

11. Schweizer Betonforum

# Die Zukunft liegt im Untergrund

Die zunehmende Urbanisierung, steigende Einwohnerzahlen und hohe Ansprüche an das Lebens- und Arbeitsumfeld bergen ein Problem: Es fehlt an Platz. Um den zukünftigen Flächenbedarf zu decken, muss der vorhandene Baugrund intensiv genutzt werden. Es geht in die Höhe und immer öfter in den Untergrund.

Von Claudia Bertoldi

Nicht nur in Amerika und Asien, auch in Europa stossen die Infrastrukturen der grossen urbanen Zentren zunehmend an ihre Grenzen. Die Planer stehen vor der Aufgabe, den Lebensraum zu bewahren und gleichzeitig ausreichend Platz für alle Menschen und die notwendige Mobilität zu sichern. Landreserven stehen dafür kaum noch zur Verfügung. Die vorhandenen Grünräume werden benötigt, um die Lebensqualität und Erholungszonen für die hier lebende und arbeitende Bevölkerung zu erhalten. «Die Städte dienen als Orte der Zusammenkunft. Dafür braucht es offene und unverbaute Plätze», erklärt Antonia Cornaro, Experte für Untergrund-

planung bei Amberg Engineering AG, Regensdorf-Watt. Meist ginge die Planung deshalb hoch hinaus, wie in den Metropolen New York, London, Frankfurt, Dubai, Peking, São Paulo oder Kuala Lumpur. «Doch ist dieses Bauen effizient und energetisch vertretbar? Wäre es nicht besser in die Tiefe zu gehen?», fragt Cornaro.

Dass es anders geht, zeigen geplante Projekte und existierende Beispiele in Grossstädten: Im New Yorker Stadtteil Manhattan wird seit 2011 ein unterirdischer Park geplant. «The Lowline» soll in einer ehemaligen unterirdischen Tramstation mit Wendeschleife und einem dazugehörigen Teilstück der nicht mehr genutzten Strecke an-

gelegt werden. Die Beleuchtung der unterirdischen Räume wird über Lichtkollektoren an der Erdoberfläche möglich, die das eingesammelte Sonnenlicht über Glasfaserkabel in die Parkanlage leiten.

Ein riesiges unterirdisches Einkaufszentrum besitzt bereits die Innenstadt von Montreal. Die grösste Untergrundstadt der Welt, das «RÉSO», ist ein 32 Kilometer langes Netzwerk aus Fussgängertunneln und Ladenpassagen, das sich über eine Fläche von zwölf Quadratkilometern erstreckt. Das «RÉSO» entstand etappenweise von 1962 bis 2003 und verbindet zehn Metrostationen, die beiden Hauptbahnhöfe, zwei Bus-

bahnhöfe, unzählige Geschäfte, Restaurants, Kinos, Hotels, das Eishockeystadion, Veranstaltungstätten, zwei Universitäten sowie zahlreiche Büro- und Wohngebäude miteinander. Rund 80 Prozent aller Büro- und 35 Prozent der Ladenflächen der Innenstadt sind an die Untergrundstadt angeschlossen. Hier wurde nicht nur Bauland für wichtige Strukturen des städtischen Lebens gespart, die Benutzer sind auch vor den tiefen Temperaturen des kanadischen Winters geschützt.

## 150 Jahre Londoner Underground

Unterirdische Strukturen sind allerdings keine Neuheit. Vor allem Verkehrswege wie U-Bahn und Strassen und die dazugehörigen Strukturen wie Bahnhöfe und Parkplätze werden seit langem in den Untergrund verlegt. Die Londoner «Underground» ist die älteste U-Bahn der Welt. Der erste Streckenabschnitt der Metropolitan Line wurde 1863 eröffnet. Fast 150 Jahre lang war sie die längste U-Bahn der Welt. Inzwischen belegt sie nach der Metro Shanghai und der U-Bahn von Peking den dritten Rang, besitzt aber immer noch die grösste Netzlänge Europas.

