

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

Artikel: Kommandoanlagen
Autor: Keller, Emil
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-74187>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.02.2026

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

stieren hingegen keine einschränken- den Bedingungen. Lokal sind für jeden einzelnen Lüftungsabschnitt die Betriebsarten I bis III wählbar.

Die Kompetenzbefugnis innerhalb der zentralen Betriebsart ist so geregelt, dass die gesamte Befehlsgewalt nur einem der beiden obliegt. Zentral sind sämtliche Betriebsarten wählbar, inkl. Brandbetrieb, das letzte für den Fall, dass ein Brand festgestellt wird, bevor das Brandmeldesystem anspricht.

Ausserdem sind zentral auch verschiedene Betriebsarten kombinierbar. Auf diese Weise kann man zum Beispiel bei Betriebsart IV der zentralen Automatik

Literaturverzeichnis

- [1] *Stahel, Ackeret, Haerter*: «Die Lüftung der Autotunnel». Mitteilung Nr. 10 des Institutes für Strassenbau, ETH Zürich, 1959
- [2] *Haerter, A.*: «Fresh Air Requirements for Road Tunnels». International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels. University of Kent, Canterbury, April 1973
- [3] *Diethelm, W., Gallati, F. & Henke, A.*:

«Darstellung der Projektes». In diesem Heft.

- [4] *Diethelm, W.*: «Optimierung der Anlagen». In diesem Heft.
- [5] *Pfister, R.*: «Probleme beim Betrieb der Lüftungsanlagen langer Strassentunnels». Stuva-Tagung, Essen 1974. Forschung und Praxis, Heft 15, 1974
- [6] *Thiéry, J.-P.*: «Lüftungsregulierung». In diesem Heft.

die Kontrolle über einzelne Lüftungsabschnitte entziehen und für diese etwa mit Betriebsart II eine bestimmte Luftmenge vorschreiben.

Adresse des Verfassers: *M. Berner*, dipl. Ing. ETH, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8022 Zürich

Kommandoanlagen

Von Emil Keller, Zürich

Die Kommandozentralen Göschenen und Airolo bilden die *zentralen Überwachungs- und Leitstellen des Nationalstrassenabschnittes N2 zwischen Amsteg und Faïdo*. Sie vermitteln dem Bedienungspersonal den Überblick über den Zustand auf den Zufahrtsrampen zum Gotthard-Strassentunnel, im Tunnel und in den zugehörigen, zum grössten Teil unterirdischen Bauwerken. Wie im Führerstand einer Lokomotive oder im Cockpit eines Flugzeuges sind in den Kommandozentralen alle technischen Einrichtungen zusammengefasst, die für eine für die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer nötige zentrale Führung und Überwachung notwendig sind. Im Gegensatz zum Führerstand eines Land- oder Luftfahrzeuges liegt das Hauptgewicht weniger in der aktiven Führung, als vielmehr im Überwachen, mit dem Ziel, den Benützern des Gotthard-Strassentunnels eine sichere, ungehinderte Durchfahrt auf der Alpentransversalen zu ermöglichen und gegebenenfalls für fast jegliche Art von Hilfe besorgt zu sein.

Daraus ergibt sich, dass am Ort der zentralen Überwachung nicht nur die Informationen über Störungen im Verkehrsablauf oder an den Betriebsanlagen zusammenlaufen, die rasch erfasst und rasch analysiert werden müssen, sondern dass die Kommandozentrale *Arbeitsplatz* von Personen ist, die jahrein, jahraus, Tag und Nacht für die Verkehrsteilnehmer eine wichtige Dienstleistung erbringen. Bild 1 zeigt den Verkehrsteil im Kommandoraum Göschenen. Der Verkehrsteil wird von der Polizei besetzt. Sie überwacht vor allem die Verkehrsführung, vermittelt die eintreffenden Telefongespräche und sorgt für die Hilfeleistungen, falls ein Ver-

kehrsteilnehmer auf der Zufahrtsstrecke oder im Tunnel in Not geraten sollte. In Bild 2 ist der Betriebsteil zu erkennen. Von hier aus überwacht und

steuert das Betriebspersonal die Beleuchtung, die Lüftung, die Energieversorgung und weitere Hilfseinrichtungen, die für den Gotthard-Strassentunnel erforderlich sind.

In separaten Räumen sind die Prozessrechner, die Verkehrssteuerung, die Ein-/Ausgabeschränke der Fernwirkübertragung, Funk- und Fernseh-schränke, Verteilanlagen und Rangierverteiler untergebracht.

