

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 98 (1980)  
**Heft:** 36: Der Gotthard-Strassentunnel

**Artikel:** Gedanken zum Aufbau des Sicherheitskonzepts für die elektro-  
mechanischen Anlagen  
**Autor:** Gallati, Fritz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74185>

### **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:** 13.03.2025

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

# Gedanken zum Aufbau des Sicherheitskonzepts für die elektro-mechanischen Anlagen

Von Fritz Gallati, Zürich

## Allgemeine Betrachtung

Für die Benützer der Nord-Süd-Verbindung dürfte es natürlich sein, mühelos und der Sicherheit der Anlage vertrauend den direkten Weg durch den Gotthard-Strassentunnel zu befahren. Die unsichtbare Leistung von der Planung bis zur Realisierung ist selbstverständlich und wird vergessen.

Mit dem Beschluss, den 16,3 km langen Gotthard-Strassentunnel zu bauen, ist, wie für das gesamte Nationalstrassennetz, unabdingbar die Sicherheit für den Benützer verbunden. Nur das Zusammenwirken aller Beteiligten, Geologen, Bau-, Elektro- und Maschineningenieuren, Elektronikern, ausführenden Unternehmungen und Lieferanten, führte zum Ziel, das Sicherheitsstreben unter Berücksichtigung und Bewältigung aller auftretenden Probleme mit vernünftigem Kostenaufwand zu verwirklichen.

Bild 1 zeigt eine Darstellung der möglichen Zusammenhänge und Einwirkungen bei der Planung und bei der Realisierung. In jedem Teilgebiet mussten Entscheidungen getroffen werden, deren Auswirkungen letztlich dem Schutz des Benützers dienen, aber auch der Wirtschaftlichkeit, dem Umweltschutz usw.

Die Aufteilung der Sicherheitskriterien führt zu zwei grundsätzlichen Kategorien:

Der ersten Kategorie sind die Massnahmen zuzuordnen, die in direkter Weise dem Schutz des menschlichen Lebens dienen. Sie werden durch das Bauwerk selbst, mit seinen verschiedenen Haupt- und Nebenanlagen gewährleistet.

Für den Gotthard-Strassentunnel wurden aufgrund seiner Länge und weil im Gegenverkehr befahren, im Gegensatz zu kürzeren Tunnels, folgende zusätzliche Massnahmen getroffen:

- Parallel zu seiner ganzen Länge führt ein *Sicherheitsstollen*, der im Katastrophenfall als Zugang zu den Schutzräumen dient, in denen sich Personen befinden und der mit einer von der Hauptventilation unabhängigen Lüftung ausgerüstet ist (Bild 2).
- Der Strassentunnel ist alle 250 m mit *Schutzräumen* versehen, die mit dem Sicherheitsstollen verbunden sind.
- Der Tunnel hat *Ausstellbuchten*, in die Fahrzeuge mit Pannen gestellt werden können
- Die Betriebs- und Hilfsorganisationen sind im Norden und im Süden in Einsatzbereitschaft.

- Zwei redundante Kommandostellen gewährleisten die Überwachung «rund um die Uhr».
- *Schutzbauten* beschränken die *Lawinengefahr* auf den Zufahrtsrampen auf ein Minimum.
- *Raumaufteilung* und *Brandschottung* sind so gewählt, dass sie die Ausbreitung von Bränden und die Rauchentwicklung verhindern.

Die zweite Kategorie umfasst die Massnahmen, die zum Schutz der Anlagen selbst und vor allem zu ihrer Funktionssicherheit getroffen wurden. Nachfol-

gend wird ein Teilaspekt der Anlagensicherheit herausgegriffen, der für die Sicherheit im Gotthard-Strassentunnel mit seinen notwendigen komplexen Anlagen von entscheidender Bedeutung ist.