«Die Verlegung von Verkehrsflächen in Tiefenstationen und Tunnel ermöglicht heute neue zusätzliche Freiflächen an der Oberfläche», erklärt Antonia Cornaro. Gelungene Beispiele seien der Tiefenbahnhof in Shenzhen, China, oder die Verlegung von Verkehrsflächen in Boston. Wo zuvor tausende Autos passierten, bieten die grossen Parkanlagen der Boston Artery heute Erholungs- und Freiflächen für die Bevölkerung.

## Optimale Grundverwertung

Ebenso werden seit langem Infrastrukturen der Energieversorgung und -speicherung, Wasserversorgungs- und Kläranlagen sowie militärische Objekte, Industrie- und Forschungsanlagen unterirdisch angelegt. Diese Möglichkeiten müssten in Zukunft noch intensiver genutzt werden. Event-Locations, Sportstätten und Freizeitanlagen im Untergrund garantieren einen lärmfreien Betrieb für die Anrainer. Unterirdische Archive und Lager schaffen Platz an der Oberfläche, Erweiterungen vorhandener Gebäude im Untergrund ermöglichen den Ausbau auch im innerstädtischen, dicht besiedelten Bereich. «Der Untergrund birgt viele Möglichkeiten», so Cornaro. Die optimale Nutzung erfordere eine integrative Planung von Oberfläche und Untergrund. «Diese Massnahmen ermöglichen die Aufwertung der Städte und eine bessere Lebensqualität. Um allen Erfordernissen von Gesellschaft, Umwelt, Industrie und Verkehr gleichzeitig gerecht zu werden, braucht es aber einen engen Dialog zwischen Planern, Ingenieuren und Architekten.»

«Kurzfristig gesehen, scheinen die Untergrundbauten als teuer und kompliziert. Auf lange Sicht haben sie einen extremen Mehrwert für die Lebensräume und Städte.»



Antonia Cornaro, Master of Urban Planning, Amberg Engineering AG, Regensdorf-Watt

Für den «Underground space dialogue» besteht bereits die Plattform «TACUS». Zudem ist ein Zusammenschluss von Initiativen und der Austausch von Informationen über den Untertagebau im «SCAUT» (Swiss Center of Applied Underground Technologies) geplant. «Kurzfristig gesehen scheinen die Untergrundbauten als teuer und kompliziert im Bau. Doch wir sollten sie nicht leichtfertig abtun, denn auf lange Sicht haben sie einen extremen Mehrwert für die Lebensräume und Städte», betont die Experte für Untergrundplanung. Die zukünftige Urbanisierung sei nur mit einer optimalen Verwendung von Grund und Boden möglich.

## Autos unter die Erde

Es scheint logisch und simpel: Autos am Strassenrand und auf Parkplätzen gehören eigentlich ins Parkhaus. Wenn möglich mehrgeschossig unter die Erde, denn so kann das darüber liegende Bauvolumen für gewerbliche oder Wohnzwecke genutzt oder das Gelände gar als Freiraum zur Erholung erhalten werden. Dabei haben die unterirdischen Strukturen als Übergang zu öffentlichen Bereichen oder den Wohnungen eine be-

sondere Bedeutung. Der Parkplatz wird meist mehrfach täglich aufgesucht, betrifft also einen hochfrequentierten Bereich des Alltags. Die räumliche Qualität stellt gekoppelt mit einfacher Orientierung und den Sicherheitsansprüchen der Nutzer einen wichtigen Aspekt bei der Planung der Parkhäuser dar. «Deshalb ist es inzwischen nicht mehr alleinige Aufgabe des Ingenieurs oder Planers, eine Tiefgarage zu entwerfen. Immer öfter werden Architekten für die Gestaltung beigezogen», erklärt Doris Wälchli von Brauen Wälchli Architectes Lausanne. «Wir wollen angenehme Räume entwerfen, auch wenn keine Fassade existiert», begründet sie die zunehmende Rolle der Architekten im Untergrundbau. Die Sicherheit und ein nutzerfreundliches Parkieren stehen dabei im Vordergrund der von ihrem Architekturbüro geplanten drei Parkanlagen in Lausanne und Bussigny.