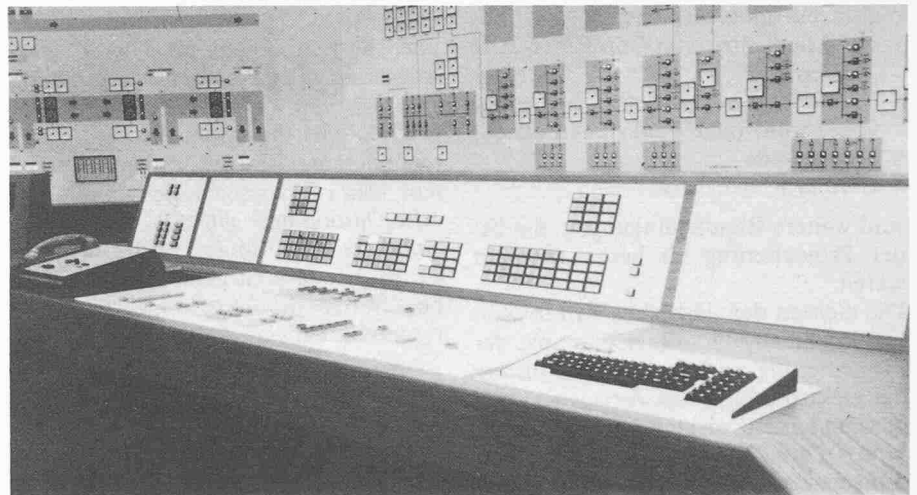


Bild 2. Betriebsteil im Kommandoraum

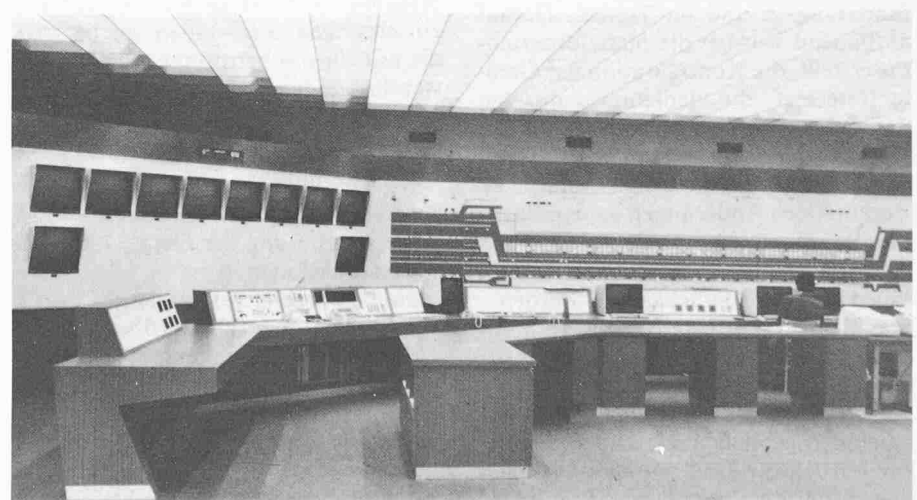


Bild 1. Verkehrsteil im Kommandoraum

Vielseitige Anforderungen

Das Bestreben, die Kommandozentralen, insbesondere den vom Polizei- und Betriebspersonal dauernd besetzten Kommandoraum, den Anforderungen entsprechend zu gestalten und die *Technik dem Menschen anzupassen*, war für die Planer eine anspruchsvolle Herausforderung.

Die hohe Informationsdichte, die vielen Steuer- und Bedienungselemente, die komplexen Geräte, die vielfältigen Apparate und die Anforderungen an

- Übersichtlichkeit
- eindeutiger Präsentation,
- einfacher Bedienung und
- harmonischem Zusammenfügen

stellen nur einige Merkmale dar, welche die Planung geprägt haben. Im weiteren sind *architektonische* und *arbeitswissenschaftliche* Erkenntnisse zu beachten, um eine gefällige Gestaltung und optimale Einheit zu erzielen.

Die Aufteilung des Nationalstrassenabschnittes für die Überquerung des Alpenmassivs in die Bereiche

- *Gotthard-Strassentunnel* mit wechselweiser Bedienung und Überwachung von Göschenen oder Airolo aus,
- *Nordrampe*, d.h. der Zufahrtsstrecke vom Flachland des Kantons Uri bis zum Portal in Göschenen, wechselweise bedienbar von Göschenen oder Flüelen aus,
- *Südrampe*, wechselweise bedienbar von Airolo oder Faudo aus und der bestehenden
- *Gotthard-Passstrasse*

sind weitere Randbedingungen, die bei der Projektierung zu berücksichtigen waren.

Die meisten der stattlichen Anzahl von Unternehmen, die an der Planung, der Projektierung und an der Ausführung der elektrotechnischen Anlagen mitgearbeitet hatten, wirkten alle auf irgendeine Art und Weise auf die Kommandoanlagen ein.

