

# 100 Jahre Korrosionsschutz

Ein Rückblick über die Tätigkeiten und  
den Werdegang der SGK



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	3
<b>Historische Entwicklung der SGK</b>	4
<b>Die moderne SGK</b>	12
<b>Tätigkeitsgebiete der SGK</b>	16
<b>Ausblick</b>	29
<b>Literaturverzeichnis</b>	30

# Einleitung

**Die Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz SGK feiert in diesem Jahr ihr 100-jähriges Bestehen. Es wird ein Überblick über die Gründung, die bisherige und die aktuelle Tätigkeit des Vereins gegeben.**

Als Folge der Elektrifizierung von Bahnstrecken in der Schweiz kam es wiederholt zu Schäden an Infrastrukturanlagen aufgrund von Gleichstrombeeinflussung. Mit der Gründung der Korrosionskommission im Jahr 1923 wurde in der Schweiz eine neutrale und unabhängige Stelle für die Bearbeitung von Streustromproblemen und die Kontrolle von Gleichstrombahnen geschaffen. Im Laufe der Zeit hat sich das Tätigkeitsspektrum auf verschiedenste Tätigkeitsbereiche, wie auf kathodischen Korrosionsschutz oder Korrosion von Stahl in Beton erweitert. Die Korrosionskommission hat ein kleines Richtlinienwerk erarbeitet, in dem das aktuelle Wissen für den Korrosionsschutz in gewissen Bereichen des Bauwesens, der Verkehrsinfrastruktur und der Abwasserentsorgung zusammengefasst ist und das heute als Regel der Technik anerkannt wird. Die Geschäftsstelle der SGK hat sich zu einem modernen Dienstleistungsbetrieb für den Korrosionsschutz entwickelt, der neben Beratungen, Kontroll- und Routineuntersuchungen auch in grösserem Umfang Forschungsarbeiten durchführt und neue Untersuchungsmethoden entwickelt. Die daraus resultierenden Kenntnisse werden im Sinne des Technologietransfers durch Publikationen und Ausbildungsangebote weitervermittelt.

# Historische Entwicklung der SGK

Im Jahr 1888 nahm mit der Tramlinie Vevey-Montreux-Chillon die erste elektrifizierte Bahn mit 600 V DC in der Schweiz den Betrieb auf. Darauf folgten 1900 die ersten Kilometer der elektrifizierten Strecke von Aigle-Leysin mit 1500 V DC und 1901 ging der erste Streckenabschnitt der Montreux Berner Oberlandbahn (MOB) von Montreux bis zur Ortschaft Les Avants in Betrieb. Weitere Bahnen folgten, wie die Elektrifizierung der Berninabahn (Bild 1) oder der ESB (Bild 2). Die Elektrifizierung der Bahnen verminderte nicht nur die Abhängigkeit von Kohle aus dem Ausland, sondern stärkte auch die schweizerische elektrotechnische Industrie (Bild 3). Es ist also wenig überraschend, dass eine ganze Reihe von Bahnen und auch SGK-Mitglieder aus dem elektrotechnischen Bereich in diesen Jahren ebenfalls das 100-jährige Bestehen feiern. Dieser technische Fortschritt und der Betrieb der Gleichstrombahnen blieben aber nicht ohne Folgen für Drittstrukturen: Die Traktionsströme führten zu starken korrosiven Beeinflussungen und Schäden an erdverlegter metallischer Infrastruktur. In der Folge fanden bereits 1914 erste Verhandlungen zwischen dem Schweizerischen Verein von Gas- und Wasserfachmännern SVGW und dem Verband Schweizerischer Sekundärbahnen VSS zur Untersuchung der Auswirkungen der von Gleichstrombahnen verursachten Streuströme auf das Wasserleitungsnetz statt. 1916 wurde eine gemeinsame Kommission gebildet, der auch Vertreter des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins SEV angehörten. Diese erarbeitete zwei grundlegende Berichte zur Korrosion durch Erdströme elektrischer Bahnen und über die Untersuchungsmethoden der Korrosionsverhältnisse bei elektrischen Bahnen [1, 2]. Darauf basierend wurden 1920 Leitsätze betreffend Schutzmassnahmen gegen Streustromeinwirkungen verfasst, welche von den betroffenen Verbänden ihren Mitgliedern zur Einhaltung empfohlen wurden. Die wichtigsten Empfehlungen dieser Leitlinien betrafen die Begrenzung der Spannungsdifferenz zwischen den Schienen und den beeinflussten Strukturen auf 0.8 V sowie die Festlegung von Anforderungen an die Längsleitfähigkeit der Schienen und insbesondere der Stossverbindungen. Bei den beeinflussten Strukturen wurden in erster Linie der Einbau isolierender Verbindungen, bei Rohrleitungen alle 20-25 m, und in zweiter Linie Drainagen zur Ableitung der Streuströme empfohlen.

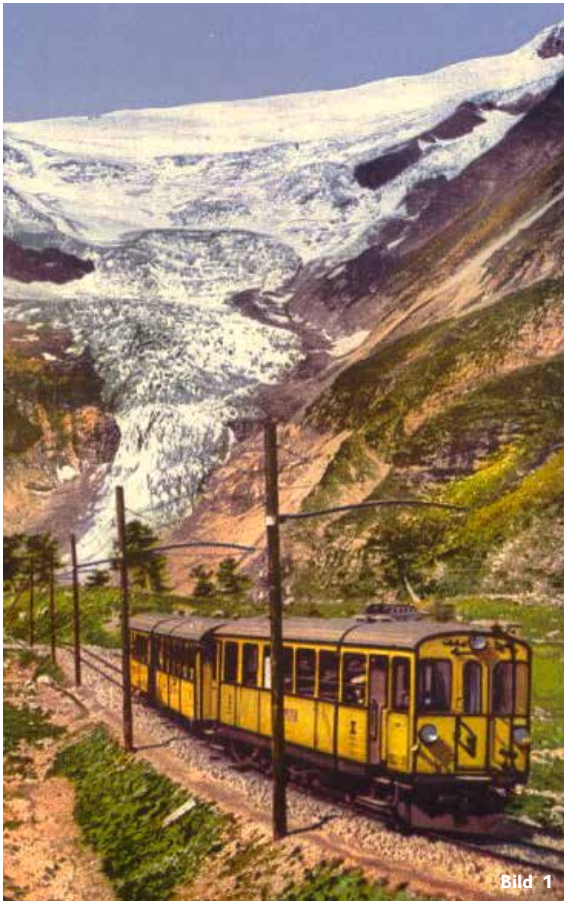


Bild 1

Elektrifizierung der ersten Streckenabschnitte der Berninabahn um 1908  
(<https://de.wikipedia.org/wiki/Berninabahn>)



Bild 2

Die Elektrischen Schmalspurbahn (ESB) Solothurn-Worblaufen im Eröffnungsjahr 1916 (Quelle: RBS)



Bild 3

Tramlinie 6 um 1930 in Genf mit einer Fahrleitung erstellt durch Furrer und Frey AG (© furrerfrey.ch/Willy Riesterer)

1923 wurde dann die Korrosionskommission gebildet, eine permanente gemeinsame Kommission der oben erwähnten Organisationen und der Obertelegraphendirektion OTD. Als erster Präsident der Korrosionskommission wurde Prof. J. Landry von der ETH-Lausanne gewählt. Als eigentliche Geburtsstunde der SGK kann dabei die Schaffung einer Kontrollstelle im Rahmen der Korrosionskommission betrachtet werden. Deren primäre Aufgaben waren die Durchführung allgemeiner Untersuchungen der Korrosionsverhältnisse und regelmässige Kontrollen gemäss den von der Korrosionskommission ausgearbeiteten Leitsätzen [3, 4]. Die wichtigsten Aspekte der Arbeit der Korrosionskommission und der Kontrollstelle wurden bis 1963 regelmässig im Bulletin des SEV publiziert.