## Transparent und übersichtlich

Untergrundbauten werden dabei immer mehr zu architektonischen Objekten mit Wiedererkennungseffekt. Der Einsatz von gestalterischen Elementen, aber auch von Licht und Farben be-

In Zukunft werden immer mehr Bahnhöfe, Verkehrswege, Freizeiteinrichtungen und Einkaufszentren unter die Erde verschwinden, um Landressourcen an der Oberfläche zu sparen.

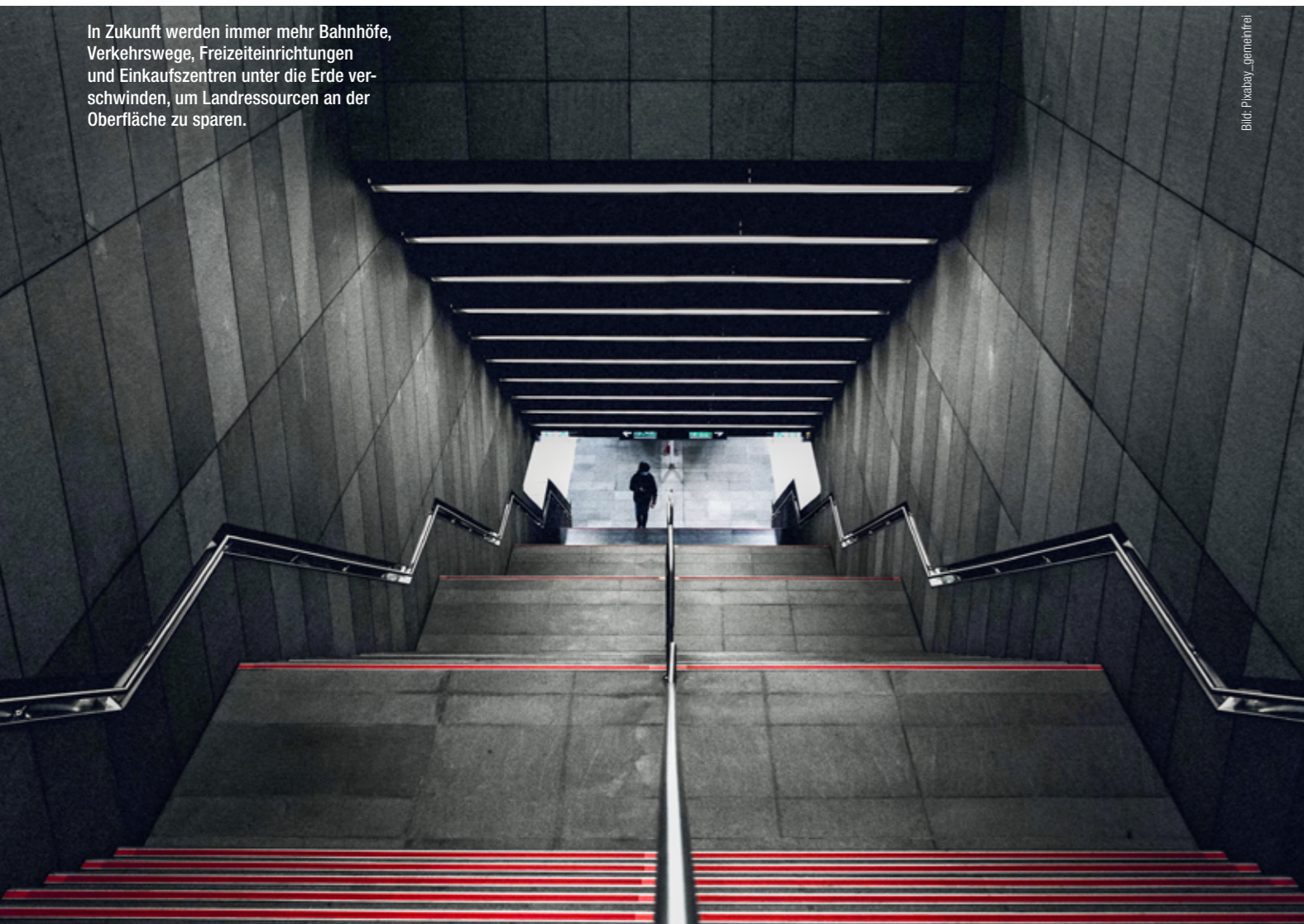


Bild: Pixabay, gemeinfrei



«RÉSO» in Montreal ist die grösste Untergrundstadt der Welt. Das 32 Kilometer lange Netzwerk verbindet Ladenpassagen, öffentliche Einrichtungen, Verkehrsmittel sowie Wohn- und Bürogebäude miteinander.

Bild: gemeinfrei





Bild: Rainer Sturm, Pivello.de

Parken im Untergrund: Grosszügige Rampen erleichtern die Einfahrt, eine gute Ausleuchtung und Signaletik sorgt für optimale Orientierung auf den Etagen.

einflusst das Empfinden und die Akzeptanz beim Nutzer. Auch ohne den natürlichen Lichteinfall erzeugen helle, übersichtliche Räumlichkeiten ein erhöhtes Sicherheitsempfinden. Werden sie mit farblichen Akzenten und Licht-Leitsystemen gekoppelt, fällt auch die Orientierung leicht.

Dies wurde auch im von 2001 bis 2002 realisierten «Parking du Centre Flon» in Lausanne angestrebt. Eine zweite Projektetappe schloss sich 2006 an. Die Parkgarage war einer der ersten Schritte für die Wiederbelebung des alten Lager- und Gewerbegebietes im Zentrum von Lausanne. Sie wurde im Aufschüttungsgebiet des Stadtbachs Flon zwischen zwei Häuserzeilen gebaut und verfügt über vier Etagen und 634 Parkfelder. «Durch die um 80 Grad zur Fahrbahn abgewinkelten Parkfelder wird mit verzogenen

