

sanierung einer tiefgarage

Die Mitte der 80er Jahre erbaute Tiefgarage der Kreissparkasse München Starnberg Ebersberg befindet sich in den Untergeschossen 1 und 2 des Hauptsitzes am Sendlinger-Tor-Platz. Der 8-geschossige Solitärbau beherbergt Verwaltungsbereiche, die Hauptgeschäftsstelle und Wohnungen. Die Tiefgarage gliedert sich in einen öffentlichen und einen nichtöffentlichen Bereich mit einer Gesamtfläche von ca. 2550 m² und insgesamt rund 80 Stellplätzen. Der öffentliche Teil der Garage wird hauptsächlich von den Kunden der Kreissparkasse genutzt und über die Kundenhalle erschlossen. Die Planung und Instandsetzung erfolgte von 2011 bis 2013.

Bestandsanalyse und Aspekte der Instandsetzung

In der Tiefgarage war die Stahlbetonkonstruktion vor der Instandsetzung mit einer Gussasphaltschicht ohne Abdichtung versehen. Diese Ausführung stellte keine wirksame Abdichtung gegen Eindringen von Chloriden dar, was über einen Nutzungszeitraum von ca. 25 Jahren zu einem massiven Chlorideintrag und dadurch hervorgerufen zu **chloridinduzierter Korrosion in den tragenden Bauteilen** führte. Stichprobenhafte Öffnungsstellen belegten dies. Eine vollflächige Bestandsaufnahme durch Potentialfeldmessung wurde erst nach Abtrag des Gussasphalts möglich.

Im Rahmen der Vorplanung stellte sich rasch die Frage nach der Wahl des Instandsetzungskonzepts. Die folgenden anspruchsvollen **Vorgaben und Randbedingungen** waren bei der Wahl bestimmend.

- Nachhaltigkeit der Sanierungsmaßnahme für mind. 20 weitere Jahre
- Möglichst kurze Bauzeit bei Nutzbarkeit jeweils eines Garagengeschosses
- Technikgeschoss unterhalb der Tiefgarage schließt Methoden mit Wassereintrag aus (z.B. Höchstdruckwasserstrahlen)
- Reibungsloser Betrieb im Verwaltungsgebäude trotz Lärm- und Staubbelastigungen
- Anspruch an optisches Erscheinungsbild der Tiefgarage nach der Instandsetzung

Wahl der Instandsetzungsmethode

Diese Randbedingungen führten zum baupraktischen **Ausschluss einer herkömmlichen Instandsetzung**. In enger Abstimmung des gesamten Projektteams mit dem Bauherrn wurde ein **Kathodisches Korrosionsschutzsystem** unterhalb einer Abdichtung mit Gussasphalt geplant, mit den Vorteilen eines minimalen Betonabbruchs.