Verkehrsplaner z.B. beeinflussten und prägten die Signalisierung auf den Zufahrtstrassen und im Tunnel. Darauf aufbauend wurden die Signalprogramme erstellt, die Konfiguration der Geräte festgelegt, die Bedienungskonsolen definiert und die Anzeigen auf der Rückmeldetafel bestimmt und zuletzt die Verdrahtungsunterlagen erarbeitet. Ergaben sich Änderungen an den Basisunterlagen, so mussten diese Modifikationen auf allen Stufen bis zum letzten Glied der Kette berücksichtigt werden. Staatliche und private Institutionen mit Wälzern von einschlägigen Vorschriften und Bestimmungen haben das ihre beigetragen, dass manche gute Idee nur eine Idee geblieben ist. Die Projektierungsarbeit für die Kommandoanlagen war durch die *Vielzahl der Beteiligten*, die *laufend steigende Komplexität* und

die *fast unzähligen Schnittstellenprobleme* gekennzeichnet. Die Bereitschaft, das konstruktive und ästhetische Detail zu pflegen, jedoch ohne dem Perfektionismus zu verfallen, war eine weitere Voraussetzung für das gute Gelingen.

Grundzüge der Projektierung

Bereits in den ersten Phasen der Bauzeit, vor bald zehn Jahren, wurden Grundlagen für die Planung und Projektierung der Kommandoanlagen erarbeitet. In Arbeitsgruppen wurden die ersten Vorstellungen über ein Konzept der Betriebsführung entwickelt. Grundsätze, wie die der *kollektiven Betriebsführung* durch die beiden *Kantone Uri und Tessin*, der *Trennung von Polizei- und Betriebsaufgaben* und *minimalem Personaleinsatz*, waren einige Marksteine im klar abgesteckten Terrain. Die meisten dieser Grundsätze sind über alle Phasen hinweg befolgt und realisiert worden. Es haben aber auch der technische Fortschritt der vergangenen Jahre, die Zeiten der Konjunktur mit dem ausgeprägten Mangel an Arbeitskräften oder auch nur der Wandel der Auffassungen der Verantwortlichen den einen oder andern Akzent etwas verschieben lassen.

Aus der Fülle der gestellten Anforderungen galt es, Richtlinien und Normen über die Funktionen, über die Arbeitsweise und über die äussere Gestaltung zu erarbeiten, um bei der Vielzahl der Lieferanten von Apparaten und Geräten eine ausgewogene Einheit zu erzielen. Der rechtzeitigen Festlegung solcher *Gestaltungsrichtlinien* kommt eine eminente Bedeutung zu. Jedenfalls sind sie in einem Zeitpunkt bekanntzugeben, in dem die Bestellungen der wichtigsten Systeme noch nicht getätigt sind. Später eingeführte Normen lassen sich kaum mehr oder nur mit hohen Kosten verwirklichen. So erforderlich solche Bestimmungen waren, so darf die *eingengende Wirkung der Normen und Vorschriften* nicht übersehen werden, die unter Umständen die Auswahl an Fabrikaten und Modellen beträchtlich einschränken. Richtlinien solcher Art, die nur für das betroffene Objekt angewendet werden, jedoch für alle Systeme Gültigkeit haben, bestimmen z.B.

- das Prinzip der Anzeigen und der Signalisierung,
- das Prinzip der Bedienung,
- die Typisierung der Geräte für Standardfunktionen,
- die Versorgungsprinzipien,
- Farbe, Form und Bildgrösse von Monitoren und Instrumenten,
- die Messbereiche,
- den Protokollaufbau,
- die Verdrahtungs- und Installationsrichtlinien,
- die zweisprachigen Beschriftungen, die Schriftgröße, den Charakter usw.

Dadurch kann eine unregelmässige Vielfalt von Apparaten, Geräten und technischen Lösungen vermieden werden. Übersichtlichkeit, Ausgewogenheit und vereinfachte Wartung sind die positiven Ergebnisse dieser Bemühungen. Doch ohne Ausnahmen geht es nicht. Der vielgerühmte *goldene Mittelweg* ist auch hier angebracht. So mussten viele Eigenheiten von Systemen verschiedener Lieferanten akzeptiert werden, obwohl aus dem Standpunkt des Betreibers eine Vereinheitlichung wünschbar gewesen wäre. Im Vordergrund standen Fragen der *Bedienungsweise*, der *Schnittstellen zwischen Computern*, der *Programmierungssprache*, der *Begriffsdefinitionen* usw.

Die vorgegebene Aufteilung in Streckenabschnitte der Nationalstrasse mit wechselseitiger Betriebsführung hatte Folgen in der Zuteilung der Informationen und der Befehlsgewalt. Daraus ergab sich, dass alle Rückmeldungen, Signalfunktionen und Protokolltexte in beide Kommandozentralen zu übertragen sind, die Anlagen jedoch derart zu konzipieren waren, dass die *Befehlseingabe nur ab der betriebsführenden Kommandozentrale* erfolgen darf. Diese Bestimmungen gelten für

- die Betriebsanlagen (Energieversorgung, Lüftung, Beleuchtung und Hilfsbetriebe),
- die Verkehrssteuerung,
- das Nationalstrassentelefon und
- die Fernsehanlage.

Doch sollen die Funkanlagen, die Telefoneinrichtungen oder die Gesprächsaufzeichnungsgeräte unabhängig vom betriebsführenden Ort funktionieren.