Grundrisselementen gearbeitet, die Spannung in den Raum bringen und gleichzeitig Baukosten sparen», erklärt Doris Wälchli. Auch die Form der Stützen basiert auf ökonomischen Überlegungen. Der Stützenfuss weicht für die Parkfelder zurück und ermöglicht so mehr Fläche zum Parkieren. Die Stützen werden in Richtung der Unterzüge schlanker, sind hier statisch bedingt allerdings bedeutend breiter. Dies erzeugt einen zusätzlichen optischen Effekt im Raum. Eine Deckenspannweite von 17 Metern erlaubt zudem stützenfreies Parkieren innerhalb der Parkreihen und verbessert gleichzeitig die Sichtverhältnisse.

Die Umfassungsmauern werden wie innenliegende Fassaden behandelt. In den Aussenwänden sowie längs der Pfeilerreihen gebündelt wurde die Technik integriert, wobei Elemente, wie

die Einlassgitter der Lüftung mit Tangentiallicht plastisch inszeniert sind. Die weiss angelegten Oberflächen werden mit indirektem Licht angestrahlt. Die um 70 Grad gedrehten Leuchtstoffröhren erzeugen an die Decke besondere Lichteffekte. Zudem sorgen Treppenhäuser und Aufzüge mit grossflächigen Fensterfronten und Glastüren für eine geschossübergreifende Übersicht. Die gute Nutzung der Parkgarage veranlasste die Bauherren bereits nach zwei Jahren zu einem Ausbau der Anlage auf 910 Parkplätze.

