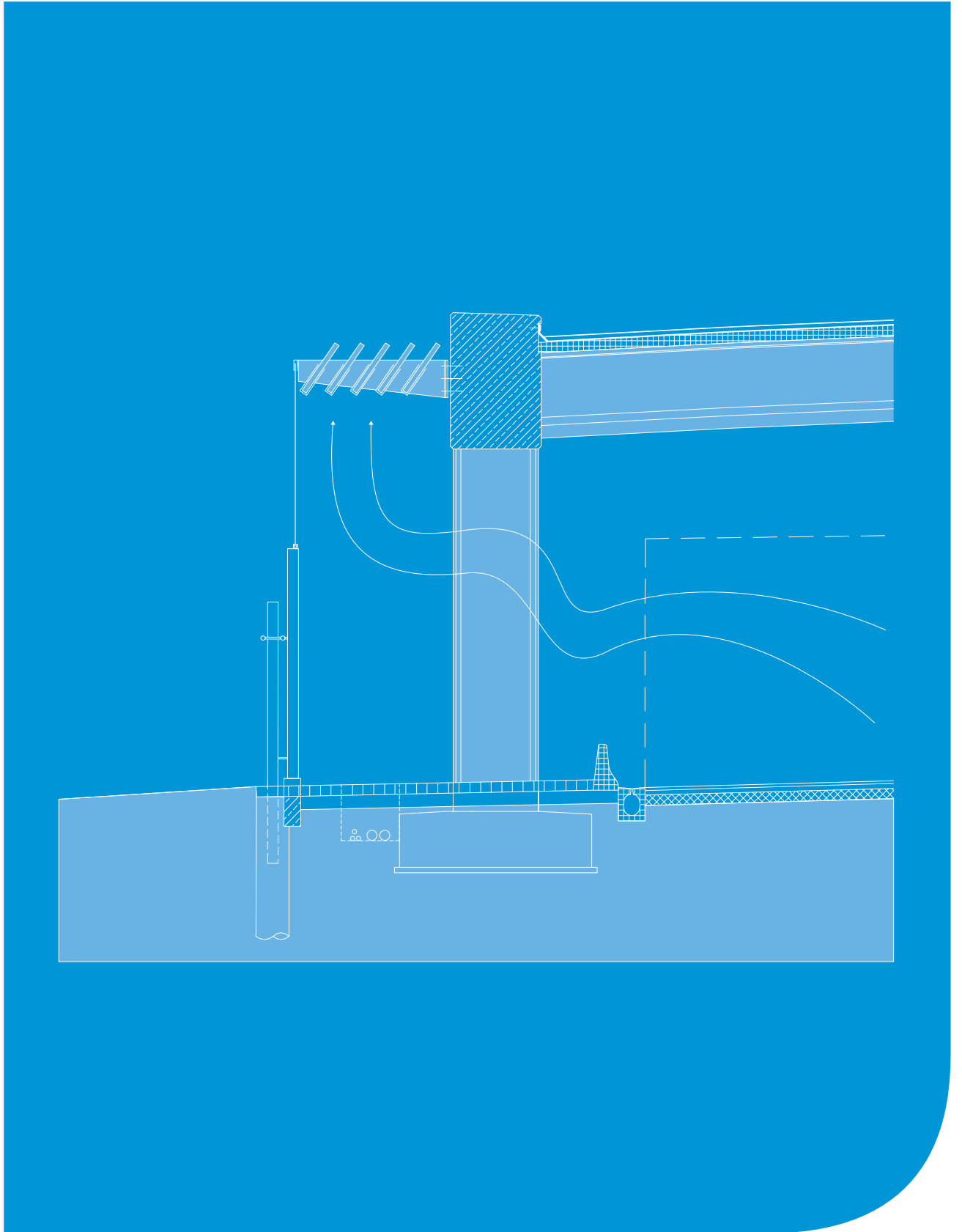


Systementwicklung
Leichte Lärmschutzeinhausung



Vorbemerkungen

Dem Lärmschutz kommt eine kosten- und insbesondere genehmigungsrelevante Bedeutsamkeit zu. Wesentliche bauliche Veränderungen von bestehenden Verkehrswegen oder der Bau von neuen sind mit dem Anspruch des Bürgers auf lärmindernde, vorrangig aktive Lärmschutzmaßnahmen zur Einhaltung der Geräusch-/Vorsorgengrenzwerte der 16.BImSchV verbunden.

