeiteten Meldedaten fast ausschließlich für das freie Land gelten, durch das die Bundesfernstraßen führen. In dichten Siedlungsgebieten, besonders in Großstädten, muß jedoch mit anderen Klimabedingungen als in der freien Umgebung gerechnet werden. Vor allem spielt die Lufttemperatur eine wesentliche Rolle. Im langjährigen Durchschnitt kann die Großstadtluft bis zu 1° C wärmer sein als die Luft des benachbarten offenen Landes. Diese Tatsache - verbunden mit dem Einfluß der hohen Verkehrsmenge - bewirkt, daß Fahrbahnglatte in dicht bebauten Wohn- und Geschäftszentren verhältnismäßig selten auftritt. Wie stark diese durch den Menschen gestalteten Faktoren sich im einzelnen auf die Häufigkeit und Art von Fahrbahnglatte auswirken, könnte erst nach einer entsprechenden eingehenden Untersuchung geklärt werden.

#### 3.3.2. Einfluß der Tageszeit

Der vorstehenden Bearbeitung wurden die Daten der Fahrbahnbeschaffenheit zugrundegelegt, die etwa um 5.30 Uhr von den Straßenmeistereien beobachtet und gemeldet wurden. Im Laufe eines Tages mit winterlicher Glätte um diese morgendliche Zeit kann jedoch die Glätte wieder verschwinden oder ihre Art ändern. Umgekehrt ist es möglich, daß Straßenglatte erst nach dem genannten 5-Uhr-Termin entstanden ist und damit nicht erfaßt wurde. Um einen Tagesgang der Häufigkeit von Fahrbahnglatte abschätzen zu können, wurden von einigen Stationen in der BRD aus dem zehnjährigen Normalzeitraum 1951-1960 nach den gegebenen Meldungen etlicher Klimaelemente die Tage bestimmt, an

denen zur Zeit der täglichen Meldetermine (7, 14 und 21 Uhr MOZ) die Voraussetzungen für verschiedene Arten von winterlicher Glätte vorhanden waren, bzw. wo vom Beobachter Straßenglätte besonders vermerkt war. Im 10-Jahresmittel ergeben sich folgende Abwei-

chungen der Glättehäufigkeiten um 14 bzw. 21 Uhr gegenüber den entsprechenden Werten des 7-Uhr-Termins, der näherungsweise dem Termin der Straßenzustandsbeobachtungen entspricht. Die Stationen sind nach wachsender Höhe ü. NN geordnet.

Tab. 7

Abweichung der mittleren Zahl von Tagen pro Jahr mit wetterbedingten Voraussetzungen für Straßenglätte um 14 und um 21 Uhr von der entsprechenden Häufigkeit um 7 Uhr (Zeitraum 1951-1960)

Station	Höhe üb. NN (m)	Zahl d. Tage $N_G$	Abweichungen in % von der mittl. Zahl d. Tage/Jahr (jeweils 7 Uhr) mit wetterbedingten Voraussetzungen für							
			winterliche Straßenglätte (insgesamt) $\Delta G$		Schneematsch od./u. schmelz. Eis $\Delta M$		Glatteis od. Eisglätte $\Delta E$		Schneeglätte od./u. Neuschnee $\Delta S$	
			7 Uhr	14	21	14	21	14	21	14
Bremen - Flughafen	4	32,8	-27	-23	+79	-9	-58	-25	-35	-25
Lübeck (Werft)	5	39,8	-15	-14	+84	+10	-56	-23	-24	-16
Köln (Botan. Garten)	45	20,4	-32	-37	+126	+42	-69	-60	-26	-32
Münster i. W.	64	23,4	-30	-23	+46	-21	-66	-25	-38	-22
Frankfurt/Main	110	20,1	-25	-25	+104	-11	-55	-22	-37	-28
Saarbrücken-St. Arnual	189	18,8	-33	-27	+134	+13	-71	-40	-42	-28
Kassel-Harleshausen	198	31,8	-18	-20	+118	0	-53	-13	-33	-26
Passau-Oberhaus	409	56,8	-12	-14	+154	+16	-50	-19	-26	-18
München-Riem	526	57,7	-20	-17	+71	-8	-51	-19	-26	-18
Hof-Hohensaas	566	76,8	-14	-10	+139	+19	-39	-13	-21	-14
Braunlage	606	86,0	-8	-6	+170	+46	-44	-16	-17	-10
Oberstdorf	810	103,8	-6	-7	+214	+31	-66	-10	-26	-14
Feldberg/Schw.	1489	140,0	-5	-6	+63	+21	-40	-25	-9	-7