Zwei weitere unterirdische Parkhausprojekte zur innerstädtischen Verdichtung wurden für ein neues Wohnquartier anstelle der Stallungen der Markthalle von Beaulieu und im Wohnquartier «En Jonchets» in Bussigny-près-Lausanne verwirklicht. Beide Ablagen werden natürlich be-

lüftet und durch den Einfall von Tageslicht aufgewertet.

### Herausforderung für Fachleute

Viel Erfahrung beim Bau von Parkgaragen hat der Geschäftsführer der Walt Galmarini AG, Gregorij Meleshko, aufzuweisen. «Früher war es der Normalfall, dass die Autos direkt vor der Tür parkieren konnten. Doch mit jedem Umbau oder Ersatzbau verschwinden diese nun nach und nach unter der Erde», berichtet der Bauingenieur. Auch für überirdische Parkhäuser ist in den Innenstädten eigentlich kein Platz mehr. Deshalb müssen oft komplizierte Lösungen gefunden werden, die auch die Projektkosten in die Höhe treiben. Besteht der Bedarf an Parkflächen, werden sie deshalb bevorzugt in den Untergrund gelegt. Die oft recht komplizierten Stahlbetonkonstruktionen werden dabei entsprechend den örtlichen Gegebenheiten und Wünschen der Bauherren ausgeführt. So sind auch unter dem 22-geschos-

sigen Andreasturm in Zürich-Oerlikon vier Untergeschosse zum Parkieren vorgesehen. 102 Parkplätze wünschte die Bauherrschaft. Im innerstädtischen, dicht bebauten Umfeld stand nur minimalster Raum für die Gründung zur Verfügung. «Die Lage und Aufteilung der Parkflächen in der Tiefgarage wird deshalb auf Basis der Kraftableitung des darüber liegenden Gebäudes realisiert und nicht nach dem optischen Aussehen», so Moleshko.

Auch beim Neubau des Kantonsspitals St. Gallen und des Ostschweizer Kinderspitals mussten Tiefgaragen eingeplant werden. Das Vorprojekt sah eine sechsstöckige Variante vor, die sich vollflächig vom Hochhaus-Neubau bis zum Kinderspital erstrecken sollte. Zur Kostenoptimierung fiel der Entscheid zugunsten einer sieben-geschossigen Variante mit zwei Erschliessungskernen und einer zentralen Zufahrtsrampe.

Bauen im Untergrund verursacht immer hohe Kosten. «Dennoch werden in Zukunft immer



«Für uns Ingenieure sind Tiefgaragen spannende Aufgaben, für die Bauherren aber nicht immer günstige Projekte.»

Gregorij Meleshko,  
Dipl. Ing. ETH SIA, Walt Galmarini AG



Bild: zuchoero - Fotolia

Hell, gut einsehbar und übersichtlich müssen Räumlichkeiten ohne natürlichen Lichteinfall gestaltet werden, um den Nutzern ein Gefühl von Sicherheit zu geben. Die differenzierte Farbgebung auf den Etagen erleichtert die einfache Orientierung beim Wiederfinden des Fahrzeugs.



Bild: Gabriele Distl

Komplizierte Bauverhältnisse erfordern spezielle Techniken: Beim Bau des Andreasturms kam beim Aushub der Teledipper Hitachi ZX350LC-3 zum Einsatz.

mehr Parkierungsanlagen in den Untergrund verschwinden», ist Meleshko überzeugt. Die Projekte müssen der jeweiligen ortsspezifischen Situation angepasst werden, da hohe Kräfte durch den Erddruck und den Wasserdruck auf die Bauteile einwirken. Dies verlangt nach Sonderlösungen. Zudem besteht die Gefahr, dass bei tiefen Baugruben die Nachbarbebauungen durch Setzungen in Mitleidenschaft gezogen werden. «Für uns Ingenieure sind es spannende Aufgaben, für die Bauherren nicht immer günstige Projekte.»