Insbesondere in dichter besiedelten, suburbanen Einzugsgebieten von Ballungsräumen tritt die Schwierigkeit auf, dass der Verkehrsraum bei einer Erweiterung noch näher an die anstehende Bebauung rückt. Im Zuge z.B. des Ausbaus zu 8-streifigen Autobahnen erreichen die erforderlichen Anlagen bei der Umsetzung der Immissionsgrenzwerte (theoretische) Höhen von bis zu 12 m und mehr. Die Kosten steigen dabei überproportional zur Höhe an. Daneben sind diese Anlagen in der öffentlichen Diskussion aufgrund ihrer Trennwirkung innerhalb von Siedlungsgebieten und der erheblichen Beeinträchtigung des Landschaftsbildes nur sehr schwer vermittelbar.

Lärmschutzeinhausungen kommen aufgrund der sehr hohen Investitions- und Unterhaltungskosten nur als Ultima Ratio zum Einsatz, wenn alle anderen alternativen technischen Möglichkeiten zur Immissionsbegrenzung in Summe ausgeschöpft sind. In einer „Studie zu Weiterentwicklungen von Lärmschutzeinhausungen“* konnte aufgezeigt werden, dass alle bisher ausgeführten Sonderlösungen von Einhausungen kaum Einsparungen gegenüber einer konventionellen Tunnellösung bieten konnten. Das tunnelartig geschlossene, zweizellige Rahmenbauwerk in Massivbauweise, bestückt mit Strahlventilatoren, stellt bislang im Bau, Betrieb und Unterhalt die bis dato übliche Tunnel- bzw. Einhausungsvariante dar.



* „Studie zu Weiterentwicklungen von Lärmschutzeinhausungen“; Zentralstelle für Brücken- und Tunnelbau bei der Autobahndirektion Südbayern in Zusammenarbeit mit SSF Ingenieure; 06.2008



Leichte Einhausung - Konzept und Gestaltung

Die Studie geht in ihrer grundsätzlichen Konzeption von einer „leichten“ und transparenten Einhausung aus, die in geringen Abständen einen seitlichen Austritt ins „Freie“ erlaubt und im Brandfall größtmögliche Sicherheit bietet. Durch die vertikale Anordnung seitlicher Glasbänder soll der Bedarf an künstlicher Beleuchtung verringert werden. Die Anlage soll großzügig und leicht erscheinen, sie soll für den Betrachter nicht als Sichtbarriere wahrgenommen werden. Ein begrüntes Dach wirkt im Bereich hoher Nachbarbebauung angenehm und natürlich. Es bietet gegenüber versiegelten Dachflächen ökologische Vorteile. Mit dem im Folgenden beschriebenen Entwurfskonzept wird eine möglichst hohe Akzeptanz der Anwohner und Verkehrsteilnehmer bei größtmöglicher Schallwirksamkeit angestrebt.