Die konsequente Durchsetzung dieser Richtlinien und Bestimmungen hat immer wieder Mühe bereitet. Für Nichteingeweihte oder Neueingeführte war es offensichtlich nicht immer leicht, den wahren Sinn zu erkennen. Doch ist es nicht gleichgültig, welcher Gruppe z.B. ein Feueralarm im Werkhof Airolo zugeordnet ist. Handelt es sich um eine der Werkstätten, so ist dies eine interne Angelegenheit und es genügt, diesen Alarm dem Betriebspersonal in Airolo zur Kenntnis zu bringen. Handelt es sich hingegen um den Raum für die Dauerstromversorgung, so muss dieser Alarm in Göschenen und Airolo gemeldet werden, denn sollte Göschenen die Führung haben, muss der Operator informiert werden, dass die Stromversorgung für die Kommandoanlage Airolo gefährdet ist und damit die Betriebssicherheit reduziert.

Flexibilität und modularer Aufbau

Die technischen Einrichtungen der Kommandozentralen bestehen aus Komponenten, die aufeinander abge-

stimmt sind und den heutigen und zukünftigen Bedürfnissen gerecht werden sollen. Gerade die Erkenntnis, dass solche Bedürfnisse, trotz sorgfältiger Detailarbeit während der Projektierung, ändern können, sei es durch neue Produkte oder aufgrund veränderter Ansprüche, machte es erforderlich, auf der ganzen Linie mit einem *vielseitigen und anpassungsfähigen Baukasten- und Teilungssystem* zu erarbeiten. Sämtliche Bedienungspulte, Rückmeldetafeln, Steuerplatten, normierte Betätigungs- und Anzeigeelemente gestatten problemlos Erweiterungen, Modifikationen oder den Einbau neuer Apparate. Die Sicherstellung der notwendigen Freiräume im Steuerpult, auf den Rückmeldetafeln, in den Versorgungseinheiten und in der Verkabelung ermöglichen die Anpassung an kommende Bedürfnisse. Flexibilität und Ausbaufähigkeit ohne schwierige Eingriffe oder Betriebsunterbrechungen und ohne grosse Kosten sind gewährleistet.

Mosaiknetzbilder, aufgebaut auf 24×24 mm oder 48×48 mm Bausteinen, vermitteln eine Übersicht über die Anlagen oder zeigen einen Alarmzustand nach der Art und der geographischen Lage korrekt an. Einzelheiten sind aus dem Protokoll oder auf dem alphanumerischen und vollgraphischen Datensichtgerät ersichtlich. Die platzsparende Bauweise gestattet Erweiterungen oder Ergänzungen durch Herausnehmen oder Hinzufügen einzelner Bausteine. Ein komplettes Geräteprogramm von Instrumenten, Leuchtsignalen, Stellungsmeldern, ergänzt durch einige *wenige Spezialbausteine*, gestatten eine übersichtliche Darstellung der Verkehrs- und betriebstechnischen Installationen. Eine *Verdrahtung mit Systemkabel auf Rangierstrips* beschränkt die Eingriffe bei Änderungen ausschliesslich auf das *Neuverlegen von Rangierverbindungen*, auf das *Ändern der Belegung der Ausgabeperipherie der Fernwirkanlage*, auf die *softwaremässige und administrative Korrektur der Spezifikationen und Belegungslisten*. Der Hauptaufwand einer Änderung besteht im Nachführen aller betroffenen technischen Unterlagen und nicht mehr in der materiellen Korrektur auf der Anlage.

Design und Ergonomie

Eine wichtige Voraussetzung für eine zuverlässige Betriebsführung ist die *korrekte Gestaltung der Arbeitsplätze unter Berücksichtigung der Merkmale der menschlichen Körperform, der physiologischen und psychologischen Erkenntnisse*. Blickfeld, Grenzen des Sichtbereiches, Bedienungsbereich, Ausholweite des Operators, oberer und unterer Blickwinkel zur Rückmeldetafel, Körpergrösse, Grenzen der Lesbarkeit,

Mindestsehwinkel und nicht zuletzt die beträchtlichen Unterschiede der Sehleistung verschiedener Personen sind einige Kennzeichen, die bei der Konstruktion von Kommandoanlagen zu beachten sind (Bild 3).

Bereits mit der *Wahl der Farben* kann die Arbeitsleistung und -qualität des Personals günstig beeinflusst werden. Mit Farbe als Orientierungshilfe findet der Operator rasch und eindeutig Bedienungs- und Anzeigeelemente gleicher Funktion. Durch die Abstufung von Farbtönen werden räumliche Abgrenzungen oder Funktionsbereiche unauffällig und trotzdem deutlich markiert. Damit können Fehlbedienungen weitgehend vermieden werden.

Für die Platzierung der Apparate und Geräte gilt, dass nur Einrichtungen im Kommandoraum installiert werden sollen, die unbedingt für die Betriebsführung notwendig sind. Alle andern Geräte und Hilfseinrichtungen werden in separaten Räumen untergebracht. Diese Konsequenz ist erforderlich, um den Kommandoraum nicht zu überfüllen und um das Bedienungspersonal durch Unterhaltsarbeiten oder Reparaturen nicht zu stören.