## Die Anlagensicherheit

In den technischen Systemen ist für den Betrieb und die Überwachung ein breites Spektrum der Elektro- und Maschinen-Technik eingesetzt. Es handelt sich um

- mechanische Ausrüstungen mit Hydraulik, Ventilatoren, Schachtbahnen,
- HS-Anlagen 6 bis 50 kV,
- Batterie-Anlagen und Dauerstromversorgung 48 V DC, 220 V DC, 220 V AC (Bild 3),

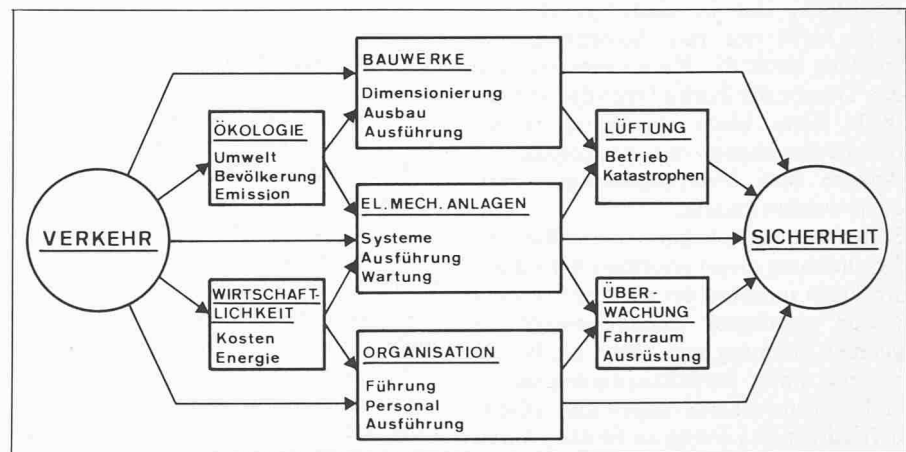


Bild 1. Zusammenhänge Verkehr und Sicherheit

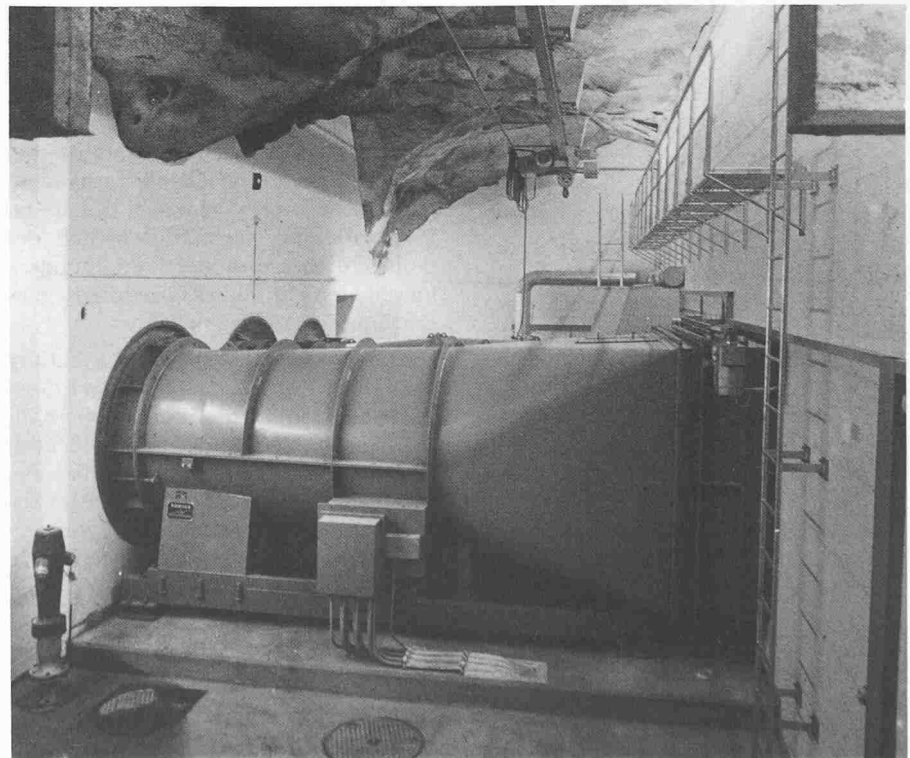


Bild 2. Blick in die Lüftungszentrale Sicherheitsstollen

- Schwachstromsteuerung in konventioneller Relais-technik für die Tunnelbeleuchtung, Ventilatorsteuerung usw.,
- Telephonausrüstungen für PTT und die Nationalstrassen-Rufanlagen,
- Funkanlagen,
- Gebäude-Installationen,
- Elektronikausrüstungen für Steuer-, Mess- und Regelaufgaben, Brandmelde- und Alarmanlagen,
- Rechneranlagen für verkehrstechnische Aufgaben,
- Rechneranlagen für die Fernwirk- und Prozessrechneraufgaben der Lüftung
- Fernsehanlagen.