Systementwicklung

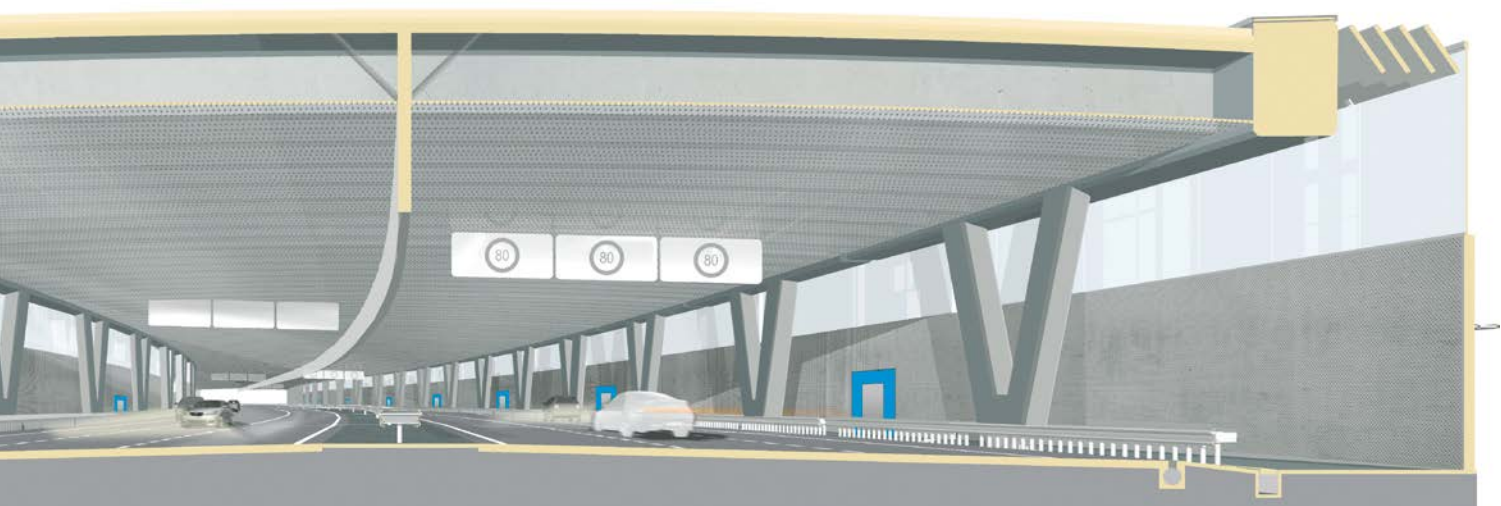
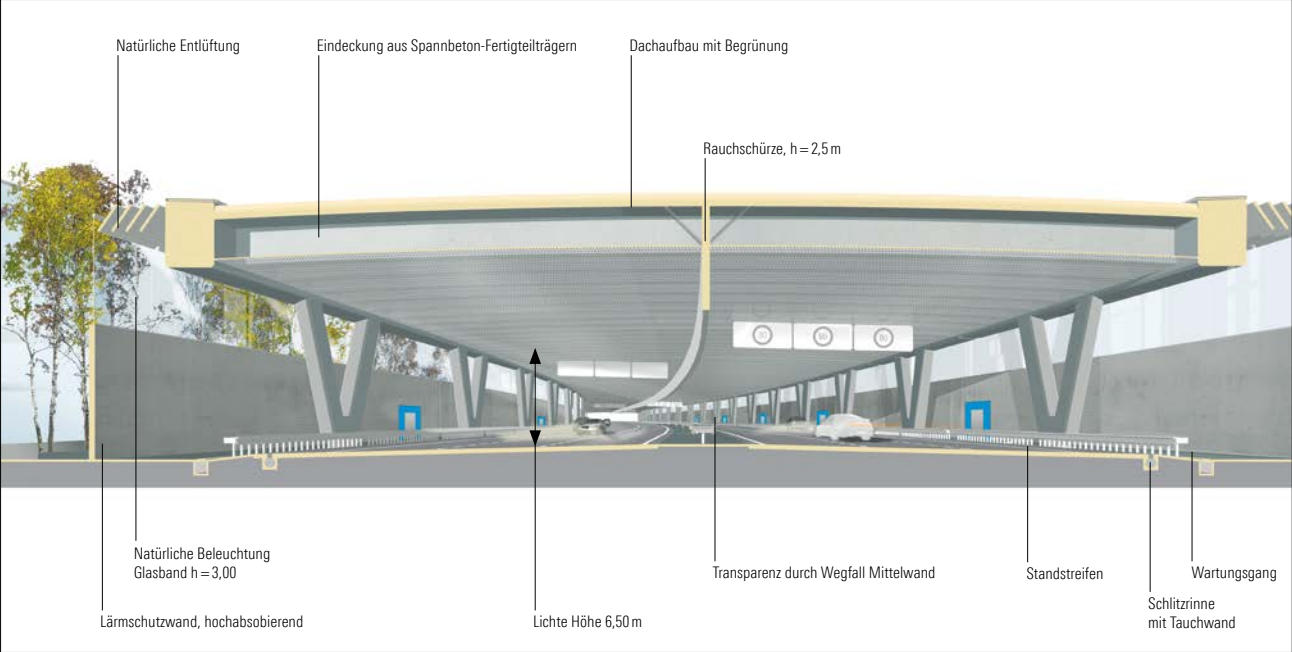
Das modulare Einhausungssystem besteht aus dem vertikalen Tragwerk, welches in Form von massiven Stützen und obenliegenden Längsrandbalken lediglich entlang der Fahrbahnaußenränder

