

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 69 (1978)

**Heft:** 16

**Artikel:** Technische Aspekte von Warn- und Sicherheitsanlagen

**Autor:** Corbella, C.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-914922>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Technische Aspekte von Warn- und Sicherheitsanlagen <sup>1)</sup>

Von C. Corbella

## 1. Einleitung

Der nachfolgende Aufsatz bezieht sich insbesondere auf technische Aspekte von Warn- und Sicherheitsanlagen auf Autobahnen. Zuerst wird auf Grund einiger statistischer Angaben auf die Wichtigkeit, die Zahl der Auffahrunfälle zu reduzieren, hingewiesen. Anschliessend werden die Stauwarnrichtungen und die Abstandswarngeräte diskutiert. Obwohl die Häufigkeit der wetterbedingten Unfälle relativ niedrig ist, bedürfen diese ebenfalls der Untersuchung, inwiefern technische Einrichtungen zur Unfallverminderung beitragen können. Das letzte Kapitel behandelt deshalb die Warntechnik zur Verhütung witterungsabhängiger Unfälle.

## 2. Bestimmung des technischen Trends durch statistische Unfallzahlen

Eine detaillierte Unfallstatistik, publiziert vom Eidgenössischen Statistischen Amt, zeigt zusammengefasst folgendes Bild:

1. Bezeichnet man mit Auffahrunfall die Kollision eines Fahrzeuges von hinten mit einem anderen fahrenden oder stehenden Fahrzeug, so beträgt der Anteil der Auffahrunfälle auf schweizerischen Autobahnen in den 10 Jahren von 1966 bis 1976 mit bemerkenswerter Konstanz ca. 20% aller Unfälle (Fig. 1). Dabei entstanden 35% aller Verletzten.

2. Betrachtet man das Total der Unfälle im Jahre 1976 auf allen Strassen in Abhängigkeit vom Strassenzustand bzw. von der Witterung, so zeigt sich, dass 68% der Unfälle bei trockener Strasse und 80% bei schöner oder bedeckter Witterung, d.h. bei trockener oder nasser Strasse, stattfanden (Fig. 2). Die Zahl der Unfälle, deren Ursache auf Schnee-, Eis-, Nebel- oder Windeinflüsse zurückzuführen ist, liegt gesamthaft bei etwa 20% [1]<sup>2)</sup>.

Eine deutsche Statistik aus dem Jahre 1974 stimmt mit den obigen schweizerischen Statistiken weitgehend überein [2].

Die Folgerung aus diesen Statistiken, besonders wenn auch eine Kosten-Nutzen-Betrachtung angestellt wird, führt dazu, die Priorität in der Reduktion der Auffahrunfälle zu sehen. Dabei kann den Statistiken von vornherein entnommen werden, dass die Auffahrunfälle subjektive Ursachen haben, also das, was generell als menschliches Versagen bezeichnet wird: Fehleinschätzungen von Distanzen und Geschwindigkeiten, mangelnde Aufmerksamkeit, Leichtsinns usw.

Generell wird das Ziel darin bestehen, innerhalb der *integralen Warn- und Sicherheitsstrategie* alle Unfallmöglichkeiten in ihrer Verknüpfung mit den lokalen bzw. regionalen Gegebenheiten zu reduzieren. Die bestehenden technischen Probleme sollen nachfolgend aufgezeigt werden.

## 3. Warn- und Sicherheitstechnik zur Verhütung von Auffahrunfällen

Der Unterschied zwischen Warn- und Sicherheitstechnik liegt schon in der Bedeutung dieser Wörter, indem die Warntechnik dem Autofahrer nur empfehlende Informationen liefert, die er immer noch teil- oder zeitweise ignorieren kann, während die Sicherheitstechnik dem Autofahrer bzw. dem Auto selbst ein mehr zwangsläufiges Verhalten aufdrängt.

656.05:625.711.3;

Innerhalb der Warntechnik zur Verhütung von Auffahrunfällen ist zwischen Stauwarnrichtungen und Abstandswarngeräten zu unterscheiden. Stauwarnrichtungen sind insofern weniger leistungsfähig als Abstandswarngeräte, als sich ihre Warnung nur auf das Stau-Ende bezieht und nicht auf den Abstand zweier beliebiger einander folgender Fahrzeuge.

