

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101 (1983)
Heft: 37

Artikel: Qualitätssicherung für dauerhafte Bauwerke: Prüfung der Baumaterialien bei Neubau und Sanierung
Autor: Romer, Bert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75192>

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: 08.02.2026

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

Qualitätssicherung für dauerhafte Bauwerke

Prüfung der Baumaterialien bei Neubau und Sanierung

Von Bert Romer, Beinwil am See

Die Baustoffprüfung ist ein Mittel zur Qualitätssicherung und zum Nachweis der Gebrauchsfähigkeit von Bauwerken. Erläutert werden die verschiedenen Arten mit speziellem Hinweis auf die petrographisch-morphologische Untersuchungstechnik. Massgebend ist auch, ob die Prüfung vor, während oder nach der Bauausführung vorgesehen ist.

Baustoffprüfung und Dauerhaftigkeit der Bauwerke

Gebrauchsfähigkeit und Gebrauchszustand

Bei allen Bauobjekten sind deren Baustoffe in Abhängigkeit der Konstruktion den Belastungen durch Nutzung und den Umwelteinflüssen ausgesetzt. Dadurch *altern* die Baustoffe mehr oder weniger schnell. Eine stark beschleunigte Alterung tritt dann ein, wenn die Summe der äusseren und inneren Belastungen grösser ist als die Belastbarkeit der Baustoffe (Bild 1).

Unter solch ungünstigen Voraussetzungen entsteht durch die beschleunigte Alterung ein bestimmtes Fehlverhalten, ein *Bauschaden*, und im ungünstigsten Falle ein Frühzeitversagen schon in den ersten Jahren der Nutzung. Zeigt ein Bauwerk ein fehlerhaftes Verhalten mit frühzeitiger Alterung der Baustoffe, erkennbar an äusseren Schäden, Rissen, Abplatzungen und Korrosionser-

scheinungen, so haben Einflüsse aus der Baugründung, der Konstruktion, der Nutzungs- und Umweltbelastung den Baustoff überfordert – oder die Qualität und Beständigkeit war ungenügend. Bei Katastrophen- und Brandschäden ist die Art der Überbelastung eindeutig [11, 12].

Für die *Gebrauchsfähigkeit* der Bauwerke, also für deren Dauerhaftigkeit und Standsicherheit, wird aus verständlichen Gründen ein ausgeglichenes Verhalten zwischen der Summe der Belastungen einerseits und der Belastbarkeit der Baustoffe andererseits angestrebt. Die natürliche und möglichst langsame Alterung der Baustoffe im Rahmen wirtschaftlicher Erwartungen wird deshalb angestrebt, wofür sich drei grundsätzliche Möglichkeiten anbieten:

1. Bauwerke sind in geeigneter *Konstruktion* und mit beständigen und möglichst alterungsresistenten *Baustoffen* herzustellen.
2. Die Baustoffe werden *mit zusätzli-*

chen Bautenschutzmassnahmen (Vergütung, Versiegelungen, Schutzanstriche usw.) gegen eine fehlerhafte Alterung präventiv geschützt.

3. Bei bereits eingetretener, frühzeitiger Alterung mit sichtbaren Mängeln und Schäden am Bauwerk wird mit objektspezifisch richtigen *Sanierungsmassnahmen* das Fehlverhalten korrigiert, die fehlerhafte Alterung und der weitere Substanzverlust unterbunden und eine Eskalation des Bauschadens verhindert.

Für eine dauerhafte Gebrauchsfähigkeit eines Bauteils oder Bauwerkes muss die Konstruktion sowohl die Verformung als auch den Schutz vor Witterung und Schadstoffen optimal berücksichtigen, und es sind Baustoffe dicht und rissfrei sowie mit genügender Qualität und Beständigkeit zu verwenden. Entsprechende Soll-Werte werden für Korrosionsschutz, Beständigkeit und Qualität nebst Festigkeit u.a.m. durch Richtlinien, Normen und Sonderregelungen gefordert [1, 4]. Für *zusammengesetzte und gemischte Baustoffe*, wie Beton, Mörtel, Putze, müssen bestimmte Qualität und Regelmässigkeit der Zuschlagstoffe, die Dosierung und Vermischung von Zement und Wasser, die gezielte Wirkung von Zusatzstoffen und Zusatzmitteln, Transporteinflüsse, die Verarbeitung, Schalungseinflüsse und die Nachbehandlungseinflüsse im Bauteil kontrolliert und bekannt sein, was nur durch intensive Vorprüfungen, Eignungsnachweis der Reproduzierbarkeit am Bau und vor allem durch eine kontinuierliche Bauüberwachung gesichert ist [1, 2, 4]. Diese Massnahmen, bezogen auf die vorerwähnten Grundsätze 1. und 2., zusammen mit den Anforderun-

Bild 1. Belastungseinflüsse – Alterung. Verschiedene und gleichartige Baustoffe sind von Objekt zu Objekt grundverschiedenen Belastungen durch Konstruktion, durch Nutzung und Umwelt ausgesetzt. Entsprechend unterschiedlich ist das Altern der Baustoffe und die Gebrauchsfähigkeit der Bauwerke

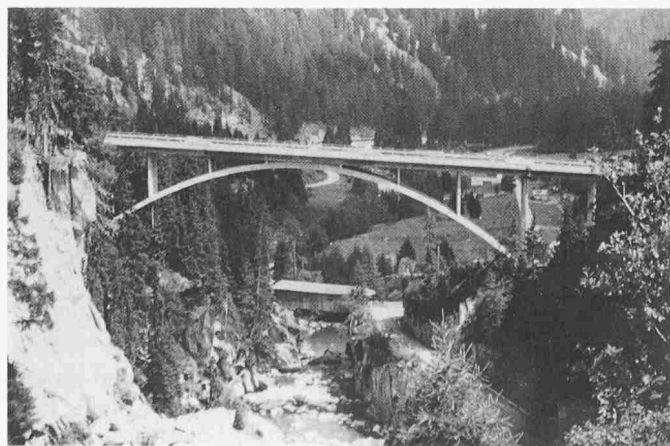
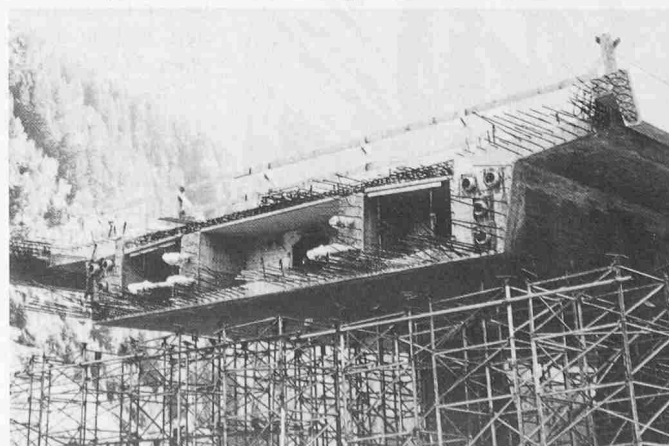