Die %-Zahlen beziehen sich auf den 7-Uhr-Wert (= 100%) der jeweiligen Glättegruppe.

Aus obenstehender Übersicht geht hervor, daß die Häufigkeit der wetterbedingten Voraussetzungen für Fahrbahnglätte um 14 Uhr und um 21 Uhr wesentlich geringer ist als um 7 Uhr. Dabei stimmen die 21-Uhr-Abweichungen (Spalte  $\Delta G$ ) fast mit den entsprechenden 14-Uhr-Differenzen überein. Läßt man außermeteorologische Einwirkungen (wie etwa wechselnde Verkehrsdichte und Straßenwartung) außer acht, so kann man erwarten, daß die mittlere Zahl der Tage mit winterlicher Glätte sowohl in den Mittags- als auch in den Abendstunden bis zu 40% niedriger liegt als am frühen Morgen. Die %-Abweichung der Häufigkeit der Summe aller Glättearten (Spalte  $\Delta G$ ) ist von der Zahl der Tage  $N_G$  abhängig, an denen die Wetterbedingungen für diese Glätte gegeben sind. Bei kleinem  $N_G$  ist der Absolutwert von  $\Delta G$  hoch (z. B. Köln (Bot. Garten)), bei hohem  $N_G$  dagegen wird ( $\Delta G$ ) klein (z. B. Feldberg/Schwarzwald). D. h., daß in milden, straßenglättearmen Gebieten eine in den Frühstunden vorhandene Glätte häufig im Laufe des Tages wieder verschwindet, während sie in den rauhen Berglagen tagsüber meist erhalten bleibt. Betrachtet man die %-Zahlen der einzelnen Glättearten (Spalten  $\Delta M$ ,  $\Delta E$ ,  $\Delta S$ ), so zeigt es sich, daß die Häufigkeit von Schneematsch und schmelzendem Eis in den Mittagsstunden sehr stark auf Kosten der Zahl der Tage mit Glatteis oder Eisglätte bzw. Schneeglätte oder Neuschnee zunimmt. Selbst in den Abendstunden ist die Zahl der Fälle mit klimatischen Voraussetzungen für Schneematsch bzw. schmelzendes Eis meist noch größer als frühmorgens, während die Vorbedingungen

für Schnee- und Eisglätte durchweg auch abends wesentlich seltener auftreten als am Morgen.

### 3.3.3. Einfluß des untersuchten Zeitraumes

Die Untersuchung über die Häufigkeit winterlicher Straßenglätte beschränkt sich zunächst auf den kurzen Zeitraum der Winter 1956/57-1960/61. Klimatologische Durchschnittswerte aus fünfjährigen Beobachtungsreihen ergeben jedoch im allgemeinen noch kein repräsentatives Mittel. Um Aussagen über die allgemeine Gültigkeit und Verwendbarkeit der vorliegenden Ergebnisse machen zu können, mußte nachgeprüft werden, inwieweit sich die für die Entstehung und Erhaltung winterlicher Glätte maßgebenden meteorologischen Faktoren im Mittel in der betrachteten Zeitspanne von den langjährigen Durchschnittswerten unterscheiden, und wie sich diese Unterschiede auf die Zahl der Tage mit Straßenglätte auswirken. Für diese Prüfung wurden die Klimaelemente Lufttemperatur und Niederschlag gewählt, da deren Monatsmittel aus dem Normalzeitraum 1931-1960 von einer großen Zahl von Stationen vorliegen. Aus den Daten einer Reihe von Stationen wurden für jedes der einzelnen Bundesländer (außer Bremen und Hamburg) die Abweichungen der Wintertemperaturen (in °C) und der Winter-Niederschlagssummen (in %) der Zeitspanne 1956/57-1960/61 von denen der Normalperiode 1931-1960 (= 100%) errechnet, wobei unter „Winter“ die Monate November bis April zu verstehen sind. Aus Zweckmäßigkeitsgründen wurde das Saarland mit Rheinland-Pfalz zusammengefaßt und Bayern in Nord- und Südbayern getrennt.