In der Anfangsphase umfasste die Arbeit der Kontrollstelle primär die Kontrolle von Gleichstrombahnen gemäss den Leitsätzen und die Überprüfung der Streustrombeeinflussung von Kabeln und Rohrleitungen im Einflussbereich von Bahnen. Sieben Jahre nach der Gründung wurden bereits 21 Bahnen kontrolliert. Eine der Hauptaufgaben bestand darin, die Geleise abzuschreiten, die Schienenverbinder optisch zu kontrollieren und bei zweifelhaften Verbindern Widerstandsmessungen durchzuführen. Im Jahr 1930 wurden 21240 Schienenstossverbindungen gemessen. In den folgenden Jahren reduzierte sich das Ausmass der periodischen Kontrollen aufgrund der erzielten Verbesserungen kontinuierlich und endete 1963 mit der systematischen Einführung verschweisster Schienen. In der Folge wurden vermehrt Spezialuntersuchungen wie die Abklärung von Korrosionsschäden, Massnahmen zur Verbesserung der Rückstromverhältnisse und Strommessungen in Bleimantelkabeln sowie grundlegende Korrosionsuntersuchungen zur elektrolytischen Korrosion im Erdboden [5] durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Themen erstmals aufgegriffen, die auch heute noch aktuell sind. Bereits 1936 wurden mögliche Probleme bei der Verwendung des Wasserleitungsnetzes als Erder diskutiert, 1945 erstmals Hinweise auf die Mitwirkung galvanischer Elemente als Schadenursache bei Rohrleitungen gefunden und 1950 die Potenzialmesstechnik eingeführt. 1956 wurden Empfehlungen herausgegeben, Blitzschutzanlagen, die mit Rohrleitungen aus Stahl oder Guss in Kontakt stehen, zur Vermeidung von galvanischen Elementen nicht in Kupfer auszuführen. 1961 wurde vorgeschlagen, Fremdströme durch den Einbau von Isolierstücken von Tanks fernzuhalten. Im Weiteren wurden verschiedene Korrosionsprobleme in Hausinstallationen untersucht und zunehmend Untersuchungen an Tankanlagen und im Zusammenhang mit Erdungsanlagen durchgeführt. Dabei wurden

auch bisher unbekannte oder nicht beachtete Streustrombeeinflussungen erkannt, nämlich die Verschleppung von Streuströmen über das Schienennetz von Wechselstrombahnen und Nullleiter des EW-Netzes. In den fünfziger Jahren wurden erste Erfahrungen mit der Methode des kathodischen Korrosionsschutzes gesammelt. Diese wurde 1950 für den Innenschutz von Warmwasserspeichern, 1953 für Tankanlagen, 1958 für den Schutz einer Stahlbrücke in einem Stausee und 1959 für Rohrleitungen jeweils erstmals angewendet. Für die Durchführung der Messungen wurden stets eigene Messvorrichtungen gebaut oder zusammengestellt. So wurde z.B. bereits 1938 eine Anlage zur automatischen Aufnahme von Strom-Spannungsdiagrammen entwickelt und 1951 wurde ein Auto angeschafft und als Messwagen ausgerüstet. Die bereits damals hohe Anerkennung der Fachkompetenz der Leiter der Kontrollstelle widerspiegelt sich auch in Auslandaufträgen, die zwischen 1937 und 1940 in Athen, Palästina und Belgrad abgewickelt werden konnten. Ab 1940 wurden neben den Verbandsbeiträgen zur Finanzierung der Kontrollstelle auch von interessierten Firmen Industriesubventionen an die Kontrollstelle ausgerichtet.

Eine tiefgreifende Veränderung der Tätigkeiten der Kontrollstelle erfolgte in den Jahren 1963 und 1979 unter der Führung von Dr. R. Petermann und dem damaligen Präsidenten der Korrosionskommission Professor E. Baumann (ETHZ). In diese Zeit fiel unter anderem der Bau zweier grosser Ölpipelines, der Aufbau des schweizerischen Erdgasnetzes mit kathodisch geschützten Hochdruckleitungen und die Herausgabe der Technischen Tankvorschriften TTV, die den kathodischen Schutz für erdverlegte Lagerbehälter aus Stahl für die meisten Anwendungsfälle als verbindlich erklärte. Dies führte zu einer intensiven Beschäftigung mit Fragen der Anwendung und der Beurteilung der Wirksamkeit des kathodischen Schutzes. Die dabei gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse flossen 1969 in die Richtlinien C1 für Projektierung, Ausführung und Betrieb des kathodischen Schutzes von Rohrleitungen ein. Besonders erwähnenswert sind die 1968 eingeführte Ausschaltpotenzialmessung als Kriterium zur Beurteilung der Wirksamkeit des kathodischen Schutzes und die Entwicklung eines Messsystems und Standardprüfverfahrens für die Wirkungskontrolle des KKS von Kleintankanlagen. Diese waren die Basis für eine 1977 erschienene Wegleitung des Bundesamts für Umwelt im Rahmen der Gewässerschutzmassnahmen und der Richtlinie C5 für Projektierung, Ausführung und Betrieb des kathodischen Schutzes erdverlegter Lagerbehälter aus Stahl. Im Zusammenhang mit dem Aufbau des Hochdruck-Erdgasnetzes entwickel-



te sich eine intensive Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Rohrleitungsinspektorat ERI, für das die Kontrollstelle ab 1968 Messungen durchführte. Der dafür notwendige Aufwand überschritt jedoch bald die personelle Kapazität der Kontrollstelle, so dass die periodischen Messungen ab 1972 vom ERI selber ausgeführt wurden. Fortan verlagerte sich die Tätigkeit der Kontrollstelle hin zu Beratungsaufgaben und der Untersuchung von Spezialproblemen. Die SGK ist bis heute als Korrosionsschutzexperte für das ERI tätig.

Ebenfalls grosse Auswirkungen hatten die in den sechziger Jahren erfolgte Umstellung von Grauguss- auf duktile Gussrohre für Wasserleitungen und die 1985 vom SEV erlassenen Vorschriften über den Potenzialausgleich in der Hausinstallation. Die Erstellung von umfangreichen Stahlbetonfundamenten und Luftschutzbunkern in Kombination mit dem Potenzialausgleich führte zu galvanischer Korrosion und vielen Schäden an relativ neuen Wasserleitungen. Diese Schäden wurden durch weniger sorgfältige Rohrleitungsbettung, als Folge der stark verbesserten mechanischen Eigenschaften der duktilen Gussrohre, in heterogenem Boden verstärkt. Die Problematik der Rohrleitungsbettung, der Qualität der Rohrisolation und der Elementbildung mit der Bewehrung von Stahlbetonstrukturen und die Erarbeitung der 1976 veröffentlichten Richtlinie C2 zum Korrosionsschutz von erdverlegten metallischen Anlagen bildeten einen weiteren Schwerpunkt der Tätigkeiten der Kontrollstelle.

Ab etwa 1973 erfolgte generell eine deutliche Verlagerung von Kontroll- zu Beratungstätigkeiten und der Untersuchung von Schadenfällen. Neben den bereits erwähnten Schwerpunkten wurden insbesondere Korrosionsfälle in Hausinstallationen, wie Fussbodenheizungen und Warmwassersysteme, sowie in Abwasseranlagen behandelt.