Bild 2. Qualitätssicherung-Bauüberwachung. Qualitätssicherung für dauerhafte Gebrauchsfähigkeit mit geringer Alterung setzt voraus, dass entsprechende Baustoffbeständigkeit, Baustoffqualität und Korrosionsbeständigkeit bei den gegebenen konstruktiven und baulichen Randbedingungen gewährleistet werden können. Frühzeitiger Eignungsnachweis, die Reproduzierbarkeit am Bau und vor allem eine kontinuierliche Bauüberwachung während der Bauerstellung bieten Gewähr für Soll-Werte und Normkonformität



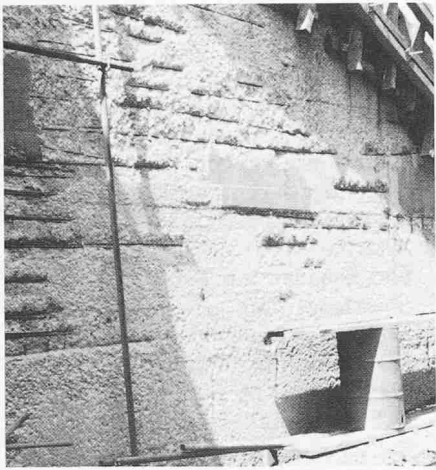


Bild 3. Bautenschutz und Bausanierung. Bautenschutz hilft der Instandhaltung von Bauten und der Verhinderung von Bauschäden. Eingetretene Bauschäden erfordern Sanierungsmassnahmen für die Weiterverwendbarkeit und Standsicherheit

gen für die notwendigen Voruntersuchungen, den Kontrollen der frischen Mischungen, der Bauüberwachung während der Erstellung und schliesslich den Nachkontrollen, bringen einen *Mehraufwand* mit sich. Durch die angestrebte Dauerhaftigkeit und wirtschaftliche Gebrauchsfähigkeit der Bauwerke wird der Aufwand jedoch mehr als kompensiert.

Anmerkungen zu den Baustoffprüfungen

Die *Nachkontrollen* der Baustoffeigenschaften mit mechanischen, physikalischen und chemischen Prüfungen müssen das Erreichte, die Normkonformität, bestätigen können. *Vorprüfungen* und Eignungsnachweise im voraus bie-

Bild 4. Restaurierung und Renovation. Natursteinbauten, Denkmäler und Monumente sind mittels substanzerhaltender Restaurierung oder durch Renovation zu erhalten



ten eine gewisse Gewähr dafür, dass die erforderlichen Soll-Werte erreicht werden. Bei gemischten Baustoffen sind zusätzlich Qualitätseinflüsse durch Mischung, Verarbeitung und Nachbehandlung zu kontrollieren und gegebenenfalls zu korrigieren. Diese Voruntersuchungen und *Produktionskontrollen* geben vermehrte Sicherheit, dass nachfolgende Abnahmeprüfungen am fertigen Bauwerk die erforderlichen Soll-Werte und die Normkonformität in der Nachprüfung mit grösstmöglicher Gewähr bestätigen können.

Im Rahmen einer *umfassenden Qualitätssicherung* für Eignungsnachweise, für Korrekturmassnahmen zur Optimierung und vor allem für die kontinuierliche Bauüberwachung der Baustoffqualität und Beständigkeit während dem Bau und der Produktion sind *petrographisch morphologische Baustoffuntersuchungen* geeignet und effizient. Diese Untersuchungen und Analysen der Baustoffgefüge werden unmittelbar nach Erhärtungsbeginn sowie auch in jedem anderen Baustoffalter durchgeführt. Eine aus dieser besonderen Art «Baustoffprüfung» ausgewertete diagnostische Baustoffbeurteilung bringt die erforderlichen zeitlichen Vorteile sowie die ursachenbegründenden Informationen für Verbesserung und Korrekturen und bezieht sich, wenn immer möglich, durch die Bohrkernproben direkt auf das Bauwerk. Zur Gewährleistung der Soll-Werte und Normkonformität wird die diagnostische Baustoffbeurteilung für die Voruntersuchungen und für die Bauüberwachung möglichst unmittelbar nach Verarbeitungsetappen durchgeführt. So dient eine umfassende Qualitätssicherung, durch Kontrolle der frischen Mischungen, durch Überprüfung von Mischung und Transport, Verarbeitung und Nachbehandlung sowie die nachfolgend bestätigende Abnahmeprüfung, letztlich der Gebrauchsfähigkeit und Dauerhaftigkeit gemäss Grundsatz 1, Bild 2.

Im Zusammenhang mit *Bautenschutz*, also für *Sanierungsvorhaben* bei fehlerhaften Baustoffen oder gar bei Bauschäden, weisen die sichtbaren *oberflächlichen Mängel* auf den inneren Zerfall, auf die tiefreichende Alterung und Verwitterung hin. Für die Diagnose des Gebrauchszustandes und zur Abklärung der Schadenursachen und der Sanierfähigkeit sind Kenntnisse des Ist-Zustandes erforderlich, als Grundlage für das Sanierungskonzept, also für die Restaurierung und Renovation, entscheidend (Bild 3, 4). Besteht die Absicht, eine Sanierung ingenieurmässig und im Sinne der vorerwähnten Grundsätze 2. und 3. durchzuführen, so sind entsprechende Voruntersuchun-

gen an Bohrkernproben aus dem Bauwerk erforderlich. Ergänzend zu mechanischen, physikalischen und chemischen Prüfungen wird mit Vorteil auch die petrographisch morphologische Untersuchungstechnik beigezogen.

Die nachstehenden Kapitel fassen das Wesentliche dieser *modernen Untersuchungstechnologie* zusammen, als Ergänzung oder in der Gegenüberstellung zu anderen Baustoffprüfungen. Bedeutende Anstösse für die Mikroskopie und deren gefügeanalytische Anwendung in der Baustoffprüfung kommen aus der Petrographie und Metallurgie, im angewandten Sinne für die Bilddatenanalysen vor allem aus der Medizin. Die vor mehr als 30 Jahren in den ASTM-Normen USA beschriebene mikroskopische Linearanalyse der Luftporen im harten Beton findet man heute wieder als integrierten Bestandteil innerhalb der gefügeanalytischen Baustoffuntersuchung beziehungsweise in den diagnostischen Aussagen der petrographisch morphologischen Baustoffprüfung.

Baustoffprüfung für die Qualitätssicherung

Prüfungen mit petrographisch-morphologischen Untersuchungen

Die Qualitätssicherung hat zur Aufgabe, dass vorgesehene Baustoffe nach deren Verarbeitung am Bau die geforderten Leistungen für die Gebrauchsfähigkeit des Baues erbringen können. Eine Qualitätssicherung erfordert deshalb *verschiedene Stufen* von «Vorprüfungen» und «Nachprüfungen».