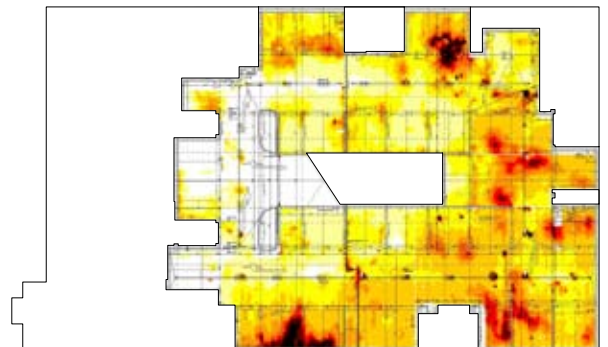
Wirtschaftlichkeit

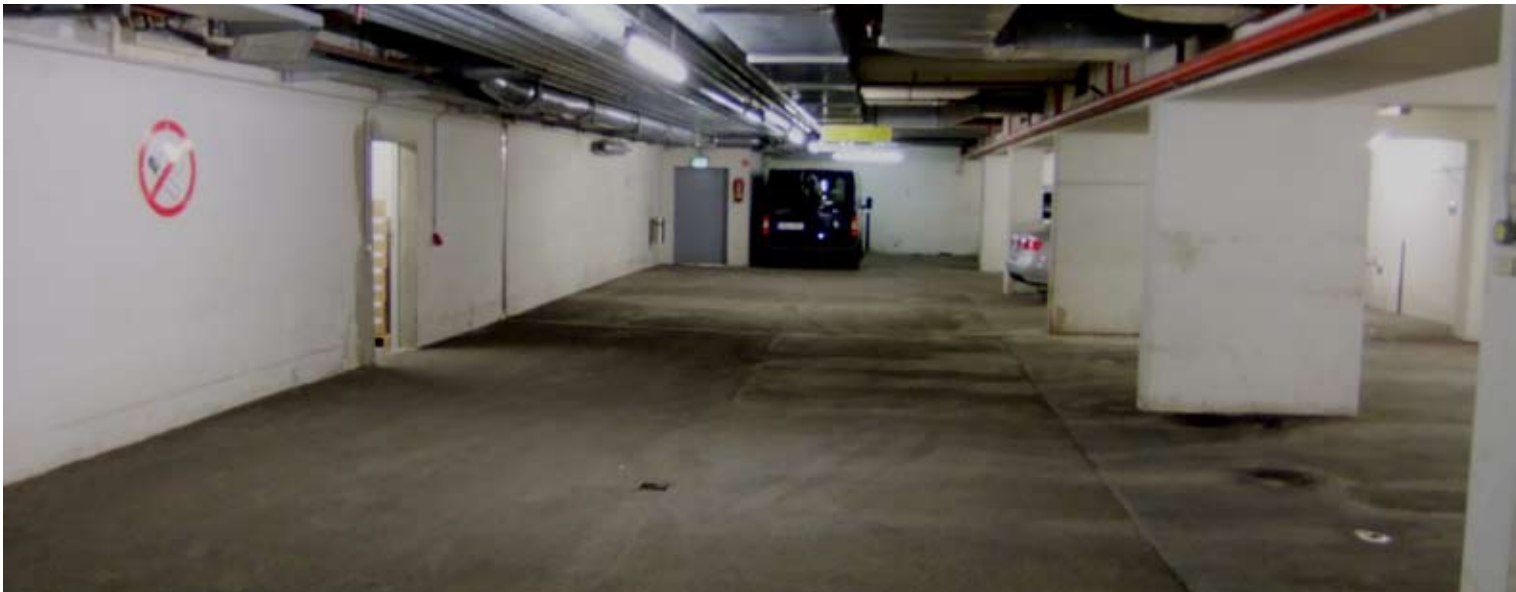
Auch wenn die reinen Baukosten im Rahmen der Vorplanung für ein Kathodisches Korrosionsschutzsystem gegenüber einer herkömmlichen Instandsetzung höher eingeschätzt wurden, wurde ein KKS-System aus folgenden Gründen der Wirtschaftlichkeit geplant und durchgeführt.

- Kosten für Abstützungsmaßnahmen durch Entfernen von Beton entfallen
- Reduktion von Baulärm und Staubentwicklung
- Minimierter Eingriffe in die Bausubstanz an tragenden Bauteilen wie Stützen und Unterzügen

Potentialfeldmessung

Nach Entfernen des alten Gussasphalts konnte der Schädigungsgrad der Bodenplatte, der Zwischendecke sowie der Wand- und Stützenfüße mittels Potentialfeldmessung ermittelt werden. Dabei zeigte sich in Teilbereichen eine bereits weit fortgeschrittene Korrosion der Bewehrung mit signifikantem Querschnittsverlust statisch hochbelasteter Bauteile (mit bis zu 9 Geschossen Auflast). Fehlende Bewehrungsquerschnitte wurden durch Ergänzung des Stützenquerschnitts wieder eingebracht.





Konzept - Kathodischer Korrosionsschutz

Der Kathodische Korrosionsschutz (KKS) wurde erstmals Anfang des 19. Jahrhunderts in Großbritannien für den Korrosionsschutz eines Kriegsschiffes erfolgreich angewandt. Heute ist KKS eine **anerkannte Methode, Metalle vor Korrosion zu schützen** (z.B. Pipelines, Tanks, Offshore-Bauwerke usw.). Der Kathodische Korrosionsschutz ist ein **elektrochemisches Schutzverfahren**, bei dem der Korrosionsvorgang von in Elektrolyten (z.B. Beton, Meerwasser, Böden) eingebetteten Stählen durch Einleitung eines Gleichstroms oder durch Kurzschluss mit einem unedleren Metall (Opferanoden) unterbunden wird. Da die letztgenannte Methode bei Stahlbeton selten angewendet wird und nicht als Stand der Technik zu werten ist, wird nachfolgend maßgeblich auf **KKS mit Gleichstrom** eingegangen.