### 3.1 Stauwarnrichtungen

Stauwarnrichtungen bestehen aus einer Serie von Wechselverkehrszeichen mit Geschwindigkeitsbeschränkungen bzw. der Anzeige «Stau». Man spricht von einem *Warntrichter* (Fig. 3). Die massgebenden Eingabedaten, wie Geschwindigkeiten, Verkehrsstärken und Spurbelegungen, lassen sich mit Sensoren, wie Induktionsschleifen, relativ zuverlässig messen. Problematisch dabei sind lediglich der Zeitraum, über den Mittelwerte gebildet werden, und die Bewertung unterschiedlicher Mittelwerte auf benachbarten Fahrstreifen gleicher Fahrtrichtung. Die Konzeption der Stauwarnanlage beruht darauf,

<sup>1)</sup> Anlässlich der 33. STEN am 22. Juni 1978 in Luzern gehaltener Vortrag.

<sup>2)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

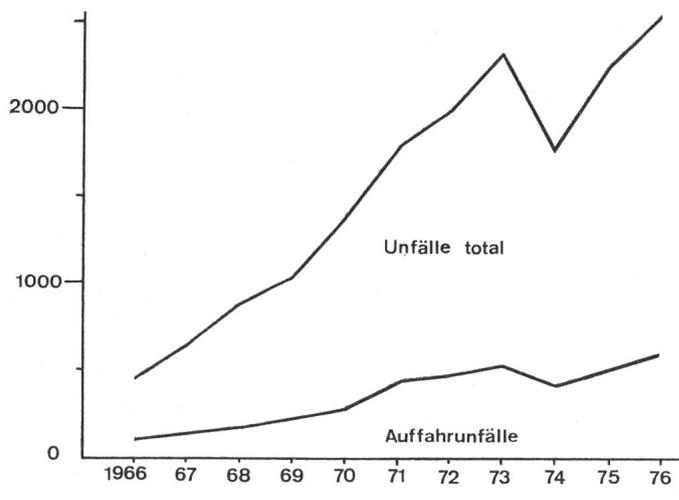


Fig. 1 Unfälle auf schweizerischen Autobahnen 1966-1976

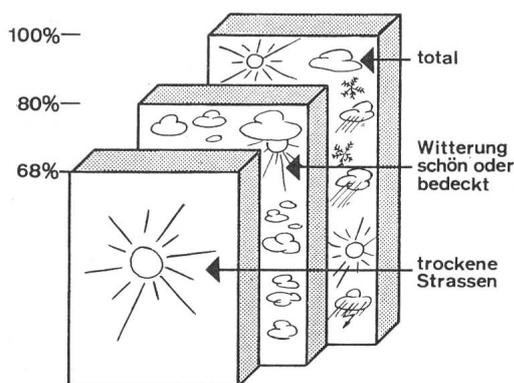


Fig. 2 Unfälle 1976 auf allen Strassen der Schweiz  
Abhängigkeit vom Strassenzustand und von der Witterung

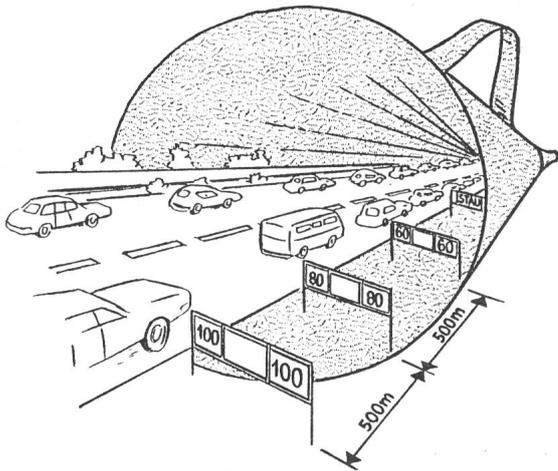


Fig. 3 Warntrichter

Sekundärünfälle infolge Auffahrens auf das Stau-Ende zu verhüten.

Eine Pilotanlage einer solchen Stauwarneinrichtung ist seit April 1976 auf der Autobahn München-Stuttgart bei Aichelberg in Betrieb. Diese Stelle passieren ca. 60000 Fahrzeuge pro Tag und Fahrtrichtung. Durch die Anlage wird ein Streckenabschnitt von ca. 10 km Länge abgedeckt [3]. Die Geschwindigkeitsanzeige erfolgt auf faseroptischen Anzeigetafeln. Diese Signalgeber besitzen den Vorteil der Phantomfreiheit, d.h., nichteingeschaltete Zeichen sind auf der Matrixplatte unsichtbar. Ausserdem werden für den Zeichenwechsel keine mechanisch bewegten Teile benötigt. Die faseroptischen Matrixzeichen lassen sich in ihrer Helligkeit, je nach Sichtverhältnissen, in Stufen von der Minimalleistung bis auf das Fünffache steigern.