Bei Beton, Dachziegel, Bodenstabilisierung, Mörtel und Putzen und auch bei Naturstein ist für eine dauerhafte Gebrauchsfähigkeit der Bauwerke mitunter eine *genügende Frost- oder Frosttausalzbeständigkeit* erforderlich. Diese Baustoffeigenschaft wird, wie übrigens auch bestimmte Festigkeit, besondere Dichtigkeit, genügende Korrosionsresistenz u.a.m., durch entsprechende Soll-Werte gefordert, mit der Absicht, am erstellten Bauwerk und spätestens mit der Abnahmeprüfung die Konformität durch Nachkontrollen bestätigt zu haben.

Bei *Naturstein* und vorgefertigten Baustoffen kann ein Eignungsnachweis ausreichende Gewissheit für die Qualitätssicherung geben, allenfalls nachkontrollierbar mit einer Abnahmeprüfung.

Bei *gemischten Baustoffen* und an Ort hergestelltem Beton, Mörtel, Putz u.a.m. wird eine Abnahmeprüfung le-

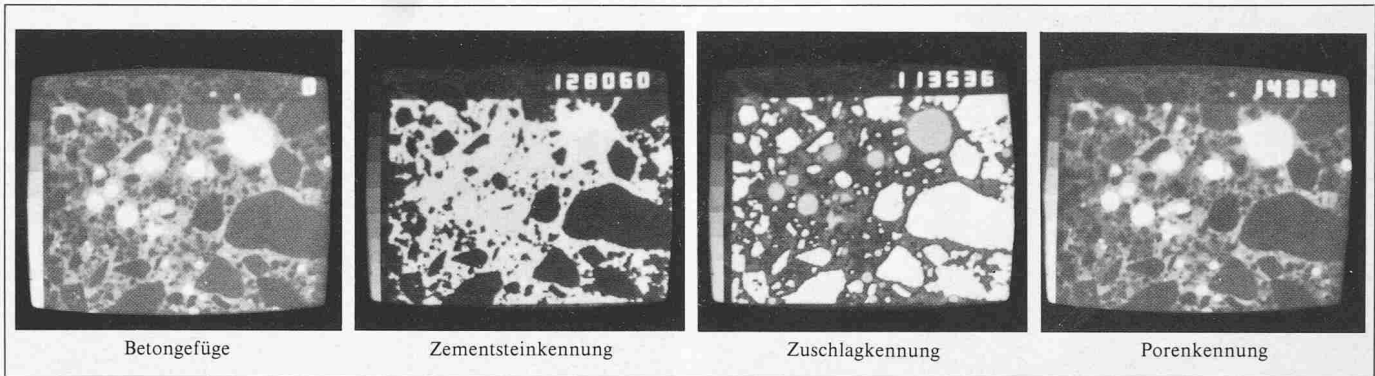


Bild 5. Monitormessbild bei Gefügeanalyse von erhärtetem, 1-3 Tage altem Beton

diglich durch Nachkontrollen am fertigen Objekt, und dies erst Wochen nach der Erstellung, immer eine Ungewissheit und ein Risiko darstellen. Die Einflüsse auf die Baustoffqualität und Beständigkeit durch die variablen Mischkonzepte, die baulichen Einflüsse durch Mischen, Transport, Verarbeitung und Nachbehandlung, durch Applikation und Arbeitstakt, durch Konstruktion, Schalung und Anschlüsse u.a.m., sind variabel und teils extrem [2]. Für die Qualitätssicherung wird deshalb vor den Nachkontrollen und Abnahmeprüfungen eine *gründliche Voruntersuchung und kontinuierliche Bauüberwachung* erforderlich. Für die Voruntersuchungen und für die Bauüberwachung sind petrographisch morphologische Baustoffuntersuchungen erforderlich, die unabhängig von Probenform und Probenalter diese Aufgabe übernehmen können. Die *nachstehende Auflistung* zeigt, dass die diagnostische Bestimmung der Baustoffqualität und Beständigkeit, resultierend aus petrographischen und morphologischen Untersuchungen, auch durch deren Informationsgehalt für die Qualitätssicherung geeignet ist:

1. Die *Gefügeuntersuchung* misst analytisch die Materialeigenschaften, verantwortlich für Festigkeit, Dichtigkeit, Beständigkeit und Korrosion, beurteilt aber zusätzlich auch die übrige Gefügequalität und stellt allfällige negative Einflüsse, bedingt durch Misch-Verarbeitungs- und Nachbehandlungsfehler fest. Die Ergebnisse diagnostischer Baustoffuntersuchungen sind deshalb immer ursachenbegründend, mit entsprechenden Hinweisen für die Konzept-Optimierung oder mit Verbesserungsvorschlägen bezüglich Mischung, Verarbeitung und Nachbehandlung verbunden.
2. Die Vorzüge der diagnostischen Baustoffuntersuchung gemäss Punkt 2.1 können auf *dünne Baustoffschichten* angewandt werden. Die Oberflächenschichten zwischen Schalung und Armierung weichen in ihrer Qualität und Beständigkeit oft in krasser Weise vom tiefer liegenden Kernbeton ab. Gerade die Qualitätssicherung dieser Schichten ist für die Gebrauchsfähigkeit der Objekte oft von ausschlaggebender Bedeutung, zum Beispiel

bei Betonstrassen, Brücken, Pisten, Abwasseranlagen, Bodenbelägen. Auch bei Putzen und Naturstein konzentriert sich die Qualitätssicherung oft stark auf die obersten cm.

3. *Veränderungen* in der Baustoffmischung, Verarbeitungs- und Nachbehandlungseinflüsse während der Bauerstellung werden mit der diagnostischen Baustoffuntersuchung sofort festgestellt und gegebenenfalls korrigiert. Dies kann sich gemäss Punkt 2.1 auf den Gesamtbauteil beziehen oder auch nur auf Schichten, auf Oberflächenpartien gemäss Punkt 2.2.
4. Die diagnostische Baustoffuntersuchung ermöglicht aus zeitlichen Gründen und durch die in den vorangehenden drei Absätzen erwähnten Vorzüge eine erforderliche *Optimierung der Baustoffqualität und Beständigkeit* bereits bei der Vorprüfung, beim Eignungsnachweis und dann auch beim Identitätsnachweis unter baulichen Bedingungen, also für die Reproduzierbarkeit beim Baubeginn. Die so in der *Vorphase* eingespielte Güte, Qualität und Beständigkeit wird durch eine kontinuierliche Bauüberwachung, ebenfalls mit der diagnostischen Baustoffuntersuchung, während der Bauerstellung begleitet. So ist Gewähr gegeben, dass die Qualitätssicherung letztlich durch positiv bestätigende Abnahmeprüfungen und Nachkontrollen der *Soll-Werte* und Normkonformität, auch für gemischte und an Ort hergestellte Baustoffe, umfassend erfolgt.
5. Diagnostische Baustoffuntersuchungen können an *Hand- oder Bruchstücken*, in geeigneter Weise an drei Bohrkernproben \varnothing 5 cm, durchgeführt werden. Bei Mörtel und bei Massebeton mit Zuschlag bis 200 mm \varnothing genügen drei Bohrkernproben \varnothing 7-10 cm.
Mindestalter bei hydraulisch gebundenen Baustoffen 1-3 Tage, bei kalkgebundenen Baustoffen 7-10 Tage.