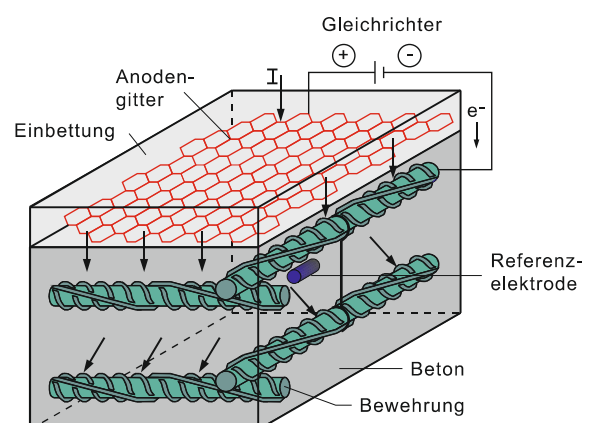
Seit ungefähr 25 Jahren wird nun **auch KKS im Stahlbeton eingesetzt**, wobei die Anwendung in Deutschland in den letzten fünf Jahren stark zugenommen hat. In Bayern werden derzeit ca. 50 Bauwerke mit KKS geschützt. Das Prinzip des KKS ist es, die Bewehrung mittels flächig oder punktuell installierten Elektroden (sog. Anoden) kathodisch zu polarisieren und damit die anodische **Eisenauflösung zu unterbinden bzw. auf ein unschädliches Maß zu reduzieren**. Dazu wird eine korrosionsresistente und dauerhafte Anode (z.B. aktiviertes Titan) mit Hilfe eines zementgebundenen Mörtels elektrolytisch an den Beton angekoppelt und an den Pluspol einer Gleichspannungsquelle angeschlossen. Die Bewehrung wird im Anschluss an den Minuspol der Spannungsquelle angeschlossen. Durch das Aufbringen einer geringen Gleichspannung wird ein Schutzstrom generiert, welcher dem Korrosionsstrom entgegen gerichtet ist und die **Stahlkorrosion somit weitgehend unterbindet**.

Vorteile des KKS gegenüber einer herkömmlichen Instandsetzung

Der prinzipielle Vorteil von KKS gegenüber konventionellen Instandsetzungsmethoden (Abtrag des chloridbelasteten Betons) ist, dass nur wirklich zerstörte Bereiche (Abplatzungen, Hohlstellen) des Betons instandgesetzt werden müssen. Chloridbelasteter bzw. karbonatisierter, aber von der Struktur noch intakter Beton braucht nicht entfernt zu werden. Durch den dadurch geringen, notwendigen Eingriff in die Bausubstanz kann auf kostenintensive Abstützungsmaßnahmen verzichtet werden.

Ein weiterer großer Vorteil des KKS besteht darin, dass eine **laufende Überwachung der Funktion**, d.h. der **Korrosionsschutz der Bewehrung**, möglich ist. Dazu werden bei der Installation Referenzelektroden in den Beton mit eingesetzt. Durch gezieltes und kurzes Ausschalten des Kathodischen Schutzes können jederzeit sog. Depolarisationsmessungen durchgeführt werden, bei denen der Abfall des Stahl/Betonpotentials beim Ausschalten registriert wird. Die Standardkonzeption von KKS-Systemen erlaubt die kontinuierliche **Onlineüberwachung des Korrosionszustands** der Bewehrung und somit der **Wirksamkeit des Systems**. Die kontinuierliche Wartung des Systems bietet die Chance, dass bei möglichem Anstieg der korrosiven Einwirkungen auf das genutzte Bauwerk **Änderungen der Korrosionsvorgänge frühzeitig** erkannt und durch die Erhöhung der Treibspannung **sofort und ohne zusätzliche Baumaßnahme** zum Stillstand gebracht werden können.