Die Bedienung und Steuerung der technischen Anlagen geschieht ausschliesslich über die Bedienungspulte. Häufig und schnell zu bedienende Elemente sind im unmittelbaren Bedienungsbereich des Sitzplatzes des Operators angeordnet. Seltener zu betätigende Steuerelemente, Datensichtgeräte usw. liegen ausserhalb des Ausholbereiches. Die Rückmeldetafeln vermitteln die geographische Übersicht und orientieren über den Anlagenzustand und ob

dringend zu behandelnde Alarme oder Störungen anstehen. Für administrative Arbeiten stehen Schreibpulte zur Verfügung.

Die Tag- und Nachtbesetzung erfordert eine Beleuchtung des Kommandoraumes, die das eindeutige Ablesen von optischen Anzeigen, Bildschirmen, Datensichtgeräten und feinsten Messinstrumente blendungs- und reflexfrei ermöglicht, also relativ niedrig eingestellt ist. Für die Erledigung der täglichen Schreibarbeiten ist hingegen eine ausreichende Beleuchtungsstärke unbedingt erforderlich, soll keine übermässige Ermüdung eintreten. Eine stufenlose Steuerung der Beleuchtungsstärke wird diesen Ansprüchen am ehesten gerecht und gestattet, die künstliche Beleuchtung dem Tageslicht anzupassen.

Siegeszug der elektronischen Rechner

Die stürmische Entwicklung im vergangenen Jahrzehnt auf dem Gebiet der Elektronik ist bekannt. Integrierte Schaltkreise, Mikroprozessoren und Computer sind bald in allen Anlagen zu finden. Wie rasch die Entwicklung vor sich ging, zeigt die Tatsache, dass man sich zu Beginn der Projektierung noch fragte, ob eine Prozessrechneranlage überhaupt gerechtfertigt sei. Heute stehen wir einer stattlichen Anzahl von *Computern* und *Mikroprozessoren* gegenüber, die dezentralisiert problemspezifische Aufgaben erfüllen. Allein für das selbsttätige Aufschalten und Zuordnen der Fernsehkameras und der

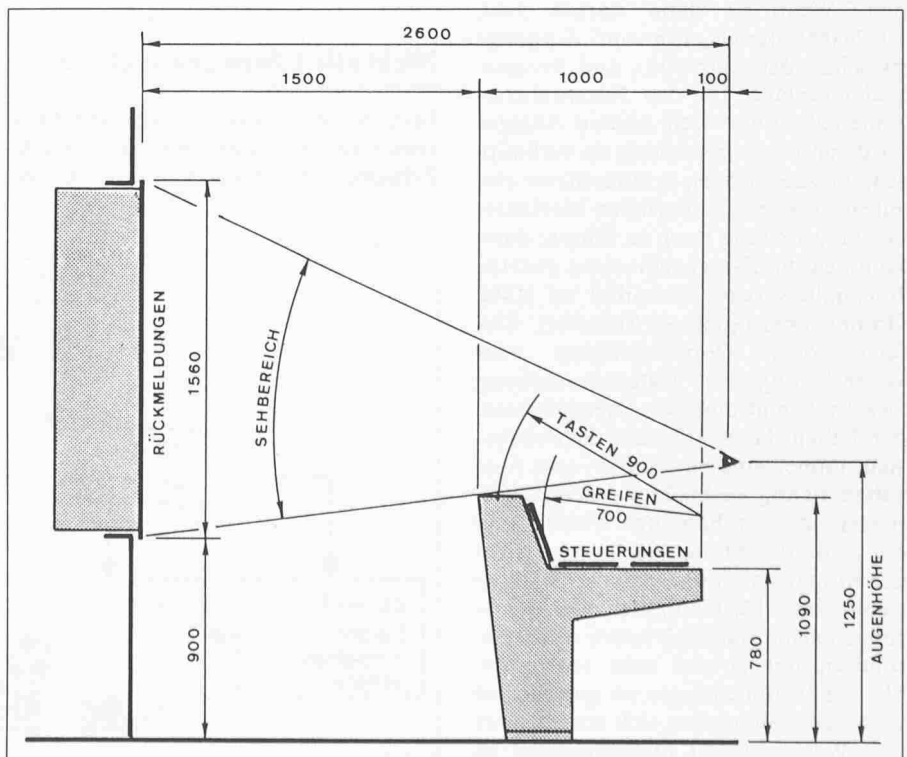


Bild 3. Steuerpult und Rückmeldetafel

Monitoren sind Mikroprozessoren verwendet worden. Die Fernwirk- und Prozessrechneranlage oder die Verkehrssteuerungsanlage arbeiten mit hierarchisch gruppierten Mikros und Minis für die Datenerfassung, Datenübertragung, Statistik, Bilddarstellung oder als eigentlicher Prozessleitnehmer für die Lüftungs- und Energieoptimierung.