Die häufigste Frage der unzähligen Besucher der Baustelle lautete: «Was passiert, wenn ein Ventilator, die Fernwirkanlage, der Rechner, oder die Automatik oder anderes ausfällt?» Damit waren in der Regel Einzelstörungen angesprochen, denen wie in jeder andern Anlage mit der üblichen Schutztechnik begegnet wird.

Massgebend sind aber Störungen und eventuelle Ausfälle *ganzer Systeme*, Anlagen oder wichtiger Funktionen, welche die Überwachung und den Betrieb und damit die Verkehrssicherheit beeinträchtigen. Für diese Fälle ist eine *Redundanz* oder eine *Ersatzmassnahme* – soweit sie in einem vernünftigen Kosten/Nutzen-Verhältnis steht – gemäss folgenden Betrachtungen vorgesehen.

Die Organisation ist so aufgebaut, dass die *Polizei* für die *Verkehrssicherheit* und der *Unterhaltungsdienst* für die *Anlagensicherheit* zuständig sind. Für beide Dienste ist der Kommandoraum die zentrale Stelle, an der alle Informationen zusammenkommen und von wo aus der ganze Komplex überwacht und gesteuert wird. Der Strassentunnel wird abwechselungsweise 14 Tage von Göschenen und von Airolo aus bedient, d.h. bei Ausfall der einen Kommandostelle können Überwachung und Bedienung des ganzen Tunnels von der andern Kommandostelle übernommen werden. (Bild 4).

Die Rampenstrecken der N2 vom Gotthardpass bis Amsteg im Norden und bis Varenzo im Süden sind technisch in die Kommandozentralen Göschenen und Airolo integriert. Die Überwachung, Steuerung und Kommunikation hingegen sind vom Strassentunnel vollständig getrennt und nur vom jeweiligen Kommandoraum des betreffenden Kantons zu bedienen.

Der Ausfall einer kompletten Lüftungszentrale oder eines Lüftungsabschnittes wird automatisch mit den benachbarten Ventilatoren ausgeglichen. Bei Erreichen der maximalen Ventilatorleistung muss gegebenenfalls der Verkehrsfluss reduziert werden.

Der Ausfall ganzer Objekte, z.B. Lüftungszentralen mit allen Systemen, ist

unwahrscheinlich und müsste als eine Katastrophe gewertet werden. Möglich sind jedoch Gerätestörungen, die zum Ausfall von Systemen führen. Tabelle 1 zeigt einige Fälle von Störungen und die möglichen Massnahmen sowie Ersatz-Betriebsarten.

Die Überwachung des Tunnels ist dadurch sichergestellt, dass die im allgemeinen Teil dargestellten technischen Systeme vollständig oder voneinander weitgehend unabhängig sind und mit Ersatz-Massnahmen wie folgt betrieben werden können:

- Die *Verkehrssteuerung* ist ein eigenes, mit Ausnahme der Verknüpfungen vollständig getrenntes System bezüglich Installationen, Daten, Übertragung und Verarbeitung. Die beiden Verkehrsrechner in den Kommandozentralen sind unabhängig. Dazu ist je Kommandostelle eine Notsteuerung für einige wichtige Funktionen vorhanden.
- Die *TV-Anlage* ist ein vollständig getrenntes System mit separatem Kabel für die Bildübertragung. Ein kompletter Ausfall müsste mit zusätzlicher Überwachung im Fahrraum durch die Polizei ausgeglichen werden. Bei Benützung der SOS-Stationen durch Tunnelbenützer werden Standort, Art der Meldung für den Einsatz der Polizei im Kommandoraum angezeigt. Die tatsächliche Situation kann jedoch unter Umständen von der Polizei erst an Ort und Stelle beurteilt werden.