Nachteilig lassen sich einzig die **laufenden Wartungs-** (rd. 2.000 €/a) und **Betriebskosten** (rd. 100 € Stromkosten, je nach Größe) anführen. Diese sind jedoch im Rahmen einer konventionellen Instandsetzung z.B. für die Wartung eines Oberflächenschutzsystems ebenfalls aufzubringen.





Gesetzliche Vorgaben für den Brandschutz

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“
(Bayerische Bauordnung Art.12)

Dies bedeutet, dass bei zu errichtenden Gebäuden und Bestandsgebäuden alle **tragenden Bauteile** die erforderliche **Feuerwiderstandsdauer** erreichen müssen. Bei Tiefgaragen beträgt diese **90 Minuten**. Bei dem vorliegenden Bauvorhaben (Tiefgarage) handelt es sich um eine reine Stahlbetonbauweise. **Thermische Einwirkungen**, z.B. infolge Feuer/Brand, haben einen großen Einfluss auf die **Festigkeit von Beton und Betonstahl**. Die Festigkeit, insbesondere des Stahls, sinkt mit zunehmender Erwärmung ab und die **Tragfähigkeit der Stahlbetonbauteile wird stark vermindert**.

Abweichungen und Nachweisverfahren im Bestand

Abweichungen von den gültigen Normen erfordern entweder **bauliche brandschutztechnische Erüchtigungen** durch Putz oder Brandschutzplatten, **oder die Führung gesonderter Nachweise**.

Der Nachweis des erforderlichen Brandschutzes kann durch **verschiedene Verfahren** erbracht werden:

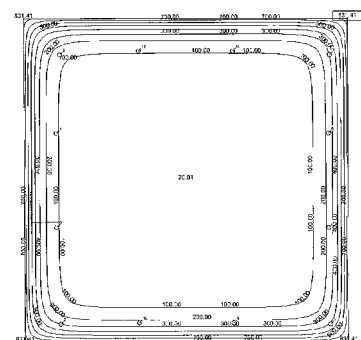
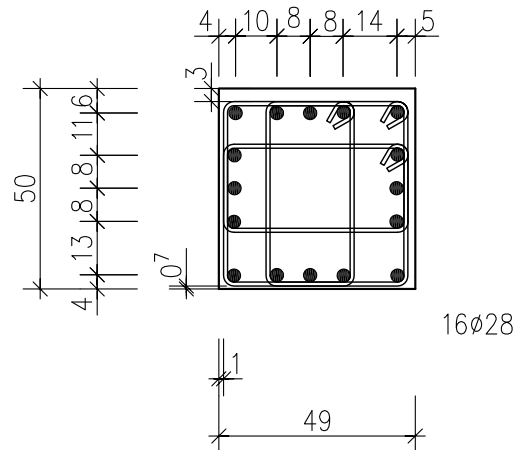
- Nachweisverfahren mittels tabellarischer Daten, z.B. Tabellen DIN 4202-4 bzw. EC2-1-2
Festlegung von Mindestbauteildicken, Mindestachsabständen der Bewehrung, Mindestanzahl der tragenden Bewehrung
- Nachweisverfahren mittels vereinfachter Rechenverfahren nach EC2-1-2
Verringerung der Tragfähigkeit von Bauteilen unter Brandbeanspruchung, des Betonquerschnitts, des Bewehrungsstahlquerschnitts. Tragfähigkeitsnachweis über den Restquerschnitt.
- Nachweisverfahren mittels allg. Rechenverfahren, d.h. **Heißbemessung** nach EC2-1-2
Numerische **Simulation** des Trag- und Verformungsverhaltens brandbeanspruchter Bauteile
Im Rahmen der **Thermischen Analyse** werden die Temperaturen im Bauteilquerschnitt, sowie das Trag- und Verformungsverhalten des brandbeanspruchten Bauteils berechnet.

Brandschutz an Stützen

Die **Untersuchungen der Stützen** haben gezeigt, dass die Betondeckung nach DIN 4102 bei fast allen gemessenen Stützen zu gering ist.