im Schutz entsprechender Aufhaltevorrichtungen angeordnet wird. Trennende Unterstützkonstruktionen im Mittelstreifenbereich werden grundsätzlich vermieden. Das horizontale (Dach-)Tragwerk wird aus im Spannbeton hergestellten Fertigteil-Spannbetonbindern und darauf aufgelegten Betonfertigteilen gebildet und über eine Ortbetonergänzung zu einer geschlossenen Deckenscheibe ergänzt. Die Träger binden in die beiden äußeren Randbalken des vertikalen Tragsystems entweder rahmenartig monolithisch ein oder werden auf den Randbalken einfach als Einfeldträgersystem aufgelegt. Die lichte Höhe der Einhausung wird so gewählt, dass Beschilderung und Vorwegweisung untergebracht werden kann.

Rechts: Visualisierung – Darstellung der einzelnen konstruktiven Elemente

Unten: Visualisierung – Regelquerschnitt





Außenseitig wird die Decke konstruktiv als Dach mit extensiver Begrünung ausgebildet. Auf eine Unterstützung im Mittelstreifen wird im Gegensatz zu den bisher bekannten Einhausungskonzepten bewusst verzichtet, um mit einer großzügigen Öffnung der Charakteristik der freien Strecke nahe zu kommen, die Beeinträchtigung des Verkehrs während der Bauarbeiten auf ein Mindestmaß zu reduzieren und die Sichtbeziehung im Nutzeralltag möglichst wenig einzuschränken. Darüber hinaus bietet dieses großzügige Konzept auch Vorzüge bei der Rettung und Entfluchtung.

Den seitlichen Lärmschutz-Abschluss der Leichten Einhausung bilden von den Fahrbahnrändern abgerückte, separat gegründete und vom System der Leichten Einhausung unabhängige Lärmschutzwände mit hochabsorbierenden Wandoberflächen. Den oberen Abschluß dieser Lärmschutzwände wird über rd. 3 m hohe Glasbänder realisiert. Schallemissionen werden somit von den Glasbändern zurückgehalten und von den Lärmschutzwänden absorbiert. Das Abrücken der bereits nahezu im Freien stehenden und dadurch hell wirkenden, außen berankten Lärmschutzwände

unterstreicht die visuelle Großzügigkeit der Anlage. Die Glasbänder versorgen die Leichte Einhausung mit natürlichem Licht, so dass die Installation zusätzlicher Tageslichtbeleuchtung gänzlich entfallen bzw. auf ein Mindestmaß reduziert werden kann. Zwischen dem horizontalen Einhausungsdach und den vorgesetzten Lärmschutzwänden werden als oberer Abschluss der Einhausung schräg stehende Lüftungslamellen mit hochabsorbierenden Aluminiumpaneelen (oder alternativ gefertigt als UHPC-Betonfertigteile mit Einkornbeton-Vorsatzschale) vorgesehen.

Diese parallel zur Straße durchgängig angeordneten Lüftungsschlitze im Dach ermöglichen auf einfache bauliche Weise eine natürliche Be- und Entlüftung und sorgen für einen effizienten Rauchabzug im Brandfall. Die Entwässerung der Fahrbahnen innerhalb der Einhausung erfolgt nach RABT mittels Schlitzrinnen.

Schalltechnische Wirksamkeit

An einem 25 m von der Fahrbahn entfernt in 4 m Höhe gelegenen Immissionsstandort soll die angestrebte Minderung der Beurtei-



lungspegels durch die Einhausung 20 bis 25 dB(A) betragen. Dies wurde an erstellten Einhausungen mit seitlichem Lüftungsschlitz ähnlicher Bauweise bereits nachgewiesen. Die schalltechnische Wirksamkeit der Leichten Einhausung ist naturgemäß an den konkreten, projektspezifischen Randbedingungen zu untersuchen. Die Leichte Einhausung ist aber in besonderem Maße geeignet für Einschnittslagen in dicht besiedelten Bereichen oder für Verkehrswege mit hoher Bebauung in geringem Abstand zur Schallquelle, da damit (im Gegensatz zu Lärmschutzwänden) auch noch ausreichender Lärmschutz der oberen Geschosse gewährt werden kann. Grundsätzlich sind bis auf die hochabsorbierenden Lärmschutzwände keine weiteren besonderen Maßnahmen im Einhausungsinnenraum zur Minimierung des Schallinnenpegels vorgesehen.