Die Gesamtkosten einer Stauwarnanlage sind hoch. So betragen beispielsweise die Kosten für die Anlage Aichelberg ca. 4,6 Mio DM. Es ist deshalb verständlich, dass man sich über die Wirksamkeit einer solchen Anlage ein genaues Bild verschaffen will, wozu eine längerfristige Beobachtung unter der differenzierten Berücksichtigung aller Eingangsgrößen erforderlich ist.

Die Errichtung von feststehenden Stauwarneinrichtungen an neuralgischen Verkehrsstellen ist nur ein Aspekt dieser Warntechnik. Ein nicht einfaches technisches Problem entsteht, wenn es gilt, beispielsweise bei örtlich nur vermutbaren Verkehrsspitzen *Stauwarnungen mittels mobilen Einrichtungen* vorzunehmen. Das Hauptproblem besteht darin, zur Ermittlung der Eingangsdaten zuverlässige Detektorsysteme zu finden. Induktionsschleifen oder pneumatische Bodenschwellen eignen sich nicht ohne weiteres, weil sie fest in den Strassenbelag verlegt werden müssen. Überlegungen zur Konstruktion geeigneter Detektorsysteme wurden zwar schon vorgenommen, bedürfen jedoch noch einer praktischen Bestätigung.

### 3.2 Abstandswarngeräte

Abstandswarngeräte, die auf Radarbasis arbeiten, sind im einzelnen Fahrzeug eingebaut und dienen der kontinuierlichen Erfassung des Abstandes zum vorausfahrenden Fahrzeug. Es mag utopisch erscheinen, dass solche Geräte seriemässig jemals Bestandteile der Autos sein werden. Seriöse Prognosen sehen jedoch Anfang der 80er Jahre 6...8 Mikroprozessoren für verschiedenste Funktionen im Auto eingebaut, worunter explizit

auch die Abstandswarnung erwähnt ist. Als Bestätigung dieser Prognose darf bemerkt werden, dass in Deutschland heute schon einige namhafte Firmen mit Unterstützung des Bundesforschungsministeriums an der Erprobung von Abstandswarngeräten arbeiten [4; 5; 6].

Das Prinzip der Abstandsmessung ist zwar einfach (Fig. 4). Die technischen Randbedingungen für ein Abstandswarngerät, das – und das sei nochmals betont – dem Autofahrer lediglich eine Empfehlung unter voller Eigenverantwortung des Fahrers abgibt, sind jedoch keineswegs trivial. Hier einige Beispiele von Fragen, die den Techniker beschäftigen:

- Die Messung des Ist-Abstandes setzt voraus, dass automatisch zwischen echtem Vorderfahrzeug und Fahrzeugen auf der Nachbarspur oder strassenseitigen Hindernissen unterschieden werden kann.

- Das Festlegen des Soll-Abstandes kann von verschiedenen Kriterien bestimmt sein, wie etwa vom fahrzeugspezifischen Anhalteweg unter Berücksichtigung der Reaktionszeit, von einer jederzeitigen Notbremsung des Vorderfahrzeugs oder von der Stabilität des Verkehrsflusses, angezeigt durch den Abbau einer Störung innerhalb einer Fahrzeugkolonne.

Es geht somit um das Festlegen einer geeigneten *Warnstrategie*, die einerseits nicht so vorsichtig ist, dass der Verkehrsfluss und damit auch die Warnwirkung auf den Fahrer störend beeinflusst werden, andererseits auch nicht so grosszügig, dass im Mittel die tatsächlich kritischen Situationen nicht angezeigt werden.

Bevor die Warnstrategie zum Zuge kommt, besteht das Problem, die Gefahrensituation überhaupt zu erkennen. Untersuchungen zeigten, dass im Abstandsbereich oberhalb von 150 m Relativbewegungen unabhängig von der Geschwindigkeit im allgemeinen nicht mehr deutlich wahrgenommen werden. Die grösste Reichweite des Messgerätes sollte deshalb nicht unter 120 m liegen. Eine Übersicht über erzielte Reichweiten der drei in Erprobung stehenden deutschen Systeme zeigt Fig. 5.