Bei allen Stützen wurde nach DIN EN 1992-1-2 das Rechenverfahren (**Heißbemessung**) angewendet. Durch den Nachweis mittels Heißbemessung konnte nachgewiesen werden, dass **alle Stützen trotz** der zum Teil sehr **geringen Betondeckungen die Brandschutzanforderungen erfüllen**. Die verbleibenden Querschnitte sind ausreichend tragfähig für die geforderte Brandschutzklasse.

Aufwendige, kostenintensive Instandsetzungsmaßnahmen, welche die Gebrauchstauglichkeit der Tiefgarage einschränken, wie z.B. Verringerung der Stellplatzbreiten, konnten **durch den Nachweis verhindert werden**.





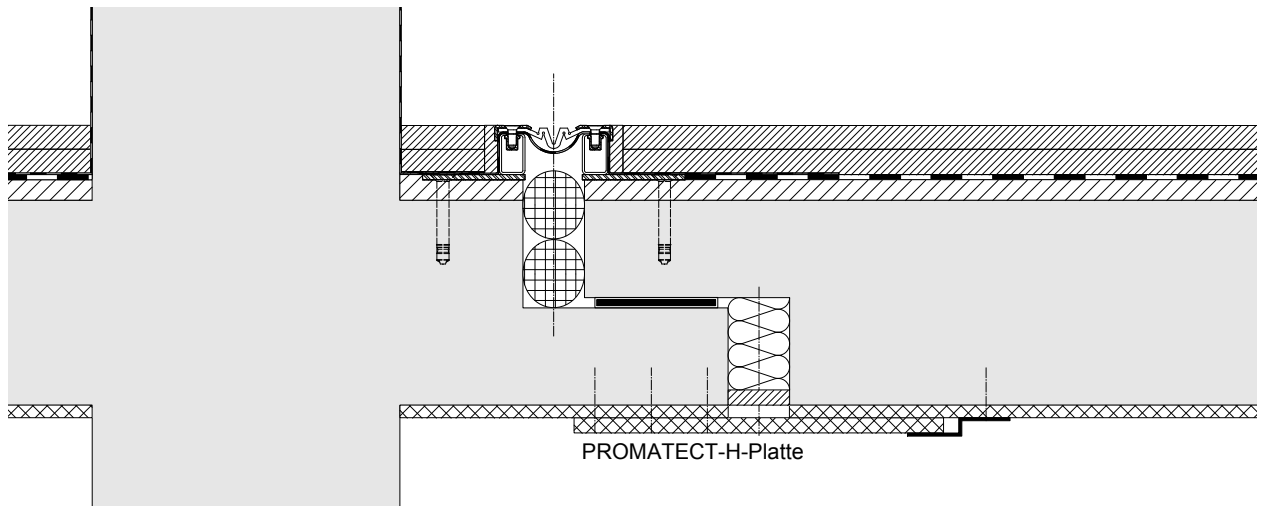
Brandschutz Decken und Wände

Im Zuge der Sanierungsarbeiten wurden die vorhandenen Betondeckungen der tragenden Bauteile (Decken inkl. Unterzüge, Stützen und Wände) gemessen.

Bei Wänden und Unterzügen wurden Unterschreitungen der erforderlichen Mindestbetondeckung gem. DIN/EC2 festgestellt. Diese Unterschreitungen haben keinen Einfluß auf die Tragfähigkeit der Bauteile zur Folge.

Die **Untersuchungen der Decken** haben gezeigt, dass die Betondeckung mit 5mm bis 13mm nach DIN 4102 zu gering ist. Die Lage der tragenden Bewehrung ist bei Decken im Hinblick auf den Brandschutz sehr ungünstig angeordnet. Um den Brandschutz im Bereich der Tiefgaragendecken sicherzustellen, wurden **brandschutztechnische Ertüchtigungsmaßnahmen** nötig. Die Realisierung erfolgte in Trockenbauweise, mittels Brandschutzplatten, unterseitig an der Decke montiert.

Zur Durchführbarkeit dieser Maßnahme mussten **sämtliche Installationen an der Decke entfernt** werden. Die Installationen mussten jedoch **zu jedem Zeitpunkt in Funktion** bleiben.