Diese Entwicklung setzte sich unter der Leitung von Dr. F. Stalder als Leiter der Geschäftsstelle (1980-2006) und Prof. H. Böhni (1978-2007) als Präsident der 1983 in die Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK) überführten Korrosionskommission kontinuierlich fort. Durch die engen Beziehungen mit dem von Prof. H. Böhni geleiteten Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion IBWK der ETHZ verfügte die SGK stets über die neuesten wissenschaftlichen Grundlagen zur Erarbeitung von praxisnahen Lösungen für die an sie herangetragenen Korrosionsprobleme aus der Industrie. Diese hohe Kompetenz führte einerseits zu einer starken Zunahme der Nachfrage nach den Dienstleistungen,



andererseits zur Erschliessung neuer Arbeitsgebiete und der Möglichkeit, Entwicklungs- und Forschungsarbeiten durchzuführen. Ein Meilenstein dazu war der 1993 erfolgte Umzug in den Technopark, wo das CorrTech, ein zum IBWK gehörendes Labor, im Rahmen einer Zusammenarbeit für die Durchführung von gemeinsamen Forschungsprojekten und Laborarbeiten der SGK genutzt werden konnte. In der Folge erhöhte sich die Anzahl Mitarbeiter der Geschäftsstelle von zwei auf sechs. Im Laufe der Zeit entwickelte sich diese Labortätigkeit zu einem unverzichtbaren Teil der Aktivitäten der SGK, so dass nach der Pensionierung von Prof. Böhni ein eigenes Labor aufgebaut wurde. Dieses ist speziell für die Durchführung von elektrochemischen Untersuchungen ausgerüstet und leistet ausser für die Abwicklung der Forschungsprojekte auch für werkstofftechnische Abklärungen, Untersuchungen im Bereich der Korrosion von Stahl im Beton und die Untersuchung von Schadenfällen aus industriellen Anwendungen wertvolle Dienste. Als wichtigste neue Arbeitsgebiete wurden Stahlbetonbauwerke, Anker und Spannkabel sowie Wasser- und Abwasseranlagen erschlossen. Die internationalen Projekte gewannen zunehmend an Bedeutung. Für die Bauindustrie in Deutschland wurden umfangreiche Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von nachträglich in Bohrlöchern versetzter Anschlussbewehrung in Stahlbeton durchgeführt. Diese führten zur Entwicklung eines Prüfverfahrens, welches internationale Anerkennung fand und von der EOTA für die Europäische Zulassung aufgenommen wurde [6]. Weiter wurden Forschungsprojekte für die deutsche Gasindustrie abgewickelt. Nebst diesen Labortätigkeiten erfolgten auch Felduntersuchungen zum Kathodischen Korrosionsschutz in Saudi-Arabien (Bild 4) und Iran.



*Untersuchungen in einem Pumpwerk in Saudi-Arabien*

Unter der aktuellen Leitung von Dr. M. Büchler als Geschäftsführer (seit 2006) und unter dem Präsidium von M. Lörtscher (2007-2015) konnte die Tätigkeit der SGK weiter ausgebaut werden. Insbesondere die vertiefte Erfahrung von M. Lörtscher im Bereich Bahnen, Bahnstromversorgung und Bahninfrastruktur sowie Erdung hat zu einer Stärkung im Bereich Bahntechnik und Streuströmen geführt (Bild 5). Es folgten Aufträge für Gleichstrombahnen in Australien (Bild 6) und Indien (Bild 7) und die vertiefte Kompetenz im Bereich des KKS resultierte in der technischen Leitung von drei mehrjährigen DVGW-Forschungsvorhaben durch die SGK. Diese Forschungsvorhaben führten zur Entwicklung der technischen Regel DVGW GW 28. Mit der zunehmenden Bedeutung der internationalen Normung übernahm Dr. M. Büchler 2012 die Funktion als Convenor der ISO TC 156 WG 10 für den KKS von erdverlegten und eingetauchten Strukturen. Parallel zu diesen Forschungsvorhaben zum KKS baute die SGK umfassende Schulungskurse auf. Von 2015 bis 2017 wurde die SGK von R. Wendelspiess präsiert. In seiner Funktion als Leiter des Rohrleitungsinspektorats wurde der Themenbereich des Kathodischen Korrosionsschutzes weiter intensiviert und die SGK leitete eine Europäische Arbeitsgruppe zur Überarbeitung der KKS-Schutzkriterien. 2017 übernahm der SGK Mitarbeiter Dr. U. Angst die Funktion als Professor an der ETH Zürich und wurde in der Folge Präsident der SGK. Nach 10 Jahren Unterbruch wurde mit Prof. U. Angst somit die direkte Anbindung der SGK an die ETH wiederhergestellt. Wichtige Synergien konnten wieder genutzt werden, welche die Funktion der SGK als Schnittstelle zwischen industrieller Anwendung und Hochschule weiter stärkten. Aktuell sind 9 Mitarbeiter bei der SGK beschäftigt. Mit zwei Elektrotechnikern, zwei Werkstoffingenieuren, zwei Bauingenieur:innen und einem Maschineningenieur ist die SGK in der Lage, die verschiedensten Aspekte von Korrosion und Korrosionsschutz, aber auch Erdung, Bahntechnik und Personenschutz zu behandeln. Die internationale Anerkennung der Fachkompetenz aber auch die neutrale Position zwischen beeinflussenden und beeinflussten Anlagebetreibern führt zu einem starken internationalen Engagement, wie Projekte in Frankreich, Deutschland, England, Holland und Spanien aber auch Südafrika, Australien und Israel zeigen.



Bild 5

*Erfassen der Streustromverteilung auf dem SBB Netz im Tessin*



Bild 6

*Streustromuntersuchungen in Gold Coast (Australien)*



Bild 7

*Messungen an der Metro in Bangalore (Indien)*

# Die moderne SGK

## Zweck und Organisation der SGK

Die SGK bezweckt die Förderung des Korrosionsschutzes im technischen und wissenschaftlichen Bereich in der Schweiz im Allgemeinen und unter den Mitgliedern im Besonderen. Sie ist eine unabhängige innovative, im Bereich des Korrosionsschutzes tätige Organisation, die den Technologietransfer aus der Wissenschaft in die Praxis fördert und betreibt, sowie die Interessen ihrer Mitglieder in nationalen und internationalen Gremien vertritt. Daneben bietet sie den Korrosionsschutz betreffende Dienstleistungen an, die sie als neutrale Non-Profit Organisation marktorientiert und kostendeckend anbietet.

Die SGK ist gemäss ZGB ein Verein mit Sitz in Zürich. Sie ist seit 2005 gemäss ISO 9001 zertifiziert. Die wesentlichen Organe der SGK sind die Generalversammlung, der Vorstand und die Geschäftsstelle, welche die Aufgaben der SGK durchführt. Zur Behandlung der korrosionstechnischen Probleme und zur Durchführung von Studien bildet der Vorstand eine ständige Fachkommission, die Korrosionskommission. Sie hat keine eigene Rechtspersönlichkeit. Die Korrosionskommission stellt Leitsätze zur Verhinderung von Korrosionsschäden auf.