Die mittels petrographisch morphologischen Untersuchungen begleitete Qualitätssicherung ist für die *diagnostische Bestimmung der Frosttausalzbeständigkeit von Betonbauten* in der Schweizer Norm SN 640 461 umfassend beschrieben [3]. In der erwähnten Norm und im separat dazugehörigen Anhang der Richtlinien wird das qualitätssichernde Vorgehen mit Eignungsnachweis, Reproduzierbarkeit beim Testlauf, Frischbetonkontrolle, Bauüberwachung bis

hin zur Nachkontrolle und Abnahmeprüfung beschrieben. Im Zusammenhang mit der Qualitätssicherung an durchzuführenden Bauarbeiten können die meisten mechanischen und physikalischen Abnahme- und Nachkontrollprüfungen, also Frosttausalzprüfungen oder Frostprüfungen wie auch Festigkeitsprüfungen und Prüfungen der Dichtigkeit und der Korrosionsresistenz, mit den diagnostischen «Vorprüfungen» (petrographisch morphologische Untersuchungen) korreliert werden. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen direkt korrelierbaren und indirekt korrelierbaren Nachprüfungen. Bei *Schichtproblemen in Oberflächenpartien und Grenzflächen* können mechanische und physikalische Nachprüfungsverfahren vielfach keine Aussage geben, weshalb bei solchen Problemen die Aufgabe der Qualitätssicherung allein den petrographisch-morphologischen Untersuchungen zufällt.

Anmerkung zu den diagnostischen «Voruntersuchungen»

«Voruntersuchungen» sind schnelle, petrographisch-morphologische Untersuchungen für die Produktionskontrolle oder Bauüberwachung und leiten eine Qualitätssicherung ein. Petrographisch-morphologische Baustoffuntersuchungen werden unmittelbar nach dem Erhärten der Baustoffe durchgeführt und erfolgen deshalb mikroskopisch und mittels Gefügeanalysen. Für die mikroskopischen Untersuchungen der Gefügeeigenschaften müssen zwei Voraussetzungen erfüllt werden:

- Die einzelnen Komponenten eines Baustoffes müssen im Mikroskop erkennbar und unterscheidbar sein (Gefügeanalyse).
- Die Morphologie der Baustoffe, also Gefügebau und Gefügeeigenschaften, muss interpretiert und auch quantifiziert werden können (Gefügequalität).

Mittels *Färbungen* einerseits und durch Einsatz lichtoptischer Untersuchungsmöglichkeiten der *Polarisations- und Fluoreszenzmikroskopie* andererseits

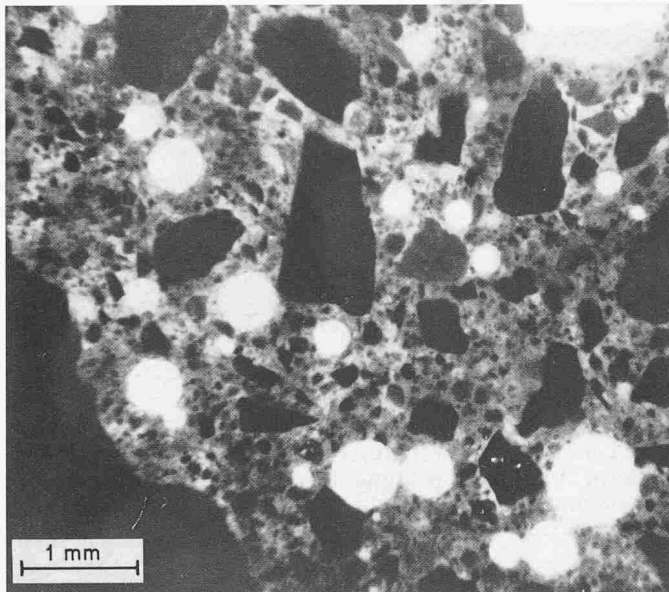


Bild 6. Betongefüge im Mikroskop. Gefügestand bei frostbeständigem Beton. Kapillarporosität und Makroporen sind markiert

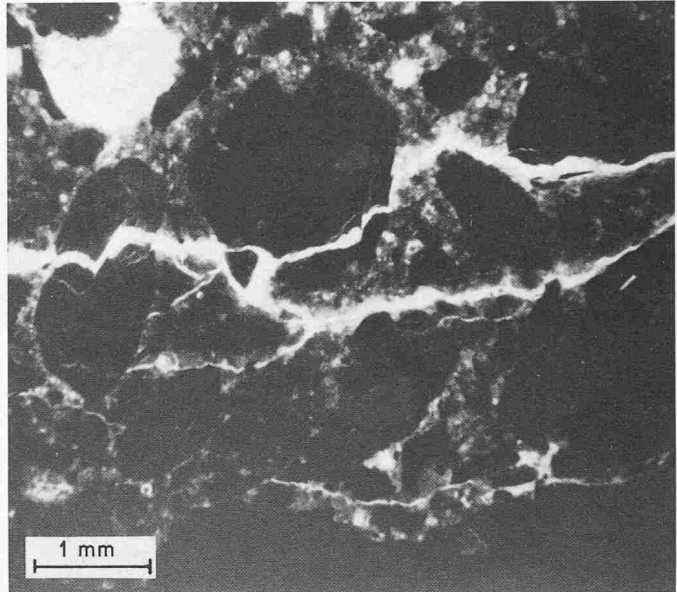


Bild 7. Betongefüge im Mikroskop. Gefügestand bei nichtbeständigem Beton mit Rissen. Kapillarität und Risse sind markiert

werden die Baustoffkomponenten – Luft-Zuschlag-Bindemittel – mikroskopisch sichtbar und analysierbar gemacht. Die *rein visuelle* Beurteilung der Bruchfläche von Beton, Mörtel, Grobkeramik, Naturstein usw. zeigt andeutungsweise Aufbau und Verteilung der Hohlräume, Zuschlagstoffe, Füllstoffe und auch die Anwesenheit eines Bindemittels. Eine petrographisch-morphologische Baustoffuntersuchung ergibt indessen *exaktere Informationen*, d.h. detaillierte Angaben über die volumetrischen Anteile, über Grösse und Verteilung der einzelnen Arten und Abarten von Hohlräumen, Füllstoffen und vom Bindemittel. Die dabei durchgeführte gefügeanalytische Bestimmung der Stoffraumanteile fasst die Erfordernisse der mikroskopischen Sichtbarmachung und der bildoptischen Darstellung zusammen und zeigt in Bild 5 am Beispiel Beton das Messbild für einen einzelnen Gefügeausschnitt bei der Analyse des Zementsteins, des Zuschlages und der Luftporen.