### Nässeschäden vermeiden

Bauen im Untergrund bedeutet immer, sich mit den Standortbedingungen intensiv auseinanderzusetzen. Nicht nur die Standsicherheit des Gebäudes, auch die dauerhafte Dichtigkeit des Betonbauwerks muss gewährleistet werden. Schutz- und Abdichtungsmassnahmen sind die Grundlage für Funktionstüchtigkeit und Lebensdauer der Bauwerke. «Oft scheitern Projekte bereits an Planungsfehlern. Im Mittelpunkt muss die Frage stehen: Wie hält man Wasser davon ab, dort einzudringen, wo es nicht hin soll?», betont Peter Weber, Leiter der Planer- und Bauherrenberatung der Sika Schweiz AG. «Der Beton kann nicht die komplette Abdichtung garantieren, es sind immer Zusatzsysteme nötig.» Deshalb seien eine fachgerechte Planung, Qualitätsprodukte sowie eine qualitativ hochwertige Ausführung die Basis für die optimale Funktionstüchtigkeit und Lebensdauer.

Typische Schäden in Tiefgaragen sind Durchfeuchtungen, stehendes Wasser, undichte Fugen sowie dadurch verursachte Abplatzungen und Ab-





Bild: Claudia Bertoldi

Bereits ab Baubeginn müssen die Bauwerksabdichtungen exakt vorgenommen und überprüft werden. Nachträgliche Arbeiten sind aufwendig und kostspielig.

lösungen an den Aussenwänden. Auch an den Geschossdecken sind oft wasserführende Trennrisse zu beobachten. Um Schäden durch ein- und austretendes Wasser zu vermeiden, werden verschiedene Technologien und Konzepte angewendet. «Grundlage ist die tragende Betonkonstruktion, ausgeführt als wasserundurchlässiger Beton. Zusammen mit den Abdichtungstechniken für Fugen und Durchdringungen ermöglicht die Kombination bei richtiger Planung eine Ausführung mit hoher Sicherheit», erklärt der Bauingenieur. Je nach Anforderungen und Nutzung kämen dabei auch Zusatzmassnahmen wie Frischbeton-Verbundabdichtungsfolien oder Flüssigkunststoffe zum Einsatz.

### Verschiedene Abdichtungssysteme

In der Norm SIA 272 werden die Systeme zur Bauwerksabdichtung von Betonkonstruktionen unterschieden:

- Bei der sogenannten «schwarzen Wanne» wird die Abdichtung durch Polymer-Dichtungsbahnen auf der Aussenseite des Gebäudes erreicht.
- Die Abdichtungsart «braune Wanne» besteht aus Tondichtungsbahnen. Sie kommt bei aufstauendem Sickerwasser und drückendem Wasser zur Anwendung und wird erdseitig an den aussenseitigen Betonbauteilen angebracht.
- Bei der «weissen Wanne» übernimmt der Beton gleichzeitig die tragende und abdichtungs-

technische Funktion. Bodenplatte und Wände werden als geschlossene Wanne aus Beton ausgeführt. Die Fugen und Durchdringungen werden mit Sonderbaustoffen abgedichtet.

- Bei der «gelben Wanne», die durch die Sika Schweiz AG eingeführt wurde, garantieren voll-

**Bei Bauwerken mit Wasserbelastung gilt es, keine Kompromisse einzugehen, denn Wasser ist kompromisslos.**

flächig aufgebrachte, hochflexible Abdichtungsbahnen auf Polyolefin-Basis die Abdichtung. Bei ausgebauten Räumen und Einbauten ergänzt die «gelbe Wanne» die «weisse Wanne», wenn ein direkter Zugang zur Betongrundkonstruktion der weissen Wanne nicht mehr oder nur unter erschwerten Bedingungen möglich ist.