Die hohe Fachkompetenz, die internationalen Kontakte über die Normengremien, vor allem aber auch die konstruktive Zusammenarbeit innerhalb der Mitglieder im Rahmen von Arbeitsgruppen hat wesentlich zum Erfolg der SGK beigetragen. Mit der Gründung einer neutralen Fachstelle zur Behandlung von Korrosionsproblemen wurde vor 100 Jahren die wesentliche Grundlage für den späteren Erfolg geschaffen: Beeinflusser und Beeinflusste haben sich an einen Tisch gesetzt, die technischen Probleme offengelegt und eine gemeinsame Strategie für deren Lösung geschaffen. Noch heute sind die Diskussionen in den Arbeitsgruppen stets konstruktiv und lösungsorientiert. Dabei steht ausser Frage, dass Wasser, Gas, Strom, Bahnen und Strassen wesentliche Bestandteile der Schweizer Infrastruktur sind und dass sich Interessenskonflikte

zwischen Beeinflussern und Beeinflussten in Einzelfällen nicht immer ausschliessen lassen. Selbstverständlich sind die technischen Regeln einzuhalten und die Kosten für die Lösung von sich trotzdem ergebenden Problemen sind zwischen den beteiligten Parteien entsprechend der Richtlinie C4 zu teilen.



Diese konstruktive Art der Zusammenarbeit ist international selten. Entsprechend oft besteht die Aufgabe der SGK bei Auslandeinsätzen auch in der Information und der Ausbildung der beteiligten Unternehmen zwecks Identifikation von konstruktiven Lösungsansätzen.

## **Richlinien, nationale und internationale Gremien**

Um die Anwendung der aktuellen Kenntnisse in der Praxis zu ermöglichen und damit Schäden vorbeugend zu vermeiden, hat die SGK insgesamt 7 Richtlinien herausgegeben, die bei Bedarf überarbeitet und den aktuellen Vorschriften und Normen angepasst werden. Die Richtlinien C1, C2, C3, C4 und C5 wurden in der Schweiz vom Gesetzgeber als Regel der Technik anerkannt [7]. Die SGK pflegte stets nationale und internationale Beziehungen mit verschiedenen Fachgremien und nimmt aktiv an deren Tätigkeiten teil. Bereits 1927 vertrat sie die Schweiz im CCI (Comité Consultatif International des communications téléphoniques à grande distance) und wurde 1929 Mitglied der CMI (Commission Mixte Internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes téléphoniques). Seit 1972 ist sie Mitglied im CEOCOR, dem Europäischen Studienkomitee für Korrosion und Korrosionsschutz von Rohrleitungssystemen. Dessen jährliche Kongresse sind technisch auf sehr hohem Niveau und es werden stets die neuesten Erkenntnisse präsentiert. Die offene und konstruktive Diskussionskultur hat auch dazu geführt, dass alle für den KKS relevanten europäischen und internationalen Normen aus Arbeitsdokumenten des CEOCOR hervorgegangen sind. Drei Mitarbeiter der Geschäftsstelle wurden in dieser Organisation als Sektor- und Kommissionspräsidenten gewählt und Dr. M. Büchler hat aktuell das Präsidium inne.

Seit 20 Jahren sind Mitarbeiter der SGK auch in der nationalen (SIA) und internationalen Normung (CEN, CENELEC und ISO) tätig. Dort konnten relevante Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten der SGK direkt in die internationalen Normen einfließen.

## Wissenstransfer

Ein grosses Bestreben der SGK ist es, die neuesten Erkenntnisse und Lösungen im Bereich der Korrosion und des Korrosionsschutzes in die Praxis zu übertragen und öffentlich zugänglich zu machen. Dies geschieht durch Vorträge, Publikationen in Fachzeitschriften, die Herausgabe von Richtlinien, die Durchführung von Schulungskursen und die Mitwirkung in verschiedenen Arbeitsgruppen. Seit 1980 sind über 300 Publikationen der SGK erschienen. Nebst jährlichen Publikationen werden jeweils etwa 10 Vorträge an nationalen und internationalen Veranstaltungen gehalten. Zudem werden die Mitglieder der SGK zusätzlich im Rahmen der jährlich stattfindenden Generalversammlungen über die neuesten technischen Erkenntnisse, die normativen Entwicklungen und die Aktivitäten der SGK informiert.

Schulungen haben für den Wissenstransfer ebenfalls einen hohen Stellenwert. 2006 erschien eine erste Norm betreffend der Kompetenzen von KKS-Personal, welche 2017 in eine ISO Norm überführt wurde und damit die Anforderungen an Fachpersonal weltweit regelt [8]. Die SGK entwickelte Ausbildungs-/Vorbereitungskurse für die Bereiche Böden sowie Stahlbeton, welche seit 2008 auf Deutsch, Französisch und Englisch angeboten werden. Die hohe Qualität der Kurse führt auch zu einer grossen Teilnahme aus Nachbarländern und es haben auch bereits mehrtägige Schulungen in Belgien, Niederlande, England und Australien stattgefunden. Nebst diesen spezifischen Kursen zum KKS führt die SGK jeweils verschiedenste massgeschneiderte Ausbildungskurse für Firmen und Verbände durch, welche den spezifischen Anforderungen und den jeweiligen Randbedingungen Rechnung tragen, wie zum Beispiel die Ausbildung des Bahnpersonals der Metro Sofia (Bulgarien) für die praktische Ausführung der periodischen Kontrollmessungen des Streustromschutzes.

## Datenerfassung und -bewertung

Die messtechnische Erfassung von zeitlich variierender Beeinflussung war stets eine zentrale Kompetenz der SGK. Die Entwicklung und der Bau von geeigneten Messeinrichtungen sowie deren Anwendung unter teilweise anspruchsvollen Bedingungen hat die Arbeit in der Vergangenheit geprägt und wesentlich zum technischen Know-How beigetragen. Der technische Fortschritt mit digitaler Datenerfassung und Verarbeitung hat somit auch das Arbeitsumfeld der SGK wesentlich verändert. 1995 wurden bei der Europabrücke in Zürich erstmals nach dem Aufbringen einer neuen Fahrbahnabdichtung Monitoring Einrichtungen zur Verfolgung des Einflusses der Austrocknung der Brücke auf die



Korrosionsgeschwindigkeit installiert. Diese Verfahren wurden laufend verfeinert und führten bei der SGK zur Entwicklung verschiedener Sensoren für den Einsatz im kontinuierlichen Monitoring von Stahlbetonbauwerken. Mit dem Aufbau der Kompetenz zur Behandlung von grossen Datenmengen wurde nicht nur eine stark verbesserte Bewertung von Stahlbetonbauwerken, sondern auch ein vertieftes Verständnis für die ablaufenden Schädigungsmechanismen und die Identifikation von relevanten Einflussfaktoren möglich [9].



Die Erkenntnisse aus der Fernüberwachung wurden im Rahmen eines DVGW-Forschungsvorhabens zur Entwicklung eines Smart-KKS genutzt, welcher in Echtzeit die Beeinflussungssituation von Rohrleitungen ermittelte und mit aktiver Steuerung die jeweils optimalen Betriebsbedingungen regelte. Im Rahmen einer gemeinsamen Arbeitsgruppe des CEOCOR und der EFC (European Federation of Corrosion) wurden neue Ansätze für die Bewertung der Wirksamkeit des KKS erarbeitet. Diese ermöglichen die automatisierte Überwachung selbst bei kombinierter AC- und DC-Beeinflussung.