Tab. 8

Abweichungen der mittleren Wintertemperaturen  $\Delta T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) und der mittleren Winterniederschlagssummen  $\Delta \text{RR}$  ( $\%$ ) des Zeitraums 1956/57–1960/61 vom Mittel 1931–1960

Bundesland	Zahl der Stationen	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta \text{RR}$ ( $\%$ )
Schleswig-Holstein	9/13*	+0,9	-4,1
Niedersachsen	19/24	+1,0	+5,8
Nordrhein-Westfalen	15/20	+1,3	+4,5
Hessen	23/27	+1,7	-0,8
Rheinland-Pfalz und Saarland	16/20	+1,2	-3,2
Baden-Württemberg	38/35	+1,1	+4,7
Nordbayern (nördl. d. Donau)	18/20	+1,1	+2,2
Südbayern (südl. d. Donau)	17/17	+1,2	+6,2

\*) Die erstgenannte Zahl bezieht sich auf  $\Delta T$ , die zweite Zahl auf  $\Delta \text{RR}$ .

Die Tabelle zeigt, daß die Winter 1956/57–1960/61 im Mittel durchweg zu warm waren, und zwar um 0,9 bis 1,7 $^{\circ}\text{C}$ . Beim Niederschlag liegen die Verhältnisse uneinheitlich. Während Schleswig-Holstein, Hessen und Rheinland-Pfalz mit Saarland um 0,8 bis 4,1 $\%$  zu wenig Niederschlag erhielten, überstiegen die Wintersummen der übrigen Länder das langjährige Mittel um 2,2 bis 6,2 $\%$ .

Um festzustellen, welche einen Einfluß Abweichungen von Lufttemperatur und Niederschlag auf die Häufigkeit winterlicher Glätte besitzen, wurden die Unterschiede zwischen den Durchschnittswerten dieser Klimaelemente und den Straßenglätte-Häufigkeiten der einzelnen Winter 1956/57 bis 1960/61 mit den Mitteln aus dieser Zeitspanne in Beziehung gesetzt. Hierzu wurden 37 Stationen ausgewählt, die in unmittelbarer Nähe entsprechender Straßenabschnitte liegen und zu diesen etwa gleiche klimatische Verhältnisse aufweisen. Um das verhältnismäßig kleine Zahlenkollektiv zu verdichten, wurden die Werte in den beiden Hauptgruppen zusammengefaßt: Niederschlag  $\text{RR} = 70$  bis  $100\%$  und  $\text{RR} = 100$  bis  $130\%$  vom Mittel. Die wenigen Fälle von  $\text{RR} < 70\%$  bzw.  $> 130\%$  blieben unberücksichtigt.