In diesem Zusammenhang taucht natürlich die Frage auf, wieweit diese rasante Entwicklung für den Betreiber der Anlagen Vorteile oder Probleme mit sich bringt. Es zeigt sich jedoch, dass das Personal, das die Geräte benützt, im allgemeinen die höhere Leistungsfähigkeit erkennt und sich rasch an die neue Art der Daten-Ein-/Ausgabe gewöhnt, sofern die Peripheriegeräte zweckmässig aufgebaut sind. Hingegen hat das Wartungspersonal doch mit einigen Zusatzproblemen zu rechnen, insbesondere bei Programmänderungen und Ersatzteillieferungen. Da auch anzunehmen ist, dass die Entwicklung weitergeht und anstelle der heutigen Geräte bald noch leistungsfähigere angeboten werden, sind Schwierigkeiten bei späteren Reparaturen und Ersatzteilnachforderungen nicht zu übersehen.

Soll und Haben

Wer einen Computer anschafft, muss sich im klaren sein, dass sein Gerät mit einem *unbeschriebenen Heft* zu vergleichen ist. Den Aufsatz muss der Schüler, oder in unserem Fall der Anwender, selber schreiben. Computer wollen mit Daten gefüttert werden, sollen sie je ihre Leistungsfähigkeit entwickeln können. Wenn es dann darum geht, 10–20 000 Signale, Ein- und Ausgänge zwischen der Fernwirk- und Prozessrechneranlage, für das Nationalstrassentelephon und viele andern Anlagen hard- und softwaremässig zu verknüpfen, die zugehörigen Protokolltexte einzutragen, über die speziellen Merkmale der Verarbeitung Buch zu führen, dann kommen die Fähigkeiten eines exakten Buchhalters dem Techniker zu Hilfe. Ob uni- oder bipolarer Messwert, Einfach- oder Doppelmeldung oder Weiterleitung zur Datenverarbeitung zwecks Ermittlung der Energiekosten, der Lebensdauer oder der Betriebskosten, immer müssen die Ein- und Ausgaben richtig verbucht werden. Differenzen müssen bereinigt werden und am Ende des Monats steht zwar nicht der Monatsabschluss, jedoch die Inbetriebnahme. Da Computer oder Steuerungen *keine Halbwahrheiten* verdauen, sondern mit ja und nein antworten, bleiben Fehlbuchungen so gut wie nie verborgen. Sie rächen sich auf eine Art und Weise, die oft unverständlich ist und deren Behebung mühsam ist.

Steigender Programmieraufwand

Die Entwicklung der vergangenen Jahre auf dem Gebiet der Computertechnik war durch die *steigende Leistungsfähigkeit* und den *fallenden Anteil der Anwendungen für die Hardware* gekennzeichnet. Manche Aufgabe, die bis anhin mit konventionellen elektrischen und elektronischen Bauteilen realisiert wurde, konnte den *Prozessrechnersystemen übertragen und softwaremässig gelöst werden*. Die Alarmbehandlung, die Protokollaufbereitung oder Verknüpfungssteuerungen für die Befehlsein- und -ausgabe sind Beispiele. Die *laufend steigenden Softwareaufwendungen* rücken jedoch mehr und mehr ins Blickfeld und gefährden manche interessante Lösung von der wirtschaftlichen Seite. Ausserdem wurden aus Sicherheitsüberlegungen Aufgaben auf verschiedene unabhängige Computersysteme verteilt, um im Störfalle die Auswirkungen auf Teilbereiche zu beschränken. Um jedoch den Informationsaustausch zwischen diesen Systemen verschiedener Fabrikate zu ermöglichen, sind *Schnittstellen* erforderlich, die mit hohen Softwareaufwendungen verbunden sind.

Strukturierte Lösungen modular aufgebauter Betriebssysteme, komplette Familien von Programmiersprachen für speicherplatz- oder zeitkritische Aufgaben lassen in den kommenden Jahren auf eine Besserung hoffen. Doch für die installierten Systeme zählen die gegenwärtigen Probleme, und für Ergänzungen, Änderungen oder Verbesserungen an den implementierten Programmen können beträchtliche Aufwendungen entstehen.

Nicht alle Uhren gehen gleich

In einem Prozessrechner oder Mikroprozessor ist eine Uhr eingebaut. Solche Zeitgeber sind oft *netzfrequenzabhängig*