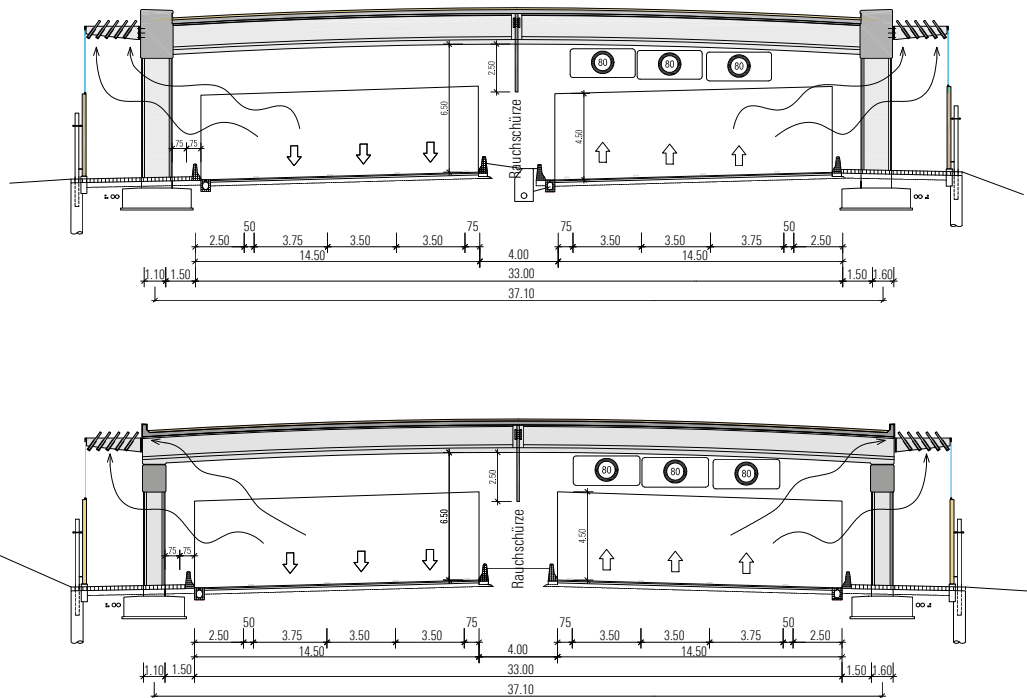
Leichte Einhausung - RQ 36

Anhand der angenommenen Einhausung eines 6-streifigen BAB-Querschnittes mit RQ 36 wird nachfolgend die Konstruktion dieses Konzeptes näher erläutert.

Links: Visualisierung – Außenansicht – Gestaltungsvariante

Rechts: Visualisierung – Innenansicht – Gestaltungsvariante Stützenstellung





Konstruktion

In Abständen von im Regelfall rd. 15–20 m stehen (z.B.) V-förmige Stützenpaare, die je nach Geologie flach oder auf Bohrpfählen gegründet werden. Die Rund- oder Rechteckstützen werden vorzugsweise aus Stahlbeton mit Abmessungen von 1,10 bis 1,60 m ausgeführt.

Auf den Stützen werden Randbalken vorgesehen, in die die Dachbinder für die Variante Rahmenbauwerk monolithisch einbinden. Bei der alternativen Querschnittsvariante werden die Dachbinder direkt als Einfeldträger darauf abgelegt. Die Randbalkenabmessungen h/b betragen je nach Ausführungsvariante konzeptionell zwischen 1,40/1,20 m und 1,80/2,20 m. Die Dachbinder der Leichten Einhausung sind als doppel-T-förmige Fertigteilträger in Spannbetonbauweise mit Vorspannung im Spannbett vorgese-

hen. Die konstante Konstruktionshöhe beträgt für einen RQ 36 – Autobahnquerschnitt mit Spannweiten von 37,10 bis 37,60 m und einem Verlegeraster von 4,50 und 5,00 m konzeptionell rd. 1,40 m bis 1,60 m.