Tab. 9

Einfluß der Abweichungen von Lufttemperatur ( $\Delta T$ ) und Niederschlag ( $\Delta \text{RR}$ ) einzelner Winter vom Mittel der Winter 1956/57–1960/61 auf die Häufigkeit winterlicher Glätte ( $H_G$ ), ( $H_G$  in  $\%$  des Fünfjahres-Mittels)

$\Delta \text{RR}$ ( $\%$ )	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
0 bis -30	144	132	112	98	90	84	80	77	74	( $\%$ )
0 bis +30	160	149	131	109	95	87	82	78	75	( $\%$ )

Nimmt man an, daß den Abweichungen der Temperatur- und Niederschlags-Mittelwerte aus den Wintern 1956/57–1960/61 vom langjährigen Mittel 1931–1960 ähnliche Prozentwerte der Häufigkeit von Winterglätte entsprechen, so läßt sich näherungsweise angeben, mit welchen Faktoren  $k$  die für den kurzen Zeitraum 1956/57–1960/61 geltenden Daten zu multiplizieren sind, um allgemein gültige, repräsentative Ergebnisse zu erhalten.

Tab. 10

Faktoren  $k$  zur ungefähren Abschätzung der Mittel 1931–60 aus den Mitteln 1956/57–1960/61 der Zahl der Tage mit Straßenglätte

Bundesland	$k$
Schleswig-Holstein	1,24
Niedersachsen	1,24
Nordrhein-Westfalen	1,27
Hessen	1,32
Rheinland-Pfalz und Saarland	1,27
Baden-Württemberg	1,24
Nordbayern (nördl. d. Donau)	1,25
Südbayern (südl. d. Donau)	1,25

Die Tabelle zeigt, daß die Unterschiede der Faktoren  $k$  zwischen den einzelnen Bundesländern gering sind. In grober Annäherung müßten die Häufigkeitszahlen der winterlichen Fahrbahnglätte aus dem hier untersuchten Zeitraum von 5 Wintern um ca.  $\frac{1}{4}$  (in Hessen um ca.  $\frac{1}{3}$ ) erhöht werden, um ein langzeitliches Repräsentativmittel zu erhalten.

#### 4. Gesamtergebnis

Um konkrete und differenzierte Angaben darüber zu erhalten, wie oft winterliche Glätte im Raum der BRD vorkommt, wurden aus den täglichen Meldungen des

amtlichen Straßenwetter- und Warndienstes von 622 Abschnitten der Fernverkehrsstraßen aus 5 Wintern mittlere Häufigkeitszahlen für verschiedene Glättearten gewonnen.

Da ein Großteil der Meldeabschnitte klimatisch recht inhomogen ist, gelten die errechneten mittleren Häufigkeitswerte vielfach nicht für den gesamten jeweiligen Abschnitt. Um Aussagen für jeden Ort machen zu können, war es notwendig, Beziehungen zwischen der Häufigkeit winterlicher Glätte und geographischen Faktoren aufzufinden. Zwei empirische Formeln wurden abgeleitet, mit deren Hilfe sich die mittlere Zahl der Tage pro Winter mit Straßenglätte bei gegebener Höhe über NN und bekannten geographischen Koordinaten in grober Annäherung berechnen läßt. Eine graphische Methode, die sich auf die betr. Formeln stützt, vereinfacht weiter die Bestimmung der gesuchten Häufigkeitsdaten. Unter Verwendung der genannten empirischen Funktionen wurde die Verteilung der mittleren Häufigkeit von Straßenglätte (die alle winterlichen Glättearten umfaßt) für den Gesamtraum der BRD in einer Isolinienkarte dargestellt.

Eine gesonderte Untersuchung des Vorkommens von Glatteis bzw. Eisglätte zeigt, daß deren Häufigkeit weniger klar mit der Höhe zunimmt als die Zahl der Tage mit Straßenglätte insgesamt. Von einem gewissen Niveau an hört jene Zunahme sogar ganz auf. Die großräumige Verteilung von Glatteis bzw. Eisglätte ist gleichfalls durch eine Isolinienkarte gezeigt.