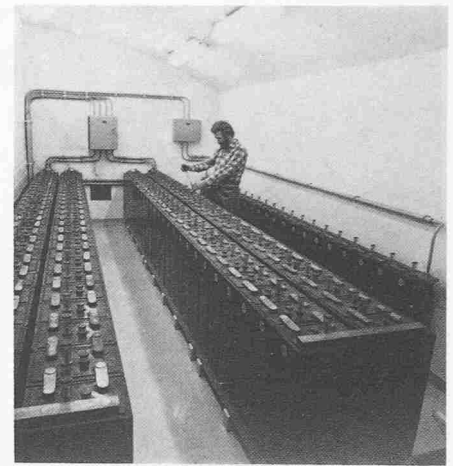


Bild 3. Batterieanlage

- Die *SOS-Alarmkasten* sind mit dem *Nationalstrassen-Telephon* und mit zusätzlichen Nottasten ausgerüstet, mit denen im Kommandoraum Hilfe angefordert werden kann. Zudem sind zwei Handfeuerlöcher eingebaut, deren Entnahme im Kommandoraum angezeigt wird.
- Bei den *PTT-Telephon- und Alarmzentralen* handelt es sich um für Nord und Süd getrennte Anlagen. Für eventuelle Noteinsätze besteht in beiden Werkhöfen ein Pikettdienst, der über Funk oder Nationalstrassentelephon aufgeboden werden kann.
- Die Unterstationen der *Fernwirkanlage* in den Lüftungszentralen sind mit den Kopfstationen in beiden Kommandozentralen verbunden. Bei

Tabelle 1. Massnahmen bei Gerätestörungen

Fall Nr.	Ausgefallene Anlageteile	Auswirkung	Möglicher Ersatz-Betrieb bis der Schaden behoben ist
1	Prozessrechner	- kein Rechnerbetrieb - keine Optimierung - keine Statistik	Betriebsort: Kdo GOE od. AIR - Handeingriff: Sollwertvorgabe für die Luftmenge - Umschaltung auf die LZ für autom. CO/T-Betrieb
2	Fernwirk-Unterstation in einer LZ	- keine Meldung - keine Anzeige - keine Befehle zu dieser LZ	- Automatische Umschaltung auf die CO/T-Regelung in der LZ - Die LZ muss auf Ortsbetrieb geschaltet werden - Die LZ muss mit Personal besetzt werden
3	CO-T-Regler eines Ventilators	- kein automatischer Betrieb in der LZ möglich	Betriebsort: Kdo GOE od. AIR - Rechnerbetrieb Betriebsort: LZ - Handvorgabe $Q_L$
4	Mengenregler eines Ventilators $Q_L$	- kein automatischer Betrieb in diesem Abschnitt	Betriebsort: Kdo oder LZ - Manueller Eingriff in die Flügelverstellung des Ventilators
5	Ventilatormotor Hilfsbetriebe Steuerung eines Ventilators	- zusätzliche Ventilatorleistung der Nachbarventilatoren	- Mit Hilfe der Lüftung benachbarter Abschnitte wird automatisch längsbelüftet
6	CO- oder T-Messung im Tunnel	- keine Anzeige - keine automatische Regulierung in der LZ	- Der Istwert der Nachbarabschnitte kann beigezogen werden - Rechnerbetrieb mit automatischer Sollwertvorgabe (Kdo) - Im Lokalbetrieb der LZ telefonisch Einstellwerte aus der Kommandozentrale

Kdo : Kommandostelle    AIR : Airolo    CO : Kholenmonoxyd-Messung  
GOE : Göschenen    LZ : Lüftungszentrale    T : Trübungsmessung     $Q_L$  : Luftmenge