Die «weisse und gelbe Wanne» sind die am häufigsten eingesetzten Systeme. Zusätzlich zu den erwähnten Abdichtungssystemen sind weitere Abdichtungsmassnahmen möglich, die durch die Nutzung erforderlich werden. So müssen Klärbecken, aber auch Innenbereiche von Produktionsanlagen oder Grossküchen, wo die Betonflächen mit Wasser oder Chemikalien in Berührung kommen, besonders geschützt werden. In Tiefgaragen werden die Betonoberflächen zusätzlich durch

Chloride beansprucht, die im Winter mit dem tauszahaltigen Wasser durch die Fahrzeuge auf die Fahrbahnen und Stellplätze gelangen. Sie verursachen grosse Schäden an der Bewehrung, die unter der Betonoberfläche oft erst spät erkannt werden. Die Sanierung verursacht dann hohe Kosten.

«Zufall und Glück haben nichts mit diesen technischen Ausführungen zu tun. Ein gutes Abdichtungskonzept mit klaren Details kann viele Schäden verhindern», betont Peter Weber. Geometrische einfache Formen würden dabei die Abdichtung erleichtern. Zudem müssen seitens der Bauherrschaft klare Nutzungs- und Schutzziele für das Bauwerk angegeben werden. Sie dienen als Grundlage für das Projekt inklusive der Ausführung und der Erstellung des Überwachungs- und Unterhaltsplans, verhindern im Nachhinein aber auch juristische Forderungen.

«Bei Bauwerken mit Wasserbelastung gilt es, keine Kompromisse einzugehen, denn Wasser ist kompromisslos», betont Weber. Die Projektierung und Ausführung von wasserdichten Betonkonstruktionen erfordere deshalb hohe Sach- und Materialkenntnisse. Dabei ist die optimale Wahl des Abdichtungskonzeptes von vielen Faktoren abhängig. Neben den Erstellungskosten der Abdichtung spielen der Unterhalt und die Sanierbarkeit eine entscheidende Rolle. Dies gilt sowohl für die eigentliche Grundwasserabdichtung wie auch für die Abdichtung von befahrbaren Flächen in Tiefgaragen und für Decken. ■

Innovationen für den Bau    Innovations pour le bâtiment    Innovazioni per l'edilizia

# ALBANESE®

www.albanese.ch

## Verankerungstechnik für einhäuptige Wände

Ihre innovative Schweizer Marke, die für Qualität und Sicherheit bürgt.



- Präziser Einbau unter exakt 45° und **garantierte Gebrauchslast!**
- Kein Abflexen der Verankerungsteile.
- Spannstab bleibt wiederverwendbar.
- Komplet, einteilig geliefert, **geeignet zum Taloschieren (Monobeton).**



Echtes Schweizer Fabrikat

erhältlich in den Dimensionen DW15, DW20 & DW26.5

Mit Schrägzapfen für Monobeton

Kompatibel mit allen Schalungssystemen



## Kombi V-Halter DW15, 20 oder 26.5

Schlicht das Sicherste, Schnellste, Einfachste und Günstigste

Maienriedweg 1a, CH-8408 Winterthur, Tel. 052 / 213 86 41, Fax. 052 / 213 73 59, info@albanese.ch

**ALL CONSULTING**



# ABABAU

## Die starke Branchensoftware für das Baugewerbe.

Mit der richtigen Software wird die Büroarbeit im Bauhaupt- und Baunebengewerbe effizient. Ob Hoch- oder Tiefbau, ob Neubau, Sanierung oder Umbau – AbaBau ist eine durchgängig integrierte Branchenlösung für Schweizer Bauunternehmen. Dank modularem Aufbau kann die Software nach Ihrem Bedarf konfiguriert werden. Wir bieten AbaBau auch als Cloud-Lösung aus der ALL CLOUD an.



ALL CONSULTING AG

9016 St.Gallen  
Schuppisstr. 10

www.all-consulting.ch  
info@all-consulting.ch

Telefon 0848 733 733  
ABACUS Gold-Partner



50280