Die petrographisch-morphologische Baustoffuntersuchung ist durch die Auswahl von min. 3 Probekörpern, meist Bohrkernproben aus dem Bauwerk, und durch die Anzahl von 200 einzelnen Messbildern gemäss Bild 5 statistisch gesichert [5].

Der Zeitaufwand für eine diagnostisch bestimmte Güte, Qualität oder Beständigkeit aus petrographisch-morphologischen Baustoffuntersuchungen beträgt etwa 3–4 Tage.

Nachstehende Baustoffeigenschaften werden durch Voruntersuchungen und durch Bauüberwachung während der Bauerstellung zur Sicherung der Qualität und Gebrauchsfähigkeit der Bauwerke diagnostisch bestimmt:

Frosttausalzbeständigkeit nach SN 640 461 [1, 3]
Frostbeständigkeit [1, 4]
Qualität: Mischung, Verarbeitung, Nachbehandlung – Güte und Festigkeit [2, 4]
Zuschlageignung [2]
Dichtigkeit
Korrosionsbeständigkeit [2, 4]
Abriebsicherheit [2]
Zementgehaltkontrolle [4]
W/Z-Kontrolle [4]

Zur Dokumentation zeigen Bild 6 und 7 auf einfache Weise, wie *schlechte* und *gute* Betonbeständigkeit im Betongefüge deutlich zu erkennen ist. Mit Bezug auf die physikalischen Betonprüfungen im anschliessenden Kapitel zeigt das Gefüge eines Betons ursachenbegründend, weshalb bei der Nachkontrolle ein Beton in der Laborprüfung schlechte oder gute Ergebnisse erzielen kann.

Anmerkung zu mechanisch-physikalischen «Nachprüfungen»

«Nachprüfungen» sind *mechanische* und *physikalische Laborprüfungen* für Nachkontrollen, Abnahmen fertiger Bauetappen, Bestätigung von Vorprüfprogrammen. Für all die verschiedenen Baustoffe gibt es eine Vielzahl mechanischer und physikalischer sowie *auch chemischer* Nachprüfungen. Diese sind zudem je nach Land und Norm wieder stark unterschiedlich. Nachkontrollen und Abnahmeprüfungen am fertigen Bauteil oder Objekt bestätigen zumeist erst einige Wochen nach der Baustoffverarbeitung die *Soll-Werte* und die Normkonformität und schliessen so die Qualitätssicherung ab. Je nach Prüfmethode und je nach Umfang der simulierten Belastungen im Labor sind die Nach-

kontrollen und Abnahmeprüfungen mit den diagnostischen Methoden der Voruntersuchungen *direkt oder indirekt korrelierbar*. Die Qualitätssicherung durchzuführender Bauarbeiten erfolgt vor und während der Bauwerkserstellung zwangsläufig mittels Bohrkernproben. Es ist deshalb naheliegend, dass für die Nachkontrollen und Abnahmeprüfungen ebenfalls Prüfverfahren an Bohrkernproben im Vordergrund stehen. Stellvertretend für die nächste Auflistung diesbezüglich geeigneter «Nachprüfungen» an Bohrkernproben zeigt Bild 8 die *Prüfapparatur* für die Frost- und Frosttausalzprüfung mit einer direkten Korrelation zur entsprechenden diagnostischen «Voruntersuchung». Bild 9 zeigt die «Nachprüfung» der Wasserdichtigkeit an Bohrkernen nach Darcy mit einer indirekten Korrelation zur entsprechenden diagnostischen «Voruntersuchung». Die wesentlichen Prüfverfahren an Bohrkernproben für Nachkontrollen sind:

Frostprüfung nach D-R [1, 3]
Frostprüfung S-krit RILEM (SIA) [1]
Frosttausalzprüfung nach D-R
SN 640 461 [1, 3]
Dichtigkeit nach Darcy
Druckfestigkeit Bohrkernprüfung nach EMPA (SIA)
Diffusionsmessungen nach DIN 53 122
Wasseraufnahmekoeffizient nach DIN 52 103

Zerstörungsfreie Baustoffprüfungen am Objekt und ihre Aussagen im Zusammenhang mit der Qualitätssicherung für die Gebrauchsfähigkeit der Bauwerke stehen zu den diagnostischen Voruntersuchungen in demselben Zusammenhang wie die mechanischen, physikalischen und chemischen Nachprüfverfahren.

Baustoffprüfung bei Schadendiagnose, Bautenschutz und Bausanierung

Eine *ingenieurmässig* durchgeführte Bausanierung, Restaurierung oder Renovation, erfordert ein objektspezifisch richtiges Sanierungskonzept und setzt Massstäbe für Planung und Handwerk [6, 7, 10]. Die *Bauschadendiagnose* ist ein wesentlicher Bestandteil für das Sanierungskonzept, eine Grundlage für die Erkennung der materialspezifischen Sanierungserfordernisse. Wie die Baustoffe verschieden sind, die Bauten sich in der Konstruktion unterscheiden, Klima, Umwelt und Nutzung unterschiedlicher oft nicht sein können, so ist die Alterung, die Art und Weise des Bauwerk- und Baustoffzerfalls, von Objekt zu Objekt anders. Entsprechend verschieden sind die Sanierungserfordernisse, und so darf festgehalten werden, dass *jede Sanierung individuell* ist. Eine objektspezifisch richtige und dauerhafte Sanierung kann nur mit denjenigen Sanierungsmassnahmen und Sanierungssystemen erreicht werden, welche im betreffenden Fall die spezifischen Sanierungserfordernisse auch wirklich abdecken, und danebst die konstruktiven, architektonischen und auch die denkmalpflegerischen Aspekte zusätzlich berücksichtigen können.

Anmerkung: Baustoffprüfung für Voruntersuchung, Schadendiagnose, Ist-Zustand

In der Literatur [6, 7 und 10] ist beschrieben, dass einfache bauliche Beobachtungen und Feststellungen sowie eine gründliche prüftechnische Schadendiagnose den *gegebenen Gebrauchszustand vor der Sanierung* ermitteln müssen. Ausgewertet gibt dies Kenntnisse zum materialspezifischen *Ist-Zustand*. Nebst Schadenursache und Schadenausmass werden dadurch die Sanierungserfordernisse, die Sanierfähigkeit und Saniermöglichkeiten definiert [8]. Der untersuchte *Ist-Zustand* mit den ausgewerteten Sanierungserfordernissen bildet die Grundlage für das bauliche Sanierungskonzept.

Anmerkung zur prüftechnischen Absicherung, Sanierung, Soll-Zustand

Mit der prüftechnischen Absicherung wird die Ausführung der Sanierung und der erreichte *Soll-Zustand* begleitet [9]. Identitätsprüfungen an Musterflächen, kontinuierliche Bauüberwachung und letztlich auch Nachkontrollen und Abnahmeprüfungen übernehmen die Aufgabe der Qualitätssicherung [6, 7, 10].