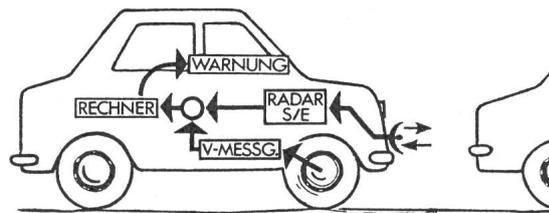


Fig. 4 Prinzip der Abstandswarnung

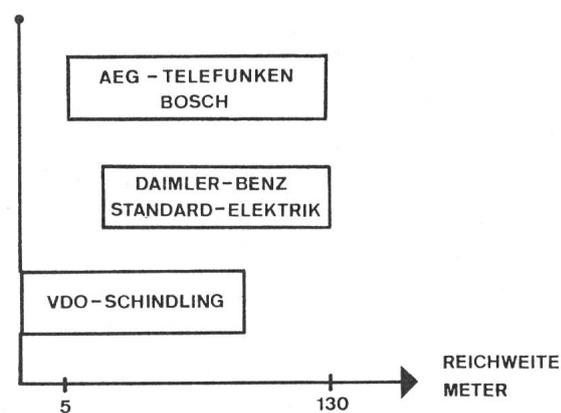


Fig. 5 Abstandswarnung: Reichweiten dreier Radarverfahren

Für Geradeausfahrt lässt sich die Radarkeule zwar derart bemessen, dass der Vorfahrer praktisch eindeutig erkannt wird. Problematisch wird die Messung jedoch in Kurven, wenn nicht zu viele Fehlwarnungen aus einer Nachbarspur auftreten sollen. Solche Fehlalarme können z.B. auf Autobahnen durch Plausibilitätskontrollen unter Berücksichtigung von Trassennormen teilweise eliminiert werden. Eine 100%ige Erkennung von Gefahrensituationen bzw. eine vollständige Verhütung von Fehlalarmen lässt sich wohl kaum erreichen.

Ausgedehnte Fahrversuche mit Autos, die mit Warngeräten der verschiedenen Fabrikate ausgerüstet waren, stellten die schnelle und sichere Warnung des Fahrers auch bei Regen und Schnee unter Beweis. Die weiteren Arbeiten zielen auf verbesserte Massnahmen zur Unterdrückung von Fehlalarmen hin.

Zusammenfassend lässt sich sagen, «dass gerade im Bereich höherer Verkehrsstärken, in dem Auffahrunfälle den hauptsächlichsten Unfalltyp auf Autobahnen darstellen, durch Abstandswarngeräte die Verkehrssicherheit positiv beeinflusst werden könnte, sofern sich die Fahrer an die Empfehlungen des Gerätes halten» [5].

### 3.3 Sicherheitstechnik

Der Nachteil aller Warngeräte, nämlich ihr lediglich empfehlender Charakter, führt zum Schritt von der Abstandswarnung zur Abstandsregelung bzw. zu einer Kombination von beiden. Dabei wird direkt in die Technik des Autos eingegriffen.

In einer ersten Phase wird auf Grund der Abstands- bzw. Relativgeschwindigkeitsmessung mittels geeigneter Stellglieder das Motor- und Bremssystem beeinflusst. Die theoretischen Grundlagen zu einer solchen *Folge- oder Längsregelung* sind weitgehend erarbeitet. Die laufenden Arbeiten bestehen in der Entwicklung der Stellglieder und in praktischen Erprobungen.

Die Vision der Techniker geht aber noch weiter. Theoretisch und praktisch ist man dabei, zu untersuchen, auf welche Weise auch die Kurssteuerung, d.h. die Fahrspurführung, mittels einer Querregelung automatisch verbessert werden kann.

Das Ziel all dieser Bestrebungen besteht darin, mit dem Schritt zu teilautomatisiertem Fahrverhalten die Unfallhäufigkeit infolge menschlichen Versagens zu senken.

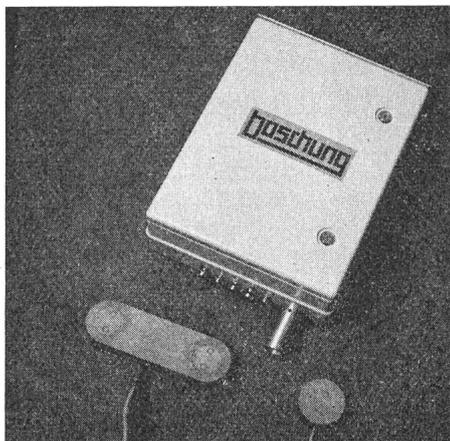


Fig. 6 Glatteis-Detektoren zur Temperaturmessung  
oben: Luftsonde  
unten: zwei Bodensonden

## 4. Warntechnik zur Verhütung witterungsabhängiger Unfälle

Warneinrichtungen zur Verhütung von Unfällen, deren Ursache in Umweltbedingungen zu suchen ist, haben bisher noch keine grosse Verbreitung gefunden. Obwohl die Häufigkeit solcher Unfälle relativ niedrig ist, kommt es dabei oft zu schwerwiegenden Personen- und Sachschäden. Die festzustellenden Umweltbedingungen umfassen die Windverhältnisse (Seitenwind), Kohlenoxyd, die Sichttrübung durch Nebel, Regen, Schnee, Rauch usw., Glatteis sowie Aquaplaning.