## **Forschung und Entwicklung**

Die Kernkompetenz der SGK besteht in der messtechnischen Erfassung und Beurteilung von Korrosionsproblemen. Daraus ergibt sich ein direkter Zugang zu den aktuellen Fragestellungen, welche sich mitunter als Folge von neuen Technologien ergeben. Vor 100 Jahren waren dies die Beeinflussungsprobleme als Folge von Gleichstrombahnbetrieb, Ende der 80er Jahre kam es zu Schäden an kathodisch geschützten Rohrleitungen durch Wechselstrombeeinflussung und in den letzten Jahren führt der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien basierend auf Solarenergie zu Beeinflussungsfragen aufgrund von DC-Leckströmen der Wechselrichter. Weiter gibt es ungeklärte Fragen in Bezug auf die Hochspannungs-Gleichstromübertragung sowie die Zugabe von Wasserstoff zum Methan und deren Auswirkung auf die Dauerhaftigkeit von Rohrleitungen. Die SGK hat sich in den letzten Jahren in umfangreichen Forschungsprojekten mit der Frage der Wechselstrom- und Gleichstrombeeinflussung beschäftigt und wesentlich zur Erarbeitung der entsprechenden Normen beigetragen. Aktuell liegt der Fokus auf dem Beitrag des Energieträgers Wasserstoff zur Rissbildung in Rohrleitungen. Aber auch der Beitrag des durch KKS gebildeten Wasserstoffs zur Schädigung von Rohrleitungen oder Vorspannkabeln wird durch die SGK intensiv untersucht. Dabei geht es sowohl um die Erarbeitung des grundlegenden Verständnisses der relevanten chemischen und physikalischen Einflussfaktoren als auch um die Identifikation von objektiven Beurteilungskriterien zur Einschätzung einer möglichen Gefährdung.

# Tätigkeitsgebiete der SGK

Die Tätigkeit der SGK erstreckt sich über sämtliche Korrosionsprobleme von Metallen in wässrigen Medien. Sie beschäftigt sich vor allem mit erdverlegter Infrastruktur wie Rohrleitungen im Erdboden, aber auch Bewehrungsstahl im Beton, nichtrostendem Stahl im Abwasser, Messing in Trinkwasser oder Gleisanlagen in Tunneln. Aber auch spezielle Fragestellungen wie die Beständigkeit von Zahnimplantaten, Reinigungsmitteln in der Lebensmittelindustrie oder Rissbildung in Dampferzeugungssystemen werden behandelt. In der Folge wird eine Übersicht über die wichtigsten Tätigkeitsgebiete der SGK gegeben.

## Erdverlegte Anlagen

### Streuströme

Die Erstausgabe der 1979 erstellten Streustromrichtlinie C3 der SGK wurde laufend aktualisiert und erweitert. Ein wesentlicher Bestandteil der Streustromschutzmassnahmen besteht darin, die Verschleppung der Streuströme durch die konsequente Trennung der Rückleitung der Bahn von der Erdung des Netzbetreibers zu vermeiden. Neben der messtechnischen Einschätzung der Streustrombelastung eines Bauwerks vor dessen Erstellung bildeten die Konzipierung von Schutzmassnahmen und die Kontrolle der Ausführung/Wirksamkeit von Schutzmassnahmen, z.B. die anspruchsvolle Überprüfung der Trennung der Erdungssysteme, die Haupttätigkeiten der SGK in diesem Bereich.



Erfassung des Streustromgefährdungsradius einer Gleichstrombahn



Ab 2001 wurde eine neue Methode zur Messung der elektrischen Isolation der Schienen eingeführt, welche für Abnahmemessungen von neu erstellten Gleisanlagen zum Einsatz kam. Daraus ergab sich die Möglichkeit zur Abschätzung des kritischen Beeinflussungsradius von Geleisen, was erstmals die rechnerische Ermittlung von Streustrombeeinflussungen in der Planungsphase ermöglichte. Wesentlich war zudem die Erarbeitung einer Bewertungsmethode für die Erfassung der Korrosionsgefährdung von streustrombeeinflussten kathodisch geschützten Anlagen [10]. Diese Erkenntnisse und die zugehörigen Messverfahren sind direkt in das internationale Regelwerk [11] und in der Folge in die 2022 neu erschienene Richtlinie C3 eingeflossen.

### Wechselstromkorrosion

1987 trat auf einer Schweizer Gasleitung erstmalig ein durch Wechselströme verursachter Korrosionsschaden auf [12]. Diese neue Korrosionsart hatte umfangreiche Untersuchungen an Gasleitungen zur Folge, die zeigten, dass viele Schweizer Gasleitungen mehr oder weniger stark durch Wechselströme beeinflusst werden (Bild 9). In umfangreichen Forschungsarbeiten auf nationaler und internationaler Ebene wurde der Schädigungs-Mechanismus untersucht. Der Durchbruch gelang 2003, als die SGK den Korrosionsmechanismus wissenschaftlich erklären konnte [13]. Erst die Kenntnis der zugrundeliegenden Vorgänge erlaubte die Konzipierung von neuen Schutzmassnahmen und die Erarbeitung von Gefährdungskriterien, die in weiteren Forschungsprojekten überprüft und in das internationale Regelwerk übernommen wurden [14]. Diese Befunde wurden ergänzt durch zwei wesentliche Beobachtungen: Es ist technisch unmöglich Wechselstromkorrosion zu verhindern. Die maximal

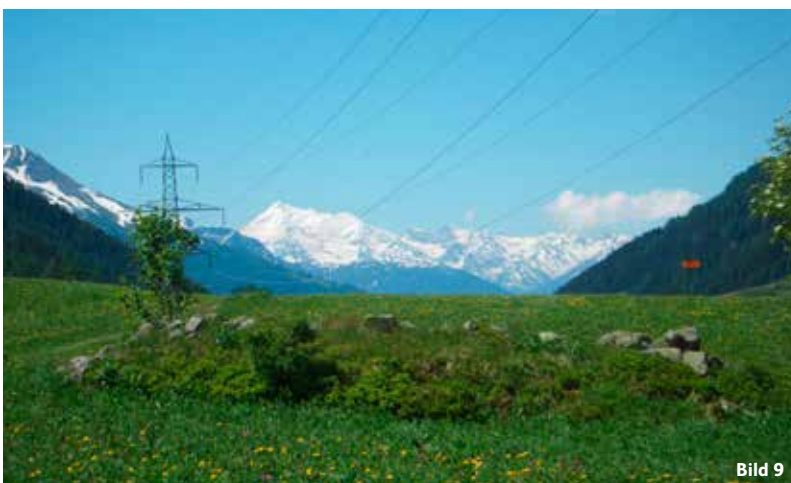


Bild 9

*Gashochdruckleitung unter Wechselfspannungsbeeinflussung.*

mögliche Angriffstiefe kann aber begrenzt werden. Diese Erkenntnisse sind in die technische Regel DVGW GW 28 B1 eingeflossen und werden aktuell auch in die Überarbeitung der Richtlinie C1 übernommen.

### **Kathodischer Schutz**

Die SGK war in den 90er Jahren stark engagiert bei der Vereinheitlichung der Begriffe, Anforderungen und Messmethoden, die in verschiedenen Ländern bis dahin sehr unterschiedlich gehandhabt wurden. Sie war im Rahmen des CEOCOR massgeblich bei der Erarbeitung allgemein anerkannter Leitfäden, die später als Grundlage für die europäischen und internationalen Normen dienten, beteiligt.