Allgemeines zu Untersuchungen und Prüfungen für Bautenschutz und Bausanierung

Das beschriebene Vorgehen für die Voruntersuchung «*Ist-Zustand*», für die Ausarbeitung des Sanierungskonzeptes, für die prüftechnische Absicherung der Sanierung «*Soll-Zustand*» ist zu empfehlen für:

- präventive Schutzmassnahmen bei Neubauten
- Erhaltung und konservierende Restaurierung
- substanzerhaltende Bautenschutz-Restaurierung
- die Bauschadensanierung mit Ersatz-Renovation

Der Aufwand für die Voruntersuchungen sowie für die prüftechnische Absicherung ist auch abhängig von der *Objektwichtigkeit* und auch von der *Wirtschaftlichkeit*. Bei den erforderlichen Untersuchungen und Prüfungen stehen Kenntnisse über den Feinbereich, über die Grenzschichten und über Aufbau und Qualität der Baustoffe im Vordergrund. Für diese Art Schadendiagnose werden Bohrkernproben aus dem Bauwerk mechanisch und physikalisch geprüft, wenn immer das Probenmaterial diese Prüfungen ermöglicht. Dabei wird in Schichten ein Eigenschaftsprofil über Diffusion-Dichtigkeit, Beständigkeit, Dichtigkeit, Qualität, Versalzung, Korrosion, Festigkeit usw. ausgewertet. Bedingt durch die Profilaufzeichnung im Querschnitt, also in relativ dünnen Schichten von aussen gegen innen, und in Anbetracht der Feinbereich- und Grenzschichtungsuntersuchungen vermag auch hier die *Mikroskopie als Gefügeuntersuchung* Entscheidendes beizutragen. Die Baustoffuntersuchungen und Prüfungen dienen der nachstehend grundsätzlichen Abklärung:

- Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit oder die Sanierungstraggrundschicht des zu sanierenden Bauteils, in Abhängigkeit von Korrosion, Verwitterung, den Schadstoffen und der Beständigkeit
- Schutzfunktion der Sanierung bezüglich Beständigkeit, Korrosion, Alterung, Standsicherheit und Dauerhaftigkeit des sanierten Baustoffes
- hygrische und thermische Belastbarkeit des sanierten Baustoffes
- bauphysikalische Richtigkeit der Sanierungsmassnahmen
- Leistungsnachweis der Sanierungsmassnahmen und Vergleich mit den Sanierungserfordernissen.

Bild 10 zeigt *quer durch die Betonoberfläche* die Beeinträchtigung durch Risszerstörung und die dadurch entstandene Verwitterungstiefe im Gefü-

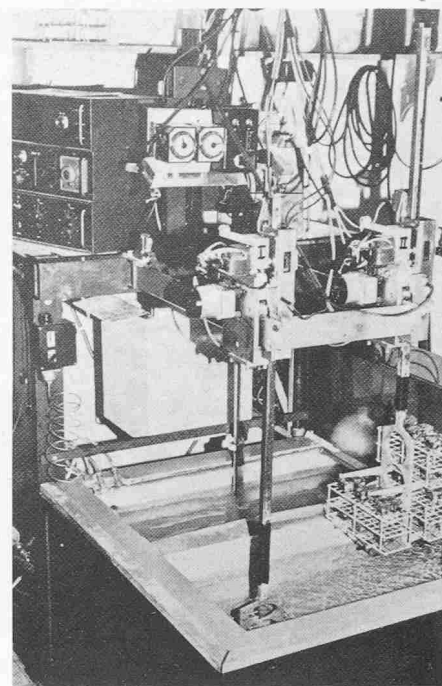


Bild 8. Nachprüfverfahren in LPM AG. Prüfapparatur für simulierte Frost- und Frosttausalzbelastungen nach D-R, SN 640 461

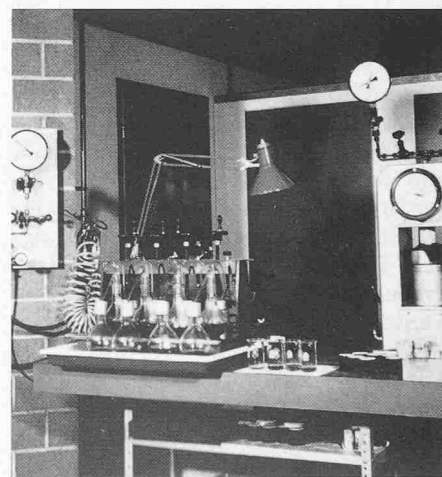


Bild 9. Nachprüfverfahren in LPM AG. Prüfapparatur für Wasserdichtigkeit nach Darcy

ge. Auch ohne Messwerte bezüglich Festigkeit und Beständigkeit kann allein der *mikroskopische Befund* entscheidende Hinweise zur Sanierung geben. Auch die Karbonatisierungstiefe kann bezüglich Korrosionsgefahr für die Armierung ausgewertet werden. Korrosionsprobleme durch Versalzung, durch elektrochemische Vorgänge oder biologische Korrosion sind durch entsprechende Veränderungen im Gefüge ebenfalls leicht erkennbar und quantifizierbar. Chemische Versalzungsanalysen können auch an kleinen Bruchstücken durchgeführt werden und ergänzen die Gefügeuntersuchungen. So ist ein hoher Informationsgehalt zum *Ist-Zustand* als Voruntersuchung und Grundlage für eine Sanierung auch dann möglich, wenn das Probenmate-

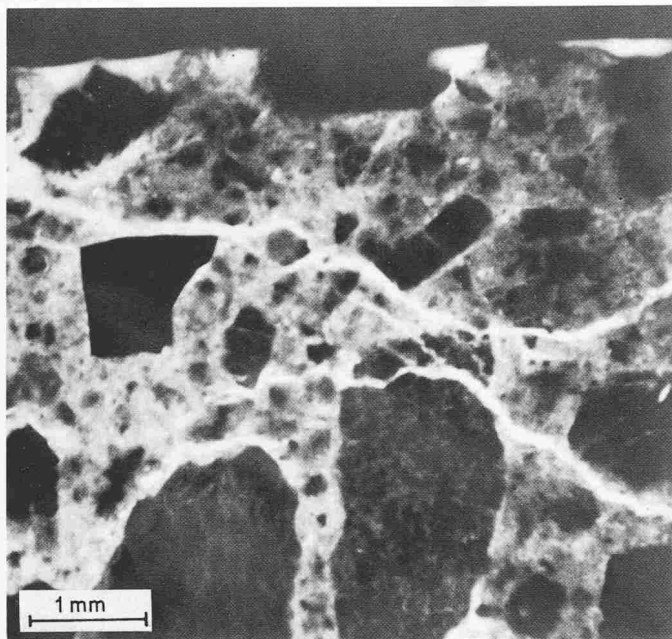


Bild 10. Betongefüge im Mikroskop. Querschnitt zur Betonoberfläche im Mikroskop, Risschäden markiert