Die Warntechnik bezüglich witterungsabhängiger Gefahren besteht aus zwei Aspekten, einerseits der Entwicklung leistungsfähiger und zuverlässiger Detektorsysteme, andererseits der Verarbeitung der Detektormessungen und der Ansteuerung informativer Systeme. Die Problematik, die in dieser Art von Technik enthalten ist, soll hier anhand der beiden wichtigsten Gefahrenkategorien, Glatteis und Sichttrübung, erläutert werden.

### 4.1 Glatteis

Die automatische Erfassung der klimatischen Bedingungen, die zur Bildung von Glatteis führen können, zielt auf zwei grundsätzlich verschiedene Anwendungen hin: Sie soll die direkte Warnung des Autofahrers ermöglichen, aber auch Hilfsmittel des Strassenunterhaltsdienstes sein für die Entscheidung, ob und wo präventive Massnahmen zu ergreifen sind.

Die wissenschaftlichen Grundlagen, welche der Entwicklung möglichst zuverlässiger Glatteis-Detektoren dienen sollen, wurden in der Schweiz in den Jahren 1959–1967 durch sog. *mikroklimatische Messungen* erarbeitet [7]. Diese durch die Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute veranlassten Forschungen zeigten, dass mindestens folgende Grössen gemessen werden müssen:

- Lufttemperatur
- Belagsoberflächentemperatur
- relative Feuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit
- Niederschlag

Es erweist sich jedoch, dass diese Messwerte zur Beurteilung der Gefahrensituation allein nicht hinreichend sind. Allgemeine meteorologische Informationen sowie regionale bzw. lokale Erfahrungswerte müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Deshalb ist eine direkte automatische Warnung des Autofahrers schon technisch sehr problematisch, aber auch von der Zielsetzung der Glatteis-Detektoren her wohl verfehlt. Dieses Ziel sollte darin bestehen, durch präventive Massnahmen beizutragen, die Glatteisbildung zu verhindern.

Die geräte- und übertragungstechnische Entwicklung von Glatteis-Detektoren ist in verschiedenen Ländern, u.a. auch in der Schweiz, durchgeführt worden. Fig. 6 zeigt beispielsweise Sonden für Temperaturmessungen.

Praktische Erprobungen laufen im In- und Ausland [8]. Technisch gesehen lässt sich sagen, dass es Detektorsysteme mit einer Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit gibt, die den praktischen Einsatz rechtfertigen. Ein offenes Problem besteht darin, in Zusammenarbeit mit den Strassenfachleuten eine integrale Warnstrategie zu entwickeln. Dazu gehört vor allem das Problem der Repräsentativität der Einzelmessung, d.h. die

Frage, wo und wie viele Glatteis-Detektoren zu plazieren sind, weil die Glatteisgefahr in der Regel nicht immer zuerst beim Gerät auftritt. Eine Kosten-Nutzen-Betrachtung ist deshalb im Moment nicht leicht durchführbar.

#### 4.2 Sichttrübung

Die Messung der Sichttrübung erfolgt durch Sichtweite-Messgeräte. Die Sichtweite wird durch mehrere Faktoren bestimmt; die wesentlichsten sind die Eigenschaften des Auges, die Grösse und die Distanz des zu beobachtenden Gegenstandes, die allgemeine Beleuchtung sowie die Verschlechterung der Erkennbarkeit des Gegenstandes durch Schwebestoffe zwischen Objekt und Beobachter.

Die üblichen Sichtweite-Messgeräte beruhen darauf, das von den Schwebestoffen entweder absorbierte oder gestreute Licht zu messen. Diese Extinktions- bzw. Streulichtmessung gilt dann als Äquivalent der Sichtweite. Ein neueres, übrigens in der Schweiz entwickeltes Verfahren benutzt die Kontrastmessung als Sichtweite-Äquivalent [9]. Dabei werden eine helle und eine dunkle Tafel als Sichtziel auf ein 50 m entfernt aufgestelltes Photometer abgebildet. Schwebestoffe zwischen Sichtziel und Photometer verringern einerseits die Helligkeit der hellen Tafel, andererseits wird die dunkle Tafel durch das Streulicht aufgehellt. Diese Kontrastmessung, die als eine Art Kombination von Extinktions- und Streulichtmessung gelten kann, simuliert ziemlich gut den Sehvorgang des Auges (Fig. 7).