Die Erkenntnisse aus der Wechselstromkorrosionsforschung haben auch Konsequenzen auf die Bewertung der Wirksamkeit des KKS (Bild 10) und die optimalen Betriebsbedingungen. Entgegen früheren Erwartungen hat sich gezeigt, dass die Wechselstromkorrosion durch hohe kathodische Schutzströme begünstigt wird, weshalb bei vielen Anlagen die Korrosionsgefährdung durch Anpassen des Schutzes reduziert wurde. Dies führte unweigerlich zu Konflikten mit der Sicherstellung des ausreichenden Schutzniveaus. In der Folge wurden durch die SGK numerische Modelle entwickelt, welche die tatsächlich ablaufenden chemischen, physikalischen und elektrochemischen Effekte sowie deren Wechselwirkung korrekt abbildeten. Deren Auswirkungen auf die Bewertung der Wirksamkeit wurde international diskutiert und publiziert [15]. Dies ermöglichte die Schaffung der Grundlagen für die Bewertung der Wirksamkeit des KKS auch bei kombinierter AC- und DC-Beeinflussung [10]. Diese Konzepte werden bei der verstärkten Nutzung von Gleichstrom Hochspannungsübertragungsleitungen und dem vermehrten



Bild 10

*Überprüfung der Wirksamkeit des KKS an einer Rohrleitung*

Einsatz von Wechselrichtern im Zusammenhang mit alternativen Energien von grosser Bedeutung sein. Diese neusten Ansätze fliesen aktuell in die Überarbeitung der Richtlinie C1 ein.



## Tankanlagen

Die SGK war intensiv an der Ausarbeitung der Europäischen Norm für den KKS von erdverlegten Lagerbehältern aus Stahl [16] beteiligt. Durch diese Erfahrung konnte die Richtlinie C5 im Jahr 2018 neu herausgegeben werden, wobei der Anwendungsbereich auf Behälter für Wasser und Biogas erweitert wurde.

Seit 1983 ist die SGK im Auftrag der CARBURA zuständig für den Korrosionsschutz der Grosstankanlagen mit Pflichtlageranteil (Bild 11). Diese werden periodisch auf die Gefährdung durch Streuströme und galvanische Ströme untersucht. Die möglichen Schutzmassnahmen wie die Bildung von galvanischen Inseln, kathodischer Korrosionsschutz, Einbau von Isolierstücken und Funkenstrecken werden jeweils mit dem Erdungskonzept der Anlage abgestimmt und koordiniert. Dadurch werden auch die Anforderungen an die Personensicherheit und des Explosionsschutzes erfüllt.

## Bahnen und Erdungsanlagen

Es ist charakteristisch für die Tätigkeit der SGK, dass nicht nur die Auswirkungen von elektrischen Beeinflussungen auf Drittstrukturen untersucht werden. Die Unterstützung von Bahnen in Bezug auf den Korrosionsschutz der Bahninfrastruktur und die Minimierung von Beeinflussungen von Drittstrukturen stellen eine wesentliche Tätigkeit dar. Das grundlegende Verständnis der Anforderungen an



*Korrosionsuntersuchungen in einer Tankanlage*

die Rückleitung und die Erdung sowie die Entwicklung und Optimierung von Verfahren zur Bewertung der erwarteten Beeinflussung in der Planungsphase von Bahnanlagen, liefert wichtige Unterstützung. Wie in den Gründungsjahren der SGK vor 100 Jahren, stellen regelmässige Kontrollen von Bahnanlagen noch immer eine wichtige Tätigkeit dar. Selbstverständlich ist die Kontrolle der Überbrückung von Schienenstössen nur noch in wenigen Fällen erforderlich. Stattdessen ist die Kontrolle der Schienenisolation sowie die Funktion der galvanischen Trennungen eine zentrale Aufgabe zur Umsetzung der Vorgaben der Richtlinie C3. Der Erfolg der SGK, gerade auch in internationalen Bahnprojekten, besteht in den entwickelten Mess- und Auswerteverfahren sowie in den hochentwickelten Methoden zur Ortung von Isolationsfehlern.

Diese Kompetenz kommt im Zusammenhang mit den intensiven Investitionen in die vor ca. 100 Jahren erstellte Bahninfrastruktur in der Schweiz, aber auch beim Aufbau des öffentlichen Verkehrs im Ausland, wesentlich zum Tragen und bildet weiterhin ein wichtiges Tätigkeitsgebiet der SGK.

## Wasser und Abwasser

### Wasserrfassung und Verteilung

Mit der vermehrten Verwendung von nichtrostenden Stählen sind in Wasserfassungen, wie zum Beispiel Brunnen (Bild 13), häufig Korrosionsprobleme infolge der Bildung von galvanischen Elementen zwischen Pumpen/Armaturen aus Guss und nichtrostendem Stahl aufgetreten. Als Schutzmassnahmen haben sich hier die Realisierung von galvanischen Trennungen oder die Anwendung eines kathodischen Schutzes bewährt. Die Erfahrung hat leider gezeigt, dass



*Streustrommessungen an der Berninabahn*

die getroffenen Massnahmen infolge von Planungsmängeln und/oder fehlenden Abnahmekontrollen des Öfteren unwirksam bleiben.



Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit bildeten in den letzten Jahren Untersuchungen an erdverlegten Wasserversorgungssystemen und die Erarbeitung von Massnahmen zur Reduktion der Korrosionsschäden im Rohrnetz. Ein grosser Teil dieser Schäden ist auf die Bildung von galvanischen Elementen zwischen den Wasserleitungen und der Bewehrung von Stahlbetonbauten zurückzuführen. Zur Lösung dieser Problematik war es erforderlich, von der Wasserleitung als Erder wegzukommen und die Hausinstallation von den erdverlegten Leitungen abzutrennen, wie dies im SVGW Merkblatt W 1015 [19] auch für bereits bestehende Bauten empfohlen wird. In enger Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Starkstrominspektorat ESTI wurden Lösungen entwickelt, bei denen gleichzeitig die Personensicherheit gewährleistet und der Einsatz von Rohren mit hochwertigen, auch elektrisch isolierenden, Umhüllungen möglich ist. In der Stadt Zürich haben diese Korrosionsschutzmassnahmen zur Reduktion der Korrosionsbelastung des Wasserleitungsnetzes und zu einer Abnahme der Rohrbrüche von über 1000 im Jahr 1985 auf heute noch etwa die Hälfte geführt [17].

Gegen Ende des letzten Jahrhunderts wurden in vielen Trinkwasserreservoirs Degradationen an Zementmörtelauskleidungen in Form von, meist braunen, Flecken und lokalen Aufweichungen beobachtet. Es konnte im Rahmen eines Forschungsvorhabens gezeigt werden, dass diese Effekte auf galvanische Korrosion des Betons zurückzuführen sind [18]. Diese galvanische Korrosion an einem nichtmetallischen anorganischen Werkstoff kann mit denselben Schutzmassnahmen begrenzt werden, wie sie bei metallischen Werkstoffen zum Tragen kommen: Schutzstrom oder galvanische Trennungen.



Bild 13

*Korrosionsuntersuchungen in einem Brunnen*



## Kraftwerksanlagen

Die galvanischen Korrosionsprobleme beschränken sich nicht auf die Wasserversorgung, sondern treten analog auch in Wasserkraftanlagen (Bild 14) auf. Die Problematik der Korrosion an Rohrleitungen (Bild 15) sowie Fragestellungen in Bezug auf die Umhüllungsqualität stellen daher stets wichtige Tätigkeitsgebiete dar.