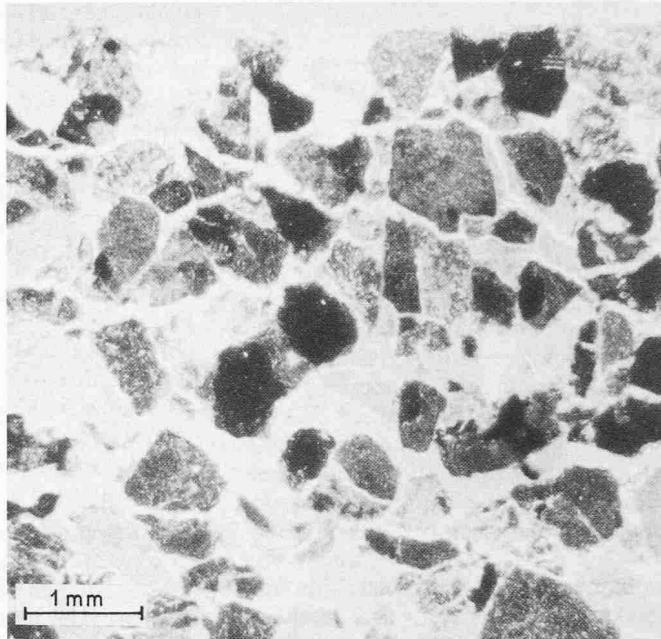


Bild 11. Sandsteingefüge im Mikroskop. Querschnitt zur Sandsteinoberfläche im Mikroskop, Risschäden markiert

rial für mechanische und physikalische Baustoffprüfungen nicht ausreicht. In Bild 11 ist zur weiteren Illustration die *Verwitterungstiefe* im Querschnitt durch einen Sandstein im Mikroskop dargestellt. Der Grad der Bindemittelauslösung und die Risschadentiefe lassen Rückschlüsse über Schadenausmass und Schadenursache sowie Hinweise zur Konservierung auch dann zu, wenn die Profilmessungen bezüglich Festigkeit, Porosität usw. wegen fehlendem Probenmaterial nicht durchgeführt werden können.

Allgemeines über historische und neuzeitliche Baustoffe, Bemalungen, Putze, Mörtel, Grobkeramik

Ein weiterer Anwendungsbereich der petrographisch-morphologischen Baustoffuntersuchung dient der *chronologischen Untersuchung* von Farbträgern, Bemalungen, Mörteln, Putzen und Grobkeramiken an historischen Gebäuden und Kunstdenkmälern. Die chronologische Untersuchung dieser Baustoffe dient auch als Grundlage der Originalergänzung und Restaurierung. Die konservierende Restaurierung und die Rekonstruktion und Ergänzung der oben erwähnten Baustoffe erfordert nebst überprüften Baustoffeigenschaften auch möglichst umfassende Kenntnisse über das Bindemittel, über Sand und Zuschlagstoffe sowie über die Porositätseigenschaften. Die mikroskopische Gefügeanalyse bestimmt dabei die entsprechenden Stoffraumverhältnisse als Ergänzung zu gemessenen Festigkeiten, *E-Moduli*, Diffusion-Dichtigkeitseigenschaften u.a.m. Die zusätzliche, mikroskopisch beurteilte Gefügequalität der Baustoffe ergänzt den Be-

fund mit Erkenntnissen über den Gebrauchszustand, über die Alterung und Verwitterung und über die Weiterverwendbarkeit.

Bisherige Untersuchungen von noch dauerhaften und bis zu 1000 Jahre alten Mörteln und Putzen lassen die Überzeugung immer stärker werden, dass sich die Rohstoffe von früher und heute nicht gravierend unterscheiden und dass das Geheimnis für hohe Qualität und Dauerhaftigkeit vor allem im *richtigen Gefügebau* liegt. Da die Dauerhaftigkeit der Bauwerke an die Langzeitbeständigkeit der Baustoffe gebunden ist, erhalten die Erkenntnisse über die Baustoffqualität und Beständigkeit einen hohen Stellenwert, und die Anlehnung an das Grundsätzliche beim Bewährten kann erfolgreich auch mit neuzeitlichen Forderungen vereinbart werden.

Die Anwendungshinweise für petrographisch-morphologische Baustoffuntersuchungen im Zusammenhang mit Bautenschutz und Bausanierung finden eine umfassende Ergänzung in [7] und auch in [6, 9, 10].

Zusammenfassung

Der Nachweis der Gebrauchsfähigkeit von Bauwerken umfasst eine *Gesamtheit*, also die Konstruktion, die Belastungseinflüsse, die applizierten Baustoffe und auch die Alterung. Eine *Baustoffprüfung* misst eine bestimmte Eigenschaft oder stellt ein bestimmtes Verhalten fest, wobei klar zu unterscheiden ist, dass die Prüfung einer

prinzipiellen Eignung nur einen Aspekt darstellt und dass nur der verarbeitete und erhärtete Baustoff eine definitive Bestätigung sein kann. Letzteres fällt bei Naturstein- und vorfabrizierten Baumaterialien weniger ins Gewicht, um so mehr jedoch bei gemischten Baustoffen wie Beton, Mörtel, Putzen und bei Bautenschutzmassnahmen.

Für die *Qualitätssicherung* der Baustoffe bei einem Neubau hat die Baustoffprüfung im Zusammenhang mit der Gebrauchsfähigkeit der Bauobjekte unterschiedliche Aufgaben zu erfüllen:

1. Prüfung der prinzipiellen Eignung, *Eignungsnachweis mit Vorprüfung*
2. Prüfung der Reproduzierbarkeit am Bau, *Voruntersuchung*
3. Prüfung der Kontinuität, Qualität und Beständigkeit während der Erstellung, *Bauüberwachung*
4. Abnahmeprüfung, Nachweis der Normkonformität durch *Nachkontrolle*

Die Qualitätssicherung für die Baustoffe erfordert *Voruntersuchungen* mit Eignungsnachweis, Reproduzierbarkeit am Bau und Bauüberwachung oder Produktionsüberwachung, wodurch erreicht wird, dass die Abnahmeprüfung und Nachkontrollen die *Soll-Werte* bezüglich Qualität, Festigkeit, Beständigkeit, Dichtigkeit, Korrosion usw. normkonform bestätigen werden.

Für *Schadengutachten*, bei *Bautenschutz* und *Bausanierung* dient die Prüfung der Baustoffe, im Zusammenhang mit dem Gebrauchszustand bestehender Bauwerke, den Grundlagen für folgende Massnahmen:

1. Überprüfung der *Sanierungserfordernisse*

2. Überprüfung der Sanierfähigkeit, Sanierungsmöglichkeiten
3. Prüftechnische Absicherung von Sanierungsmassnahmen

Bei Baustoffen spiegeln sich im definiert morphologischen Gefügebau *Erfolg und Misserfolg* des gewählten Materialkonzeptes, beeinflusst durch Mischung, Transport, Verarbeitung und Nachbehandlung. Damit ist der kausale Zusammenhang zwischen Gefügebau und Baustoffeigenschaften gekennzeichnet. Dies macht sich die petrographisch-morphologische Untersuchungstechnik zunutze und ermöglicht, die Qualität und Beständigkeit der Baustoffe schnell und sicher im Rahmen von Voruntersuchungen und Produktionskontrollen zu ermitteln oder im Schadenfall für die Schadendiagnose eine umfassende Erhebung des Gebrauchszustandes und der Sanierungserfordernisse auszuarbeiten.