Die Ergebnisse vorliegender Untersuchung beziehen sich auf ein ganz spezielles Material von Beobachtungen der winterlichen Glätte auf Fernverkehrsstraßen zu einer bestimmten Tageszeit (5.30 Uhr) während eines kurzen Zeitraums von nur 5 Wintern (1956/57–1960/61). Daher mußte geprüft werden, inwieweit die Ergebnisse allgemeingültig sind. Es zeigte sich dabei, daß die wetterbedingten Voraussetzungen für das Vorhandensein von

Winterglätte um 14 und um 21 Uhr im allgemeinen wesentlich seltener eintreten als an den Morgenstunden. Dies trifft nur bei den Glättearten Schneematsch und schmelzendes Eis nicht zu, die ihr Häufigkeitsmaximum mittags erreichen. Die untersuchten 5 Winter waren im Durchschnitt gegenüber dem 30jährigen Mittel 1931-60 in allen Ländern der BRD zu warm. Die Niederschlags-

summe lag teilweise über, teils unter dem langjährigen Durchschnitt. Eine Beziehung zwischen Wintertemperatur, Winterniederschlag und Zahl der Tage mit Eis- oder Schneebelag auf Straßen läßt den Schluß zu, daß die hier errechneten Häufigkeitszahlen der Fahrbahn-glätte im Vergleich zum Repräsentativmittel 1931-60 um ca. 25% zu niedrig sind.

#### Literatur

- (1) Der Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßenbau: Richtlinien für die Zusammenstellung und Bekanntgabe der Straßenzustandsberichte im Winter und bei außergewöhnlichen Wetterverhältnissen, Ausgaben 1956/57 bis 1964/65. Verkehrsblatt 1956 bis 1964.
- (2) FIGL, H.: Schneefall und winterliche Straßenglätte in Nordbayern als witterungsklimatologisches und verkehrsgeographisches Problem. Mitt. d. Fränk. Geogr. Ges. 9 (1962) S. 1-52.
- (3) FRIEDRICH, W.: Verkehrsmeteorologie. VIe Congr. Intern. Météor. Alpine Bled 1960. S. 477-479, Beograd 1962.
- (4) KIND, F.: Die Entstehung von Glatteis und seine wirksame und wirtschaftliche Bekämpfung durch Salze. Straße und Autobahn 1 (1950) S. 14-16.
- (5) KRAUS, H.; ROTH, R.: Ein Glatteiswarngerät für Straßen und Autobahnen. Meteor. Rdsch. 16 (1963) S. 102-105.
- (6) MÜLLER, H. E.: Eis- und Schneeglätte auf Straßen, ihre Bedeutung sowie Maßnahmen und Pflichten zu ihrer Beseitigung. Straßen- und Tiefbau 10 (1956) S. 72-80.
- (7) ORTNER, W.: Bemessungsgrundlage für Verkehrssicherheitspflanzungen an Straßen. Straßen- und Tiefbau 18 (1964) S. 783-791.
- (8) WAHL, E. F.: Glatteisgefahr durch neuartiges Meßgerät rechtzeitig erkennbar. Straße und Autobahn 10 (1959) S. 371-373.
- (9) WEHNER, B.: Griffigkeitsmessungen auf winterglatten Fahrbahnoberflächen. Forschungsarb. aus d. Straßenwesen, Neue Folge, H. 40, 26 S., Bad Godesberg 1960.
- (10) -: Nebeleis. ADAC-Motorwelt, Jan. 1965, S. 20.