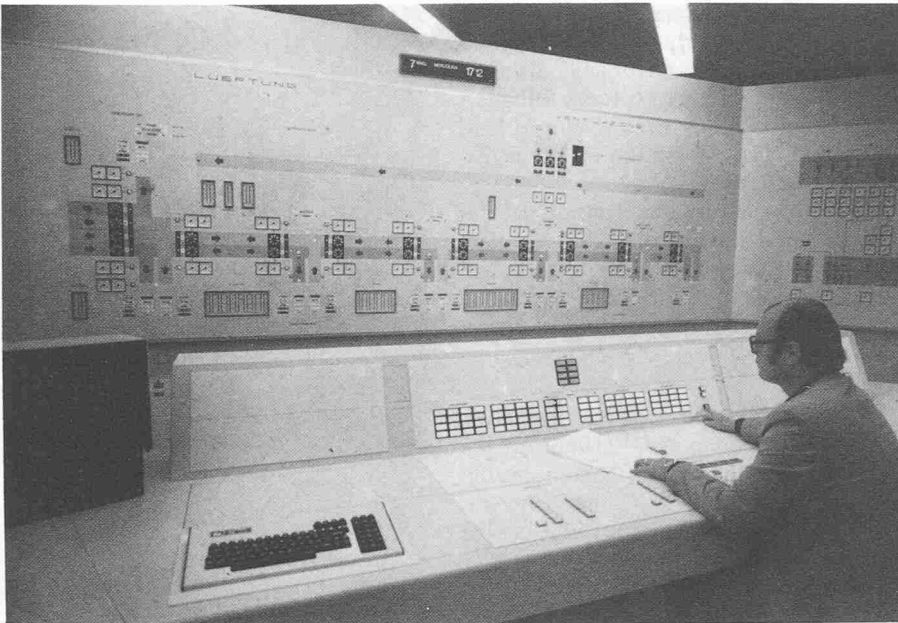


Bild 4. Kommandostelle

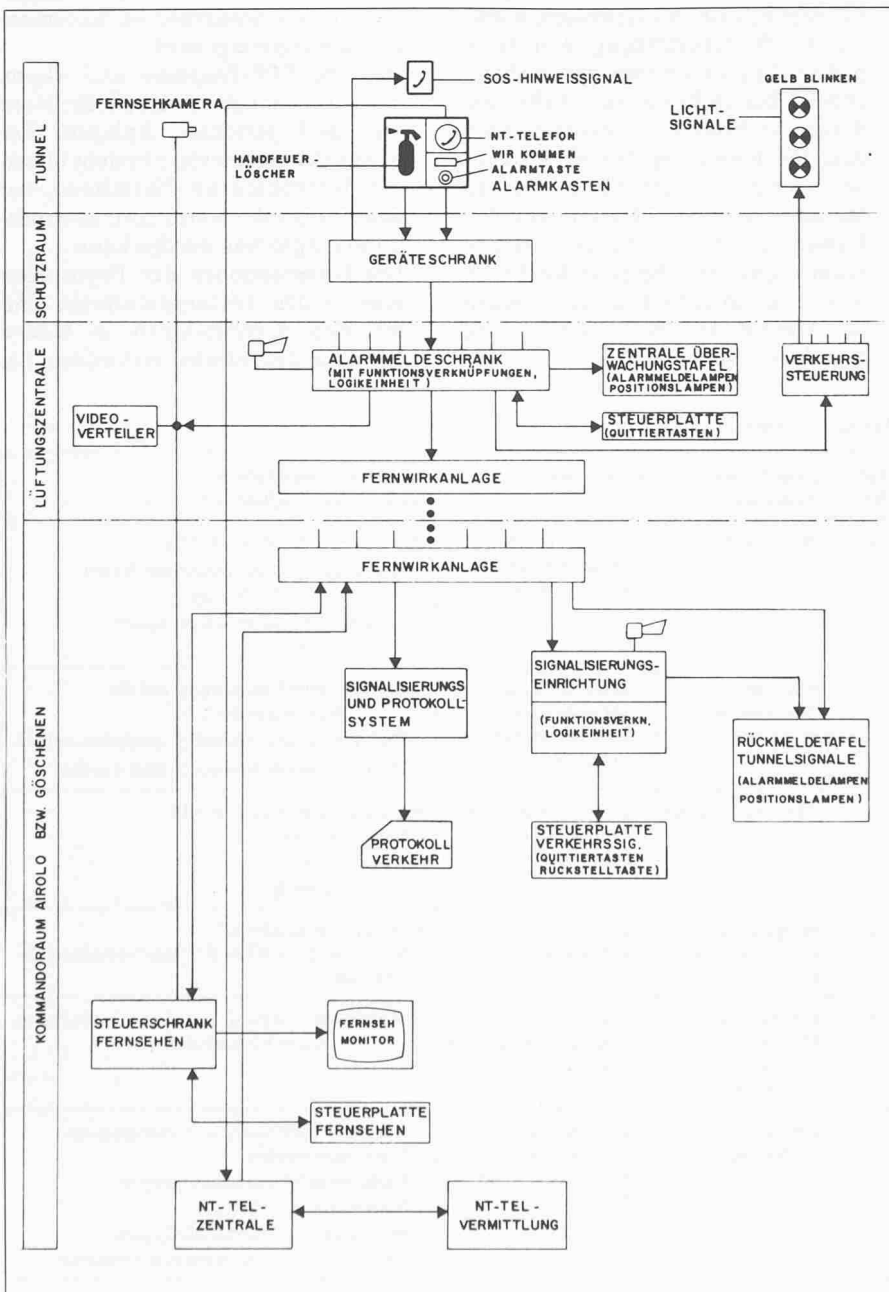


Bild 5. Übersicht Alarmmeldungen mit Querverbindungen und Verknüpfungen. SOS-Stationen im Tunnel

Ausfall einer Kopfstation kann der Betrieb von der andern Kopfstation übernommen werden. Die Massnahmen bei Ausfall einer Unterstation in den Lüftungszentralen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

- Die *Prozessrechnerausrüstung* ist nur als 1-System-Rechner konzipiert. Der Ausfall bewirkt, dass die Ventilatoren einzeln arbeiten und so mangels Koordination kostenmässig nicht optimal wirken.
- Die *Betriebsausrüstungen* in den sechs Lüftungszentralen, wie
  - Ventilatorsteuerungen der Lüftungszentralen,
  - Brandmeldeanlagen Tunnel und Lüftungszentralen,
  - Beleuchtungssteuerung Tunnel und Portale,
  - Klimaanlage in den Kommandozentralen und Lüftungszentralen,
  - Wasserversorgung Nord und Süd,
  - Schachtanlagen

sind in sich autonome Ausrüstungen auf der tiefsten Automatisierungsebene, die mit der Fernwirkanlage zentral aus beiden Kommandostellen überwacht und betrieben werden. Der Ausfall einzelner Anlagen wird von der Warn- und Störungsmeldeanlage erfasst und hat kurzfristig keine direkten Folgen auf die Verkehrssicherheit.