Die petrographisch-morphologische Untersuchungstechnik umfasst die mikroskopische Beurteilung der Gefügequalität und die gefügeanalytische Bestimmung der Baustoffzusammensetzung. Gestützt auf diese Untersuchungsergebnisse erfolgt diagnostisch und voraussagend die Beurteilung des untersuchten Baustoffes hinsichtlich Qualität, Beständigkeit und besonderer Eigenschaften. Bei fehlerhaften Baustoffen oder Bauschäden dienen die Untersuchungen der Schadendiagnose.

Literaturangaben

- [1] Baumann, E.: Betonbau und Betontechnologie, Baufachverlag Zürich-Dietikon, 1982
- [2] Wilk, W., Dobrolubov, G.: «Kontrolle und Optimierung der Werkstoffqualität während des Betoneinbaues». Mitteilung der Betonstrassen AG, Wildeg, Heft 127/128, 1981
Wilk, W., Dobrolubov, G.: «Microscopic Quality Control of Concrete During Construction». Bulletin of Betonstrassen AG, Wildeg, No. 127/128, 1982
- [3] Dobrolubov, G., Romer, B.: «Richtlinien zur Bestimmung und der Prüfung der Frost-Tausalzbeständigkeit von Zementbeton». Schweizer Norm SN 640 461 Ziff. 43, Separatdruck Strasse und Verkehr, VSS, Zürich, Heft 10 + 11, 1977
- [4] Romer, B.: «Fertigungskontrolle im Bauwesen». Schweizerische Bauzeitung Zürich, Heft 16/1980
- [5] Dobrolubov, G., Rey, G., Romer, B., Wilk, W.: «Statische Belastung des analytischen Teils der Bestimmung I der Frost-Tausalz-

beständigkeit von Beton gemäss Richtlinien SN 640 461». Mitteilung der Betonstrassen AG, Wildeg, Heft 119, 1979

- [6] Romer, B.: «Schutz und Sanierung von Bauwerken». Bautenschutz und Bausanierung, Edition Lack und Chemie, Filderstadt, Heft 2/1980
- [7] Romer, B.: «Bausanierung und Substanzerhaltung». Bautenschutz und Bausanierung, Edition Lack und Chemie, Filderstadt, 1983
- [8] LPM AG: Richtlinien Voruntersuchungen Ist-Zustand. CH-5712 Beinwil am See
- [9] LPM AG: Richtlinien prüftechnische Absicherung. Sanierung und Soll-Zustand. CH-5712 Beinwil am See
- [10] WTA: Merkblatt zum Unterhalt von Betonbauwerken. Wissenschaftlich technischer Arbeitskreis, WTA Isardamm 113, D-8192 Geretsried. 1983/1984
- [11] Knöfel, D.: Baustoffkorrosion. Bauverlag Wiesbaden, 1982
- [12] Ruffert, G.: Schäden an Betonbauwerken. Verlagsgesellschaft R. Müller, Köln-Braunsfeld 1982

Da bei praktisch allen porösen Baustoffen die Qualitäts- und Beständigkeitseigenschaften, wie auch Alterung, Verwitterung und Zerfall, durch Aufbau und Veränderungen im Gefüge gekennzeichnet sind, braucht der vorliegende Bericht die Art der Baustoffe, Naturstein, Beton, Mörtel, Putze, Imitationen, Sanierungssysteme u.a.m. nicht streng zu unterscheiden. Einzelne Baustoffarten werden deshalb nicht näher behandelt. Die Gebrauchsfähigkeit und der Gebrauchszustand der Bauwerke sowie die Erhaltung von Kunstdenkmälern und Monumenten wird auf die all-

gemeine Abhängigkeit der Baustoffqualität und auf die Baustoffalterung bezogen, wobei die Baustoffprüfungen und die Aussage der Untersuchungsergebnisse entscheidend wichtig sind.

Nach einem Vortrag, gehalten am Internationalen Kolloquium «Werkstoffwissenschaften und Bausanierung» (6.-8. Sept. 1983 in Esslingen)

Adresse des Verfassers: B. Romer, Baustoffexperte und Schadengutachter, LPM AG, 5712 Beinwil am See.

Die Situation auf dem Armierungsnetzmarkt in der Schweiz

Von Karl Gafner, Zürich

Mit oder ohne Haken - schweizerische oder auch importierte Armierungsnetze? Seit die Schweizer Armierungsnetzfabrikanten das neue Artec-System eingeführt haben, sind in der Schweiz zwei Netzprogramme erhältlich. Für die Wahl ist, bei gegebener Qualität, der Preis ausschlaggebend. Um den Bauherrn produktunabhängig zu beraten, müssen folglich beide Systeme ausgeschrieben werden, und für kostengünstiges Bauen soll der Markt frei spielen können.

Einleitung

Die Schweizer Armierungsnetzfabrikanten haben im Mai 1983 die Produktion des bisherigen Static-Systems eingestellt und durch das neue Artec-Netzprogramm abgelöst. Ein neues Netzhandbuch wurde in einer Erstauflage von 5000 Stück an die Ingenieurbüros der ganzen Schweiz versandt. 15 Inge-

niewere besuchten in freier Mitarbeit eine ausgewählte Anzahl von 896 Büros, um ihre Kollegen über das neue Artec-Programm zu informieren. Schliesslich wurden auch die Ingenieurschulen bemüht, in der einschlägigen Fachliteratur das neue Produkt vorzustellen [1, 2] - ein wahrhaft konzertiertes Feuerwerk von Marketingaktionen. Bauingenieure, Bauunternehmer, Bauleiter und Armierungsstahl-Lieferanten

sind verunsichert. Sie stellen sich folgende Fragen:

- Sind die E-, Z- und W-Netze beim Fachhandel nicht mehr erhältlich?
- Kann ich das Produkt umstellen, wenn ja, welches sind die Konsequenzen?
- Wie soll sich der Ingenieur verhalten, der als Treuhänder des Bauherrn eine produktneutrale Ausschreibung zu gewährleisten hat?

Was ist geschehen, dass die Schweizer Armierungsnetzfabrikanten ein bewährtes Produkt mit so grossem Werbeaufwand ablösen wollen?

Der Armierungsnetzmarkt in der Schweiz

In der Schweiz werden jährlich rund 80 000 t Armierungsnetze eingebaut. Bis 1976 beschränkte sich der Import auf weniger als 5000 t, hauptsächlich