gesteuert oder arbeiten mit einem *internen Quarztaktgeber*. Weitere Geräte und Anlagen, wie die Tonaufzeichnung mit Zeitmarkierung während der Aufnahme (Bild 4), Verkehrssteuerung für den Tunnel und auf den Zufahrtsrampen, automatische Nummernwahl- und Zeitstempelgeräte, Protokolliereinrichtungen, Bildaufzeichnung mit Zeitregistrierung haben ebenfalls eingebaute Zeitgeber. Bei so vielen Uhren, Zeit- und Taktgebern in Göschenen und Airolo sind Abweichungen nicht zu vermeiden und führen bald zu Schwierigkeiten bei abweichenden Zeitregistrierungen. Hinzu kommt, dass die Zeitgeber in Göschenen mit denen der Nordrampe und dem Werkhof Flüelen und die Uhren in Airolo mit denen der Südseite bis Bellinzona sekundengenau gehen müssen. Eine der Möglichkeiten wäre, sämtliche Anlagen über Netzfrequenz des Verbundnetzes zu steuern. Bei Netzausfällen arbeiten aber die Prozessrechner über die Wechselrichter weiter, unabhängig von der Netzfrequenz, und bei Netzurückkehr ist eine manuelle Korrektur unumgänglich. Prozessrechneranlagen erfordern jedoch eine kontinuierliche Nachführung nach einem Zeitnormalgeber, denn das Überspringen von Sekunden oder gar Minuten führt zum Verlust von Informationen. Der Aufbau eines Zeitbasissetzes über Drahtverbindungen entlang der Nationalstrasse N2 wäre zwar eine weitere Möglichkeit, jedoch relativ aufwendig und trotzdem nicht über alle Zweifel erhaben. Umständliches Nachführen nach einem Ausfall des Gebers wäre nicht zu vermeiden.

In den letzten Jahren sind sogenannte *Zeitzeichensender* errichtet worden. Langwellensender, die mit den Sekundenimpulsen auch Minuten, Stunden, Datum, Monat und Jahr übermitteln, können mit preisgünstigen Geräten empfangen und ausgewertet werden. Für das Mittelland und die Alpenregion steht der Sender *Prangins bei Genf* mit dem Zeichen HBG mit der Sender-

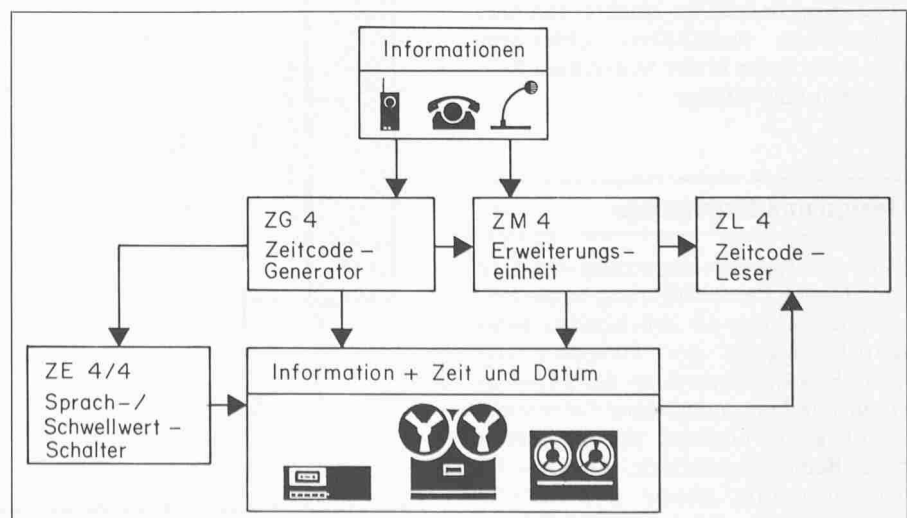


Bild 4. Tonaufzeichnungsanlage mit Eincodierung von Zeit und Datum

frequenz 75 kHz im Vordergrund. Sekunden- oder Minutenimpulse werden an alle angeschlossenen Zeitabnehmer weitergeleitet und dadurch ist eine exakte Synchronisation gewährleistet.

Zusammenfassung und Ausblick

Die installierten Systeme haben die Testphasen erfolgreich bestanden. Es hat sich gezeigt, dass die beteiligten Un-

ternehmen vorzügliche Arbeit geleistet haben. Sowohl auf der Hardware- als auch auf der Softwareseite sind relativ wenig Fehler aufgetreten, die aber in Kürze behoben werden konnten.

Die *praktische Betriebserfahrung bei Spitzenverkehr oder in Alarmfällen steht noch bevor*. Es ist anzunehmen, dass da und dort Ergänzungen erforderlich werden, die dank dem modularen Aufbau leicht realisiert werden können.

Das zentrale Steuern von umfangreichen Verkehrsanlagen wie der Gotthard-

Strassentunnel ist ohne die Verwendung von Prozessrechneranlagen kaum denkbar. Zukünftige Kommandoanlagen sind durch den steigenden Informationsanfall, noch leistungsfähigere Systeme und komplexere Geräte gekennzeichnet. Die *richtige Synthese zwischen Mensch und Maschine zu finden, ohne den ersten zu überfordern, ist eine Hauptaufgabe für die projektierenden Instanzen*.

Adresse des Verfassers: E. Keller, Ing. HTL, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8022 Zürich.