Ein Prototyp einer Kontrastmessanlage wurde in der Region Zürich aufgestellt und dient dazu, die Strassenbeleuchtung der Sichttrübung anzupassen. In Fig. 8 sind Resultate von Messungen aufgezeichnet, welche im vergangenen Februar mit dieser Versuchseinrichtung durchgeführt wurden. Die vertikale Achse entspricht grosso modo der Sichtweite, wobei die Basislinie der maximalen Sichtweite entspricht.

Die Messungen zeigen, dass die Sichtweite an kritischen Stellen schnelle zeitliche Schwankungen aufweisen kann. Eine

automatische Auswertung dieser Kurven, sei es zur Regulierung der Strassenbeleuchtung oder zur Steuerung von Warnvorrichtungen, ist deshalb nicht problemlos. Mit dieser Anlage lässt sich übrigens der bekannte Effekt nachweisen, dass die Sichtweite an derselben Stelle mit demselben Dunst von der Fahrtrichtung abhängig ist.

Die Voraussetzung für die Warnung bei Nebel wurde schon vor einiger Zeit durch eine internationale Kommission untersucht. Dabei wurde festgehalten, nach Möglichkeit die «Nebelwarnung in ein umfassenderes, für mehrere Zwecke verwendbares Warnsystem einzubeziehen, das alle häufiger vorkommenden Gefahren wie z.B. Unfall, Fahrzeugstau, Glatteis, Nebel, Seitenwind» anzeigt [10].

In einer ersten Phase liessen sich Blinklichter als Warnvorrichtung benützen, die in Abständen von ca. 250 m entlang der Autobahn aufgestellt sind. Die Warnblinkanlage sollte vom Verkehrsteilnehmer an jedem Blinkpfosten, und zwar auch auf dem Mittelstreifen, betätigt werden können. Vom Auslöseort aus gerechnet sollten die Blinklichter auf einer ca. 2 km langen Strecke nach rückwärts aufleuchten. Nachfolgende Autobahnbenützer würden dann gleichzeitig mehrere Blinklichter wahrnehmen können. Eine variable Blinkfrequenz wäre als Anzeige verschiedener Gefahrenstufen möglich. In einer späteren Phase müssten Wechselverkehrszeichen mit automatischer Ansteuerung, eventuell kombiniert mit Blinkzeichen, angestrebt werden.

#### 4.3 Ausblick

Generell lässt sich bezüglich automatischer Warnung für witterungsabhängige Gefahren bemerken, dass es noch einige praktische Erfahrungswerte braucht bis zur Realisierung integraler Warnsysteme. Versuche dazu laufen im In- und Ausland. Wichtig jedoch ist schon im heutigen Stadium, die enge Verknüpfung zwischen Detektorsystem, Datenverarbeitung und -übermittlung mit den anzusteuernenden Warnvorrichtungen zu berücksichtigen.

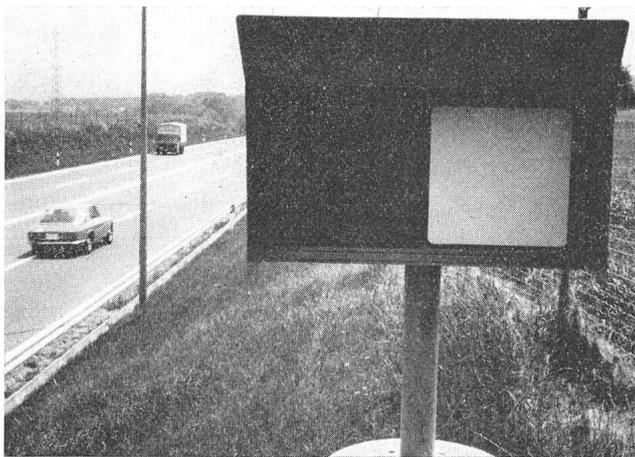


Fig. 7 Messobjekt mit einer weissen und einer schwarzen Tafel für Kontrastmessungen zur Bestimmung der Sichttrübung