Die Schlankheit der Träger in Verbindung mit den 20 cm dicken Betonfertigteilen beträgt $h_k / I_{St} = 1/21$ bzw. $1/23$. Das Gewicht der Dachbinder ist aufgrund der doppel-T-förmigen Querschnittsprofilierung minimiert und mit baustellenüblichem Krangerät gut montierbar. Aufgrund der geringen Nutzlasten reagieren die Träger während der Lagerung und des Transportes gutmütig. Die Vorspannung ist nahezu exakt auf deren Eigengewicht ausgelegt. Die beiden Querschnittsvarianten (aufgelegte Einfeldträger bzw. Rahmenausbildung) der Leichten Einhausung sind in ihrer Modulari-



tät sehr gut miteinander kombinierbar. Insbesondere im Bereich von Aus- oder Einfädelungsspuren ergeben sich aus den Abbiege-/Einfahrtsbeziehungen größere stützenfreie Entwicklungslängen für die Randbalken, die mit einer rahmenartigen Bauweise in Quer- und Längsrichtung sehr wirtschaftlich herstellbar sind.

Seitliche Lärmschutzwände

Den unteren Lärmschuttwandbereich bilden massive Beton- Fertigteileplatten mit fahrbahnseitig hochabsorbierender Verkleidung (Alupaneele oder Einkornbeton-Vorsatzschalen).

Die einzelnen z.B. 3 m breiten Wandelemente schließen punktförmig an horizontal verlaufende Doppelrohre als Vierendeelträger an. Diese spannen über 6 m und binden in vertikale Stahlrohr-

pfosten an, die landschaftsseitig angeordnet sind. Die Gründung der Pfosten erfolgt mit Ramm- oder Bohrpfehlgründung. Pfosten und Doppelrohr strukturieren als Gestaltungselemente die Sichtbetonwand. Optional können noch zusätzlich Rankhilfen ergänzt werden.

Links oben: Beispiel Regelquerschnitt Leichte Einhausung, Systematik Spannbeton-Fertigteilebinder, monolithisch in Ortbeton-Längsbalken einbindend, BAB mit Sägezahnprofil und geschlossener Entwässerungseinrichtung (Schlitzrinne mit Tauchwand)

Links unten: Beispiel Regelquerschnitt Leichte Einhausung, Systematik Spannbeton-Fertigteilebinder, auf Ortbeton-Längsbalken aufgelegt, BAB mit Dachprofil und geschlossener Entwässerungseinrichtung (Schlitzrinne mit Tauchwand)

Rechts: Visualisierung – Innenansicht ohne Mitteltrennwand, mit abgehängter Rauchschräge

Die oberen Glasbänder der Lärmschutzwände bestehen aus ca. 3,0m hohen Verbundglasscheiben aus ESG, die an ihrem unteren Rand auf den Betonwandelementen über Klemmleistenprofile befestigt werden. Die Fixierung am oberen Rand erfolgt über Stahlprofile, die über Stahlschwerter im Bereich der Lamellenbefestigung horizontal an den Randbalken bzw. den Stirnseiten der Dachbinder der Leichten Einhausung anbinden.

Auf vertikale Strukturen einer sichtbaren Unterkonstruktion wird bewusst verzichtet, um in der Ansicht eine gestreckte Wirkung zu erzeugen. Eine Sichtbeziehung durch die Einhausung hindurch ist möglich. Vögel nehmen das Glasband anhand dezenter schwarzer Siebdruckstreifen wahr.

Verkehrsraum

Der für die Strecke charakteristische Regelquerschnitt RQ 36 wird nahezu ungestört durch die Einhausung hindurch geführt. Die lichte Höhe beträgt rd. 6,50m, um Verkehrs- bzw. Wechselverkehrszeichen über der Fahrbahn vorsehen zu können und eine

ausreichende Durchflutung der Anlage mit Tageslicht herbeizuführen. In Anlehnung an die Richtlinien für die wegweisende Beschilderung auf Autobahnen, RWBA 2000, kann ein Anheben der Decke erforderlich werden, um u. U. sehr hohe Weg- bzw. Vorwegweiser installieren zu können. Die Mehrzahl der Schilder kann jedoch in dem vorgeschlagenen Beschilderungsraum untergebracht werden.

Rechts (links): Detailsicht Leichte Einhausung, Systematik Spannbeton-Fertigteilbinder, monolithisch in Ortbeton-Längsbalken einbindend

Rechts (rechts): Detailsicht Leichte Einhausung, Systematik Spannbeton-Fertigteilbinder, auf Ortbeton-Längsbalken aufgelegt

Visualisierung – zentrale Innenansicht



Beleuchtung

Die Auslegung der Einsichtstreckenbeleuchtung und der Innenstreckenbeleuchtung ergibt sich nach der RABT. Bei kurzen Einhausungen kann auf eine Einsichtstreckenbeleuchtung verzichtet werden; die Tunnelinnenstrecke wird tagsüber durch das seitlich einfallende natürliche Licht ausgeleuchtet. Eine Nachtbeleuchtung für einen Mindestwert von $0,5 \text{ cd} / \text{m}^2$ ist vorzuhalten.