Das Fernwirk- und Prozessrechnersystem

Datenerfassung und -verarbeitung, automatisierte Betriebsführung

Von Ulrich Fierz, Zürich

Aufgaben

Die Ansteuerung der umfangreichen Anlagen in den Kommandoräumen Göschenen und Airolo und die Fernsteuerung der Einrichtungen im Tunnel, in den Lüftungszentralen, in den Schachtkopfanlagen und in den Werkhöfen erfordern eine leistungsfähige Fernwirkanlage. Sie muss alle Ereignisse rasch und zuverlässig erfassen, verarbeiten und darstellen können. Sie gibt damit dem Betriebspersonal eine Gesamtübersicht und ermöglicht allfällige Eingriffe in die verschiedenen Systeme. Eine Analyse des Tunnelbelüftungsprozesses als Funktion zahlreicher Parameter, wie Verkehrsaufkommen, Luftdruckverhältnisse, CO-Gehalt, Sichttrübung usw., zeigte auch, dass ein *optimaler Betrieb nur mit Hilfe eines Prozessrechners* möglich sein würde. Ein solches Rechnersystem muss dabei über die Fernwirkanlage mit den Ventilations- und Messeinrichtungen gekoppelt werden.

Aus diesen Überlegungen wurde eine Anlage konzipiert, welche die Informationsverarbeitung der gesamten technischen Anlagen und Einrichtungen, nur mit Ausnahme der Verkehrssteuerung, übernimmt und die Steuerung dieser Anlagen samt der automatischen Regelung der Belüftungseinrichtungen ermöglicht. Erschwerend bei der Realisierung wirkte sich dabei die grosse Zahl unterschiedlichster Signale und Kriterien aus, die in ihrer Behandlung ein differenziertes Vorgehen erforderten.

Beschreibung der Anlage

Die Ausschreibung ging von einer *Trennung der drei Funktionen*

- Datenerfassung und -Übertragung,
- Verarbeitung, Anzeige und Protokollierung,
- Belüftungsautomatisierung und Statistik

aus. Die Lieferfirma, AG Brown, Boveri + Cie, schlug eine *Zusammenlegung der beiden ersten Funktionen* vor. Die weitere Projektierung folgte diesem Vorschlag. Es bestehen heute *zwei in sich geschlossene, durch Datenverbindung gekoppelte Systeme*: Die Fernwirkanlage und der Prozess- oder Leitrechner.

Die Fernwirkanlage besteht aus zwei identischen, redundanten Kopfstationen in Göschenen und Airolo. Das Kernstück jeder Kommandostation bildet ein Rechner vom Typ PDP 11/34, der alle Daten erfasst, speichert, verarbeitet, weitergibt und ausschreibt. Ein Drucker und zwei Bildsichtgeräte sind zur Ausgabe der Textinformation direkt am Rechner angeschlossen. Die Anzeigetafeln werden über vier von Mikrorechnern gesteuerte Ausgabeblöcke betrieben. Der «On-line» Rechner erfragt die Prozessdaten oder sendet seine Befehle an zwölf, auch von Mikrorechnern gesteuerte Unterstationen im Tunnel und in den beiden Werkhöfen.

Alle Daten werden über eine Rechnerverbindung dem «Stand-by» Rechner zur Anzeige weitergegeben. Beide

Kommandoräume sind damit über alle Vorgänge im Tunnel informiert. Mit einem einfachen Verfahren kann jederzeit die automatische Umschaltung eingeleitet und die Befehlsgewalt dem Partner übergeben werden.

Der Leitrechner hat keine direkten Verbindungen zum Prozess. Er ist mit beiden Fernwirkrechnern und beiden Verkehrsrechnern über *Rechnerkopplungen* verbunden. Von den beiden «On-line» Rechnern erhält er die Daten in einem fehlergesicherten Dialog und gibt die errechneten Befehle an den Fernwirkrechner zurück. Der auch hier verwendete Rechner PDP 11/34 ist entsprechend der Aufgabe besser ausgebaut: Er hat mehr Kernspeicherplatz, eine Flieskkommarecheneinheit und spezielle Kommunikationsmoduln. Als Peripherie sind vier Magnetspeicherplatten, zwei «Floppy-Speicherplatten», ein Kartenleser und ein Konsolendrucker angeschlossen. Zur Ausgabe der lang- und kurzfristigen statistischen Auswertungen in den Kommandoräumen stehen dort je ein Drucker und ein farbiges Bildsichtgerät samt Kopierer zur Verfügung.

Anpassungen der Projektierung zur Realisierung

Ausgehend von der Ausschreibung, die in der Beschreibung der Anlagen und Funktionen natürlich noch keine Rücksicht auf vorhandene Systeme von Lieferanten nehmen konnte, wurde mit der Lieferfirma für jedes Rechnersystem eine Spezifikation erarbeitet. In diesen Dokumenten wurden die Funktionen der beiden Anlagen, wie etwa die Protokolle, Bilder, Steuerungsabläufe oder Signalverarbeitungstypen, festgehalten. Sie bildeten die Grundlage für die Programmierung.

Ergänzt wurden diese Unterlagen durch die Signal-Listen, das Verzeichnis aller