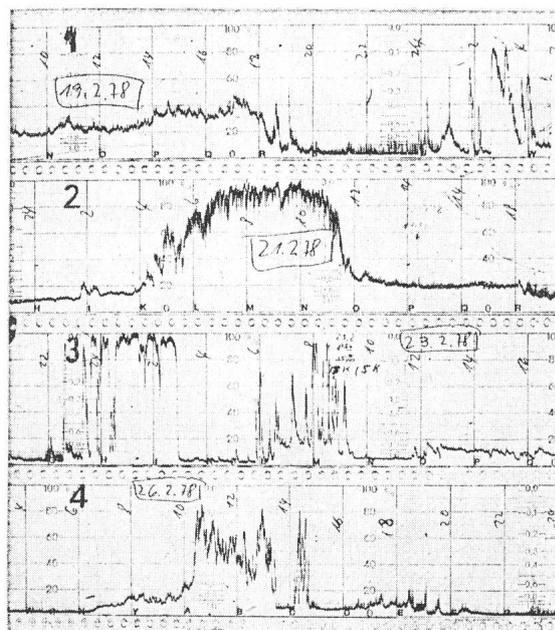


Fig. 8 Sichtweite in Abhängigkeit der Tageszeit und der Witterung

Basislinie: Sichtweite maximal  
Zeitintervall (Abstand zweier senkrechter Linien): 2 h

## 5. Schlussfolgerung

Technische Einrichtungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Autobahnen sind die Konsequenz des Prinzips, den Individualverkehr dem öffentlichen Verkehr gleichzustellen. In bezug auf die Warn- und Sicherheitstechnik sind die Möglichkeiten der Industrie, selbständige Entwicklungen voranzutreiben, vor allem auch unter Berücksichtigung der Rentabilität beschränkt. Solche Entwicklungen müssen in Anbetracht des volkswirtschaftlichen Gesamtinteresses in Zusammenarbeit und mit der Unterstützung der zuständigen staatlichen Instanzen erfolgen.

### Adresse des Autors

C. Corbella, dipl. El.-Ing. ETHZ, Zellweger Uster AG, 8634 Hombrechtikon.  
In Stellvertretung des abwesenden Autors wurde das Referat von Jürg Abt, Zellweger Uster AG, 8634 Hombrechtikon vorgetragen.

## Literatur

- [1] Strassenverkehrsunfälle in der Schweiz 1976. Bern, Eidgenössisches Statistisches Amt, 1976.
- [2] Strassenverkehrsunfälle 1974. Herausgegeben vom Statistischen Bundesamt Wiesbaden. Köln, Kohlhammer Verlag, 1976.
- [3] F. Bolte, A. Obermaier und A. Trattner: Die Stauwarnanlage Aichelberg. Strasse und Autobahn 28(1977)7, S. 263...268.
- [4] Technologien für die Sicherheit im Strassenverkehr. Forschung Aktuell. Frankfurt am Main, Umschau Verlag, 1976.
- [5] U. Köhler und H. Zackor: Abstandswarngeräte – eine Möglichkeit zur Erhöhung der Verkehrssicherheit? Strassenverkehrstechnik 20(1976)6, S. 205...209.
- [6] K. Krell: Sollen Warneinrichtungen zur Strassenausstattung gehören? Ein Beitrag zur Problematik von Stau-, Nebel-, Wind- und Glatteis-Warneinrichtungen. Strasse und Autobahn 28(1977)4, S. 136...142.
- [7] T. R. Schneider: Auswertung mikroklimatischer Messungen an Strassenkörpern. Strasse und Verkehr 56(1970)2, S. 53...59.
- [8] D. J. Erington and J. R. Waldman: Surveillance system warns of imminent freezing. Public Works 108(1977)8.
- [9] W. Sigrist und H. Urheim: Überwachung der Sichtweite in Strassentunnels. Schweiz. Bauzeitung, Heft 37, 1978.
- [10] Nebel und Strassenverkehr. Schriftreihe der ATR/FG/VSS 1974, Heft 6. Zürich, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, 1974.

## Literatur – Bibliographie

DK: 62-192

SEV-Nr. A 688

**Technische Zuverlässigkeit.** Problematik Mathematische Grundlagen. Untersuchungsmethoden. Anwendungen. Herausgegeben von der Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, München. 2. Auflage. Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1977; 8° X/308 S., 89 Fig. Preis: bro. DM 66.–

Cet ouvrage intéressant, rédigé par une communauté d'auteurs, peut être considéré comme un aperçu didactique sur les principales méthodes et bases mathématiques utilisées actuellement dans le domaine de la fiabilité des systèmes. Cette seconde édition a permis l'introduction d'extensions et de mises à jour très utiles.

Les auteurs ont eu l'heureuse idée de placer les développements mathématiques généraux en annexe à chaque chapitre. L'introduction présente d'une façon originale la planification et l'analyse de la fiabilité des systèmes. Ces aspects très importants sont d'ailleurs repris et développés dans les deux derniers chapitres: traitement des données et fiabilité dans les contrats d'acquisition. La terminologie et la définition des concepts fiabilistes ne sont pas toujours en accord avec l'état actuel des normes internationales (ISO et CEI).