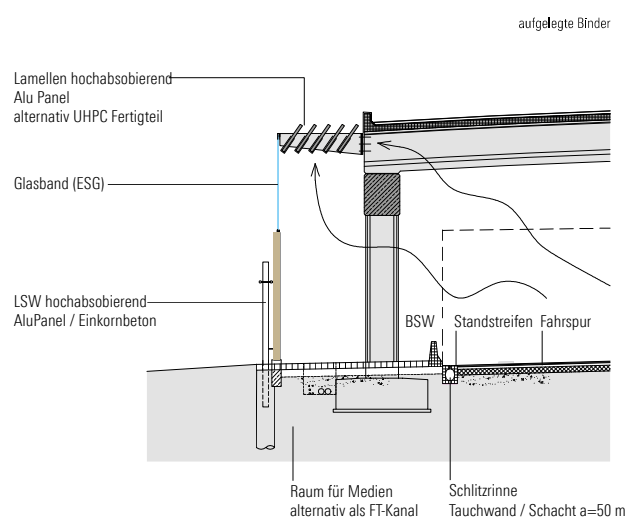
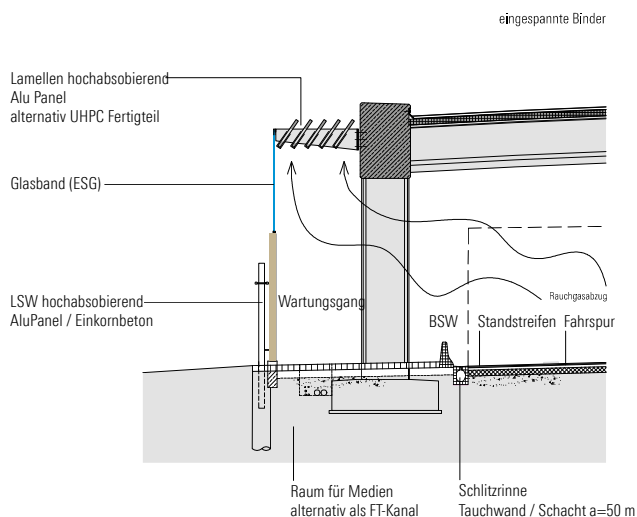
Der seitliche Tageslichteinfall wird die erforderliche Einsichtstreckenbeleuchtung nur bei relativ schmalen Einhausungen ersetzen. Bei Einhausungen für den RQ 36 ist davon auszugehen, dass das seitlich einfallende Tageslicht nicht gänzlich ausreicht. Im Vergleich zu seitlich geschlossenen Einhausungen ist jedoch von entsprechenden Einsparungen auszugehen, da bei relativ geringen Außenleuchtdichten die Einsichtstreckenbeleuchtung zumindest ausgeschaltet werden kann.

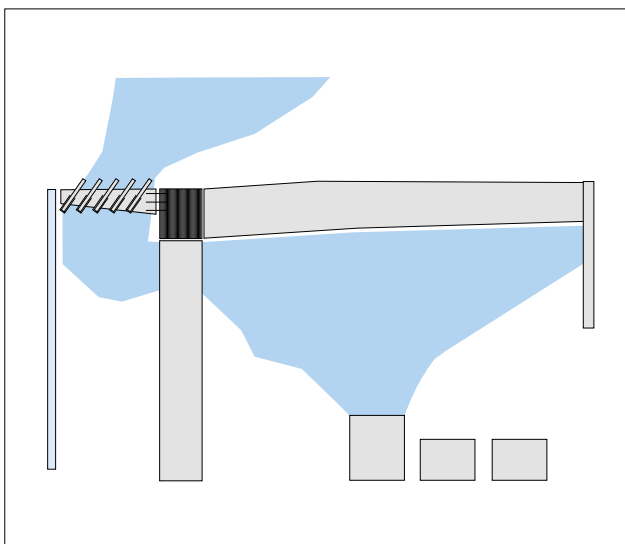