Wie Bild 5 am einfachen Beispiel der Benützung des Alarmpostens zeigt, sind für das Funktionieren der einzelnen Systeme als ganzes Querverbindungen und Verknüpfungen notwendig, damit dem Benutzer die erwartete Hilfe zuteil werden kann. Dazu werden rund 4000 Kriterien (Meldungen, Alarmer und Befehle) in einer Richtung in die Kommandozentrale übertragen, die - wie das herausgegriffene Beispiel zeigt - verschiedene Tätigkeiten auslösen.

Auch bei sorgfältigster Planung stellt die Realisierung auf der Baustelle, und insbesondere in einem derart langen Tunnel, in dem ja nur untertags und bei rauen Bedingungen gearbeitet wird, höchste Anforderungen an die Ausführenden. Ihre Sorgfalt und Zuverlässigkeit ist ein weiteres wichtiges Glied in der Kette der Sicherheitsmassnahmen.

Dem *Unterhaltungsdienst* ist im Falle des im Gegenverkehr befahrenen Gotthard-Strassentunnels eine besondere Aufgabe gestellt, indem er für das richtige Funktionieren und damit für die Zuverlässigkeit der Anlagen verantwortlich ist. Als letztes Glied der Kette mit den auf breiter Basis eingesetzten Anlagen und Einrichtungen kann der *Automobilist* durch *korrektes Verhalten* zur Sicherheit aller beitragen.