L'aspect probabiliste, le modèle de Boole et le diagramme de Karnaugh-Veitch, applicable uniquement aux circuits logiques, sont notamment abordés comme introduction à la théorie fondamentale sur la redondance. Cette théorie trouve ultérieurement son développement complet dans le cadre de l'étude consacrée à la fiabilité des systèmes: formules d'approximation, chaînes de Markow, etc. Entre ces deux chapitres, les principales lois de probabilité utilisées dans les trois périodes caractéristiques d'arrivée des défaillances sont introduites sur une base essentiellement théorique.

Les procédés statistiques classiques utilisés couramment en pratique sont ensuite illustrés par plusieurs exemples; parallèlement d'autres approches actuelles, notamment la méthode de Bayes, sont également présentées. Enfin, un chapitre particulier est réservé au problème complexe de l'aptitude à la maintenance (maintenabilité et disponibilité).

Cet ouvrage peut être recommandé aux ingénieurs de systèmes désirant se familiariser avec les méthodes de fiabilité. Il peut également intéresser les étudiants avancés et les ingénieurs désirant approfondir leurs connaissances dans le domaine de la fiabilité des systèmes. Sa lecture sera très aisée si l'on possède des notions suffisantes en mathématiques supérieures, notamment en calcul des probabilités et en statistique mathématique. P.-L. Boyer

DK: 621.577

SEV-Nr. A 689

**Wärmepumpen.** Grundlagen, Komponenten, Auslegung, Bau und Betrieb. Veröffentlichung der gleichnamigen Tagung «Wärmepumpen» in Essen, 1977. Essen, Vulkan Verlag, 1978; gb. 4°, 236 S., 289 Fig., 39 Tab.

In diesem Buch sind alle Vorträge zusammengefasst, die anlässlich einer dreitägigen Tagung über Wärmepumpen im Herbst 1977 in Essen gehalten wurden. Dies hat zur Folge, dass dem Buch ein klarer, in Sachgebiete geordneter Aufbau fehlt. Es werden zusammenhanglos einzelne Teilgebiete der Wärmepumpentechnik nebeneinandergestellt, genauso, wie die Vorträge während der Tagung gehalten wurden. Man findet aber, und darin liegt der grosse Wert dieses Buches, in ihm eine umfassende Standortbestimmung der Wärmepumpentechnik sowie einige Ausblicke auf sehr interessante Gebiete, die von der Forschung noch bearbeitet werden müssen.

Dem Verdichter, in allen seinen Varianten, wird der meiste Raum in diesem Tagungsbericht eingeräumt. Vom einfachen Kolbendichter über Vielzellen- und Trochoidenkompressoren bis zum Turbokompressor werden alle bekannten Bauarten ausgiebig behandelt. Es werden die Einsatzgrenzen der verschiedenen Typen gezeigt, aber auch die noch möglichen Verbesserungen.

Einige Beiträge beschäftigen sich mit neuen, bisher selten oder noch gar nicht realisierten Prozessen. Es seien hier in erster Linie die Beiträge über die Absorptionswärmepumpen erwähnt, denen durchaus Chancen als Heizanlagen eingeräumt werden können. Ein sehr interessanter Vortrag sei speziell hervorgehoben. Er befasst sich mit den Möglichkeiten der Mehrstoffwärmepumpen. Mit einer Mehrstoffwärmepumpe könnte der sogenannte Lorenzprozess realisiert werden, der sich gegenüber dem Carnotprozess (der den jetzigen Kaldampf wärmepumpen zugrunde liegt) durch ein viel günstigeres Leistungsverhältnis auszeichnet. Leider steht die Erforschung dieser interessanten Wärmepumpe erst am Anfang. Die bisherigen Ergebnisse sind aber sehr vielversprechend.

In weiteren Vorträgen werden u. a. Kältemittel, Kondensatoren, Verdampfer sowie Wärmequellen für Wärmepumpen behandelt. Abschliessend werden noch Betriebserfahrungen geschildert.

Jedem Beitrag ist für weiterführende Studien ein ausführliches Literaturverzeichnis angeschlossen. Am Schluss des Bandes ist auch eine Zusammenfassung der Diskussionsbeiträge zu finden.

Das Werk wendet sich in erster Linie an den Fachmann, der mit den Grundlagen bestens vertraut ist und keiner Einführung in die Materie der Wärmepumpentechnik bedarf. Aber auch Studierende werden darin Antworten auf spezielle Fragen dieser neuen Technik finden.

F. Michels