## Abwasseranlagen

Während der Amtsdauer von Dr. R. Petermann wurden etwa 60 % der schweizerischen Abwasserreinigungsanlagen gebaut. Leider hielt man es damals nicht für notwendig, dafür einen Korrosionsfachmann beizuziehen. Dies führte dazu, dass schon nach relativ kurzen Betriebszeiten massive und teure Schäden auftraten und



*Untersuchung von galvanischer Korrosion an einem Flusskraftwerk*



*Bewertung des Korrosionsschutzes an einer Wasserdruckleitung*

wiederholt die gleichen Fehler begangen wurden. Um diese zu vermeiden, oder zumindest zu verringern, wurde von der SGK die Richtlinie C6 zum Korrosionsschutz in Abwasseranlagen erarbeitet, die 1990 publiziert wurde. Damit die darin vorgeschlagenen Massnahmen in der Praxis auch mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand umgesetzt werden konnten und die notwendige Akzeptanz fanden, war es von entscheidender Bedeutung, dass vom Eidgenössischen Starkstrominspektorat parallel zur Richtlinie C6 die Weisung ARA erarbeitet wurde. Diese behandelt die damit verbundenen elektrotechnischen und personensicherheitsbezogenen Aspekte. Besonders zu erwähnen ist dabei die Möglichkeit, aus korrosionstechnischen Überlegungen isoliert montierte elektrisch betriebene Komponenten über Abgrenzeinheiten anzuspiesen (Bild 16).

Die Richtlinie C6 war mit über 2000 verkauften Exemplaren ein grosser Erfolg. Durch sie konnten bei der Planung, beim Bau und bei der Ausrüstung der Anlagen entscheidende Verbesserungen, nicht zuletzt auch bezüglich Konstruktion und Verarbeitungsqualität von nichtrostenden Stählen und Beschichtungen, erreicht werden. Dies führte zu einem deutlichen Rückgang der Schäden. Wenn heute noch grössere Probleme auftreten, ist dies meist auf das Fehlen anlagespezifischer Korrosionsschutzkonzepte sowie auf die unklare Festlegung der Verantwortlichkeiten und mangelnde Koordination der Arbeiten zurückzuführen. Diesen Punkten wurde bei der letzten Überarbeitung der Richtlinie durch entsprechende Ergänzungen Rechnung getragen. Heute werden praktisch keine neuen Anlagen mehr erstellt, sondern vorwiegend Umbauten oder Erweiterungen realisiert. Da in diesen Fällen die spezifischen Voraussetzungen in jeder Anlage unterschiedlich sind, ist die Erarbeitung anlagespezifischer Lösungen



*Kontrolle des Korrosionsschutzes in einer Kläranlage*

von besonderer Bedeutung. Die Richtlinie vermittelt auch dazu die nötigen Grundlagen, wobei sich aber für die Erstellung eines Gesamtkonzepts der Beizug eines Korrosionsspezialisten empfiehlt. Die für Abwasseranlagen entwickelten Konzepte kommen heute verstärkt auch bei Anergieanlagen zum Einsatz.

## Stahlbeton

In enger Zusammenarbeit mit dem IBWK und dem Kanton Graubünden wurde in den 80er Jahren die Potenzialfeldmessung zur zerstörungsfreien Untersuchung von Stahlbetonkonstruktionen in der Schweiz eingeführt und auf den heutigen Stand der Technik gebracht. Die Potenzialfeldmessung wird heute routinemässig zur Zustandserfassung der Bewehrung von Strassenbrücken eingesetzt (Bild 17). Im selben Zeitraum wurde auch die Anwendung des KKS für die Instandsetzung der Fahrbahnplatte des San Bernardino Tunnels untersucht. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse bilden die Basis für die Richtlinie C7 für Projektierung, Ausführung und Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes von Stahlbetonbauwerken. Der KKS von Stahlbetonstrukturen gewinnt heute schnell an Bedeutung. Dies führt nicht nur zu einer steigenden Anzahl an Projekten der SGK, sondern auch zu wichtigen normativen Entwicklungen. Dr. M. Brem war an der Überarbeitung der SN EN ISO 12696 [19] beteiligt und aktuell laufen bei der SGK verschiedene Untersuchungen, um die Beurteilung der Schutzwirkung des Verfahrens messtechnisch zu verbessern und die Umsetzung in der Anwendung zu vereinfachen.

Nebst diesen mittlerweile etablierten Verfahren zur Zustandserfassung und Instandsetzung liefert das Monitoring auf zahl-



*Zustandserfassung an einer Stahlbetonbrücke*



reichen Strukturen durch kontinuierliche Erfassung der Daten wichtige Erkenntnisse für die Bewertung der Wirksamkeit von Schutzmassnahmen. Dank der international anerkannten Kompetenz von Dr. M. Brem wurden Projekte in Südafrika, Frankreich und Italien durchgeführt.

## Anker und Spannkabel

In den 80er und 90er Jahren wurde der Korrosionsschutz von Boden- und Felsankern durch die Massnahmen zur Trennung der Anker von der Bewehrung von Betonstrukturen und die Verwendung von Kunststoffhüllrohren entscheidend verbessert (Bild 18). Beim Bau des Bahnhofs Stadelhofen wurde aber festgestellt, dass der Korrosionsschutz infolge unsorgfältiger Verlegung anfänglich nicht den Erwartungen entsprach. Die SGK entwickelte daraufhin Messmethoden und Kriterien zur Überprüfung der Einbauqualität die allgemein anerkannt wurden und in den heutigen Normen und Richtlinien vorgeschrieben sind [20]. Der Korrosionsschutz von aus wirtschaftlichen Gründen immer häufiger eingesetzten Mikropfählen war Gegenstand von Labor- und Feldversuchen. Dabei wurde in den letzten Jahren neben der Langzeitüberwachung von bestehenden Bauwerken auch der Einsatz von nichtrostenden Stählen als alternativer Werkstoff eingeführt.

In streustrombelasteten Gebieten werden Spannkabel von der Bewehrung der Bauwerke, insbesondere Brücken, isoliert. Während des Baus entstehen aber immer wieder ungewollte Kontakte mit der Bewehrung. Zur Ortung solcher Kontaktstellen hat die SGK in den letzten Jahren Methoden entwickelt, die sich in der Praxis sehr gut bewährt haben.



Bild 18

*Korrosionsuntersuchung an den Anker einer Pfahlwand*

## Andere Infrastruktur und Industrieanlagen

### Tunnels

Die SGK führte verschiedene Untersuchungen in Bahn- und Strassentunnels durch. Im Furka-Basistunnel wurden an den Schienen bereits nach 5 Betriebsjahren starke Querschnittsverluste festgestellt. Als Gründe dafür wurden Wassereintritte und damit verbundene hohe relative Luftfeuchtigkeit, das Vorhandensein einer Gleichstromstreckensicherung und ein unerwartet starker Chlорideintrag eruiert. Dies führte zur Erkenntnis, dass in Bahntunnels mit Autotransport durch das Abtauen von streusalzhaltigem Schnee eine stark erhöhte Korrosionsbelastung vorhanden ist, dem durch geeignete Werkstoffwahl und konstruktive Anpassungen Rechnung getragen werden muss.

In Strassentunnels wurden schwerpunktmässig Korrosionserscheinungen an den Abhängungen von Zwischendecken, Hydrantenleitungen und Einbauten im Fahrbahnraum behandelt (Bild 19). Die immer noch oft eingesetzten «Standardqualitäten» aus nichtrostendem Stahl sind dort in den meisten Fällen nicht oder nur bedingt beständig. Für sicherheitsrelevante Bauteile ist deshalb der Einsatz von höherlegierten nichtrostenden Stählen oder Alternativwerkstoffen erforderlich. Diesem Umstand ist in der SIA 179 [21] Rechnung getragen. Aufgrund der Bewertung der Erfahrungen in Schweizer



Bild 19

*Korrosionsuntersuchung an der Zwischendecke eines Strassentunnels*

Strassentunneln wurde in einem Forschungsvorhaben des ASTRA durch die SGK eine risikobasierte Wahl der Komponenten vorgeschlagen.



Einen anderen Problempunkt stellen oft die Löschwassersysteme, insbesondere die Hydrantenleitungen und deren Zuleitungen dar. Hier sind diverse, insbesondere durch den Kontakt mit der Tunnelbewehrung und Erdungsanlagen verursachte Korrosionsschäden aufgetreten, die im Ernstfall zu einer Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit der Anlagen hätte führen können.

### **Werkstoffe**

Die 2004 aufgebauten Laboreinrichtungen haben es erlaubt, vermehrt auch Werkstofffragen zu bearbeiten. Es wurden verschiedene Entwicklungs- und Forschungsprojekte zur Optimierung von Buntmetalllegierungen, Vergleichsuntersuchungen im Rahmen von Zulassungen alternativer Werkstoffe für Trinkwasserleitungen mit Pressfittingverbindungen sowie bezüglich der Einsatzmöglichkeiten verschiedener nichtrostender Stähle als Bewehrungsstähle bearbeitet. Weiter wurde von der SGK in umfangreichen Laboruntersuchungen die Korrosionsprüfung für nachträglich installierte Bewehrungsstähle entwickelt [6]. Dieses Verfahren wurde in international gültige Regelwerke überführt.

Für die Werkstoffprüfung und die Qualitätskontrolle wurde von der SGK mit dem ec-pen ein im 2001 mit dem Technologiepreis der Schweiz ausgezeichnetes Hilfsmittel entwickelt, das die rasche und unkomplizierte Durchführung von elektrochemischen Prüfungen an beliebigen Praxisbauteilen und vor Ort ermöglicht [22]. Der ec-pen wurde von der SGK in den letzten Jahren mit grossem Erfolg für die Qualitätsprüfung bei Schweisskonstruktionen und Sonderanfertigungen aus nichtrostendem Stahl eingesetzt. Ein grosser Vorteil besteht darin, dass diese Prüfung eine direkte Aussage über die Korrosionsbeständigkeit von fertigen Bauteilen und Installationen ermöglicht. Es hat sich gezeigt, dass diese häufig durch herstellungsbedingte Oberflächen- und Gefügeveränderungen sowie infolge ungenügender Nachbehandlung stark beeinträchtigt war. Mit dem ec-pen können auch die Wirksamkeit von Nachbehandlungsmassnahmen wie Beizen oder Elektropolieren und Optimierungen bei den Schweissverfahren objektiv beurteilt werden.

### **Beschichtungen**

Die SGK verfügt über zwei als Beschichtungsinspektoren ausgebildete und zertifizierte Mitarbeiter

Ihre Tätigkeit umfasst vor allem die Zustandsbeurteilung von beschichteten Stahlbauten, die Ausarbeitung von Empfehlungen für die Instandsetzungsmassnahmen und die Durchführung von Qualitätssicherungsmassnahmen am Objekt. Im Auftrag des SVGW führt sie zudem Fremdüberwachungen für Gussrohre mit PUR-Innenbeschichtungen durch. Im Weiteren besteht eine enge Zusammenarbeit mit der SBB für Fragen des Korrosionsschutzes.

# Ausblick



Es ist die Aufgabe der SGK stets auf dem neuesten Stand des Wissens und der Technik zu sein, um ihren Mitgliedern und Kunden weiterhin eine optimale Beratung bieten zu können. Forschungsarbeiten zur Entwicklung von Grundlagen und Messmethoden wird deshalb auch in Zukunft eine hohe Priorität zugemessen, um den Herausforderungen der Energiewende, des Ausbaus des öffentlichen Verkehrs und der nachhaltigen Nutzung von Ressourcen gerecht zu werden. Die Vermeidung von Aussenkorrosion ist nicht nur für die Funktionssicherheit von Rohrleitungen und Behältern von flüssigkeitsgefährdenden Substanzen und damit für den Umweltschutz relevant. Vielmehr sichert ein wirksamer Korrosionsschutz auch den Werterhalt und trägt damit wesentlich zur Nachhaltigkeit der Infrastruktur bei. Dies ist einerseits aus ökonomischen Gründen von Bedeutung. Der Einsatz von effizienten Instandsetzungsverfahren ist aber auch in Bezug auf die schonende Nutzung von Ressourcen relevant.

# Literaturverzeichnis

1. G. d. S.E.V., «Die Korrosion durch Erdströme elektrischer Bahnen», Bulletin des SEV 7 und 9 (1918).
2. H. Zangger, «Die Methoden zur Untersuchung der Korrosionsverhältnisse bei elektrischen Bahnen, allgemeine Ergebnisse solcher bei schweizerischen Strassenbahnen und die Mittel zur Verbesserung», Bulletin des SEV 10 und 11 (1918).
3. G. d. S.E.V., «Leitsätze betreffend Schutzmassnahmen zur Verminderung der Korrosion an Rohren und Kabeln durch Erdströme elektrischer Bahnen». (Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei AG, Zürich, 1928).
4. H. Zangger, «Die Organisation der Arbeiten der Schweizerischen Korrosionskommission und ihrer Kontrollstelle und einige der bisher erzielten Ergebnisse», Bulletin des SEV 13 (1929).
5. Bourquin, «Versuche über die elektrolytische Korrosion von in Erde verlegten, metallenen Objekten unter konstanter Gleichspannung in Zürich und Neuhausen», Bulletin des SEV 25 (1939).
6. TR 023, «Assessment of post-installed rebar connections» (2006)
7. SR 746.12, «Verordnung über Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen (Rohrleitungssicherheitsverordnung, RLSV)» (2021)
8. SN EN ISO 15257, «Kathodischer Korrosionsschutz - Qualifikationsgrade von mit kathodischem Korrosionsschutz befassten Personen - Grundlage für ein Zertifizierungsverfahren (ISO 15257:2017)» (2017)
9. M. Brem, J. Lohner, M. Büchler, «A longterm study on the effect of a hydrophobic treatment on the moisture balance and durability of a reinforced concrete structure in a road tunnel», MATEC Web Conf. 364, 04005 (2022).
10. M. Büchler, «On the mechanism of cathodic protection and its implications on criteria including AC and DC interference conditions», Corrosion 76, 451 (2020).

11. SN EN ISO 21857, «Vermeidung von durch Streuströme beeinflusster Korrosion an Rohrleitungssystemen» (2021)
12. D. Bindschedler, F. Stalder, «Wechselstrominduzierte Korrosionsangriffe auf eine Erdgasleitung», GWA 71, 307 (1991).
13. M. Büchler, «Alternating current corrosion of cathodically protected pipelines: Discussion of the involved processes and their consequences on the critical interference values», Materials and Corrosion 63, 1181 (2012).
14. SN EN ISO 18086, «Determination of AC corrosion – Protection criteria» (2021)
15. U. Angst et al., «Cathodic protection of soil buried steel pipelines – a critical discussion of protection criteria and threshold values», Materials and Corrosion 11, 9 (2016).
16. SN EN 13636, «Kathodischer Korrosionsschutz von unterirdischen metallenen Tankanlagen und zugehörigen Rohrleitungen» (2004)
17. A. Rieder, «Substanzerhaltung als Daueraufgabe», GWA 08/07, 615 (2007).
18. C.-H. Voûte, M. Büchler, F. Wenk, A. Rieder, «Fleckenbildung in Trinkwasserreservoirs», Aqua & Gas 6/2015, 32 (2015).
19. EN ISO 12696, «Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton (ISO 12696:2022)» (2022)
20. SIA 267, «Geotechnik» (2013)
21. SIA 179, «Befestigungen in Beton und Mauerwerk» (2019)
22. M. Büchler, C.-H. Voûte, D. Bindschedler, F. Stalder, «The ec-pen in quality control: Determining the corrosion resistance of stainless steel on-site», NDTCE (2003).