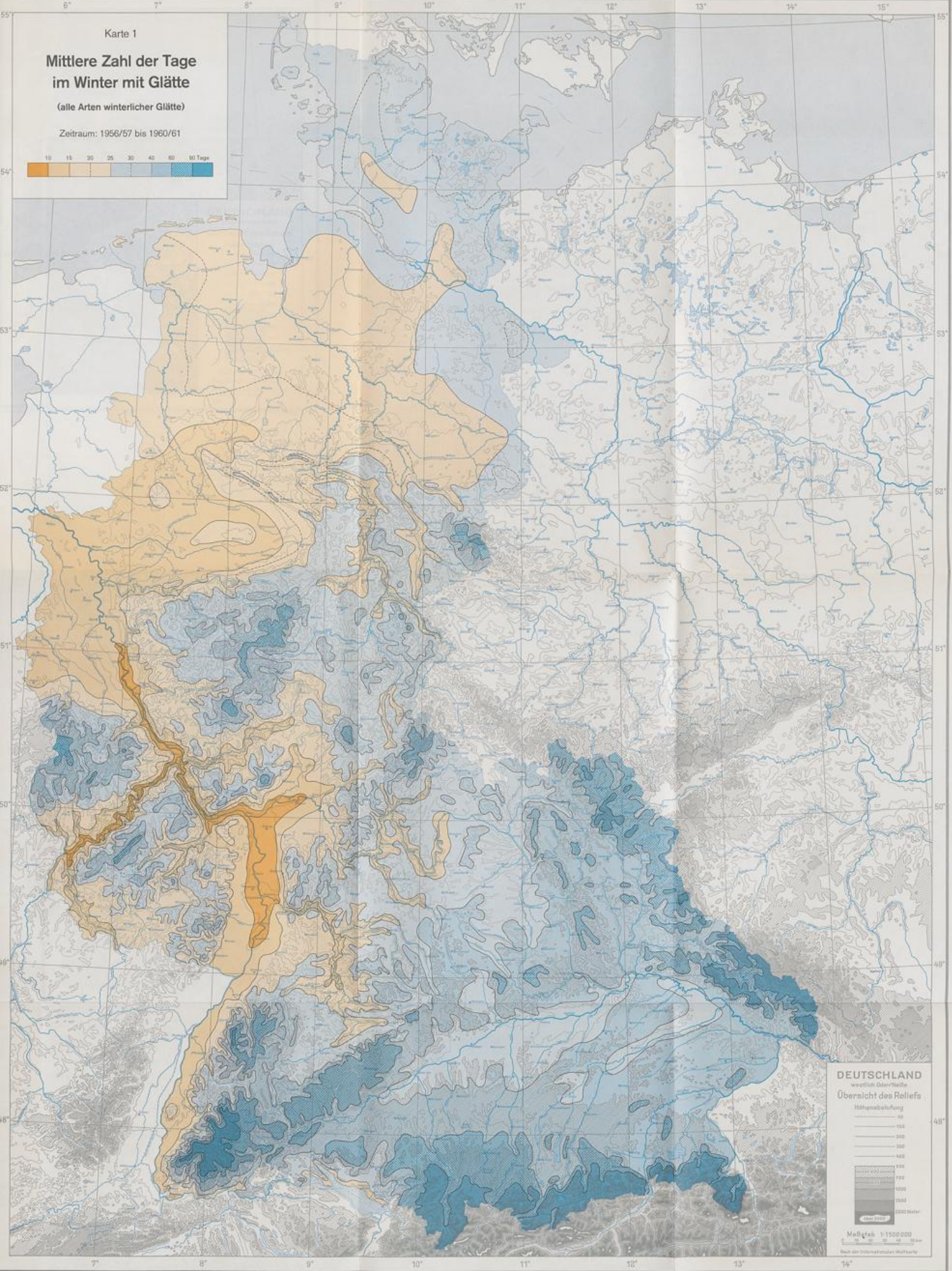
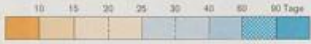


Karte 1

# Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Glätte

(alle Arten winterlicher Glätte)

Zeitraum: 1956/57 bis 1960/61



## DEUTSCHLAND

weithin über Meile

### Übersicht des Reliefs



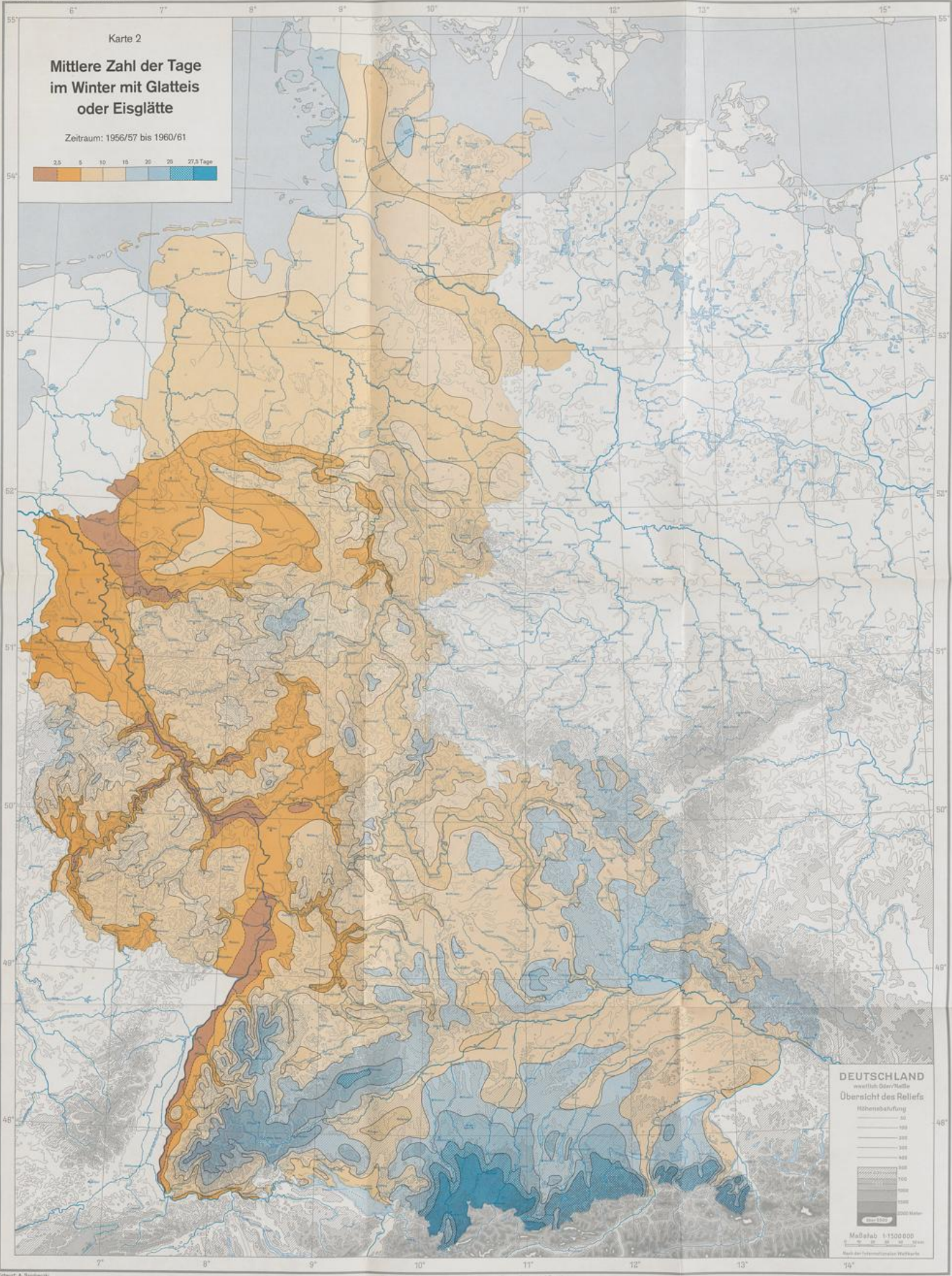
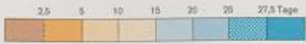
Maßstab 1:1500000

Nach dem Internationalen Maßstab

Karte 2

# Mittlere Zahl der Tage im Winter mit Glatteis oder Eisglätte

Zeitraum: 1956/57 bis 1960/61



### DEUTSCHLAND

weithin überflutet

### Übersicht des Reliefs

Höhenabstufung



Maßstab 1:1500 000

Nach den Informationen des Wetterdienstes