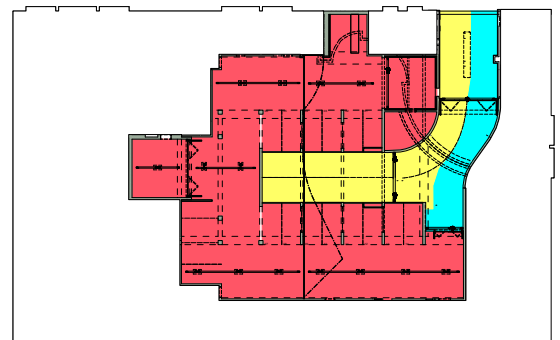
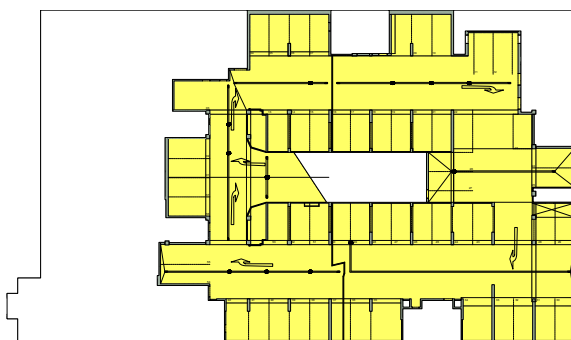
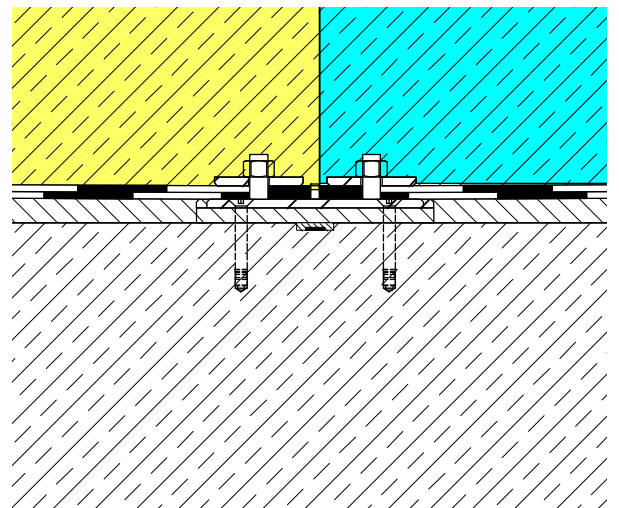


Bauabschnitte

Die Forderung des Bauherrn, dass während der gesamten Bauzeit die Zugänglichkeit für PKW in mindestens einem Untergeschoss gewährleistet sein muss, stellte eine Herausforderung dar.

Um diese Anforderung im Bauablauf möglich zu machen, musste die Rampe in zwei Bauabschnitte gegliedert werden, bei der der Verkehr auf jeweils einer Spur, wechselseitig erfolgen konnte.

Die technische Umsetzung erfolgte mit einem Edelstahlprofil, mit einer doppelseitigen Los- Festflansch Konstruktion, entlang der Bauabschnittstrennung. An dieses Profil wurde die Abdichtung des jeweiligen Bauabschnitts angeschlossen. Nur so konnte eine Dichtigkeit nach DIN 18195 gewährleistet werden.



1. Bauabschnitt

2. Bauabschnitt

3. Bauabschnitt



baustelle und fertiges projekt







Massenberg GmbH
Bobstädter Straße 5
68642 Bürstadt
T 06206 / 95250
buerstadt@massenberg.de
www.massenberg.de

ausführung

Ingenieurgesellschaft
Prof. Dauberschmidt&Vestner mbH
Trivastraße 24
80637 München
T 089 / 80910704
info@dauberschmidt.com
www.dauberschmidt.com

fachplanung kks

Nutsch Ingenieure GmbH
Enzianstraße 13
82110 Germering
T 089 / 84060417
bea.nu@gmx.de

tragwerksplanung

Prof. Stark
Tsingtauerstraße 4a
81827 München
T 089 / 45361165
prof.stark@arcor.de

projektsteuerung

architektur



nnp perseus
Clemensstraße 48
80803 München
T 089 / 2555990
buero@nnp-perseus.de
www.nnp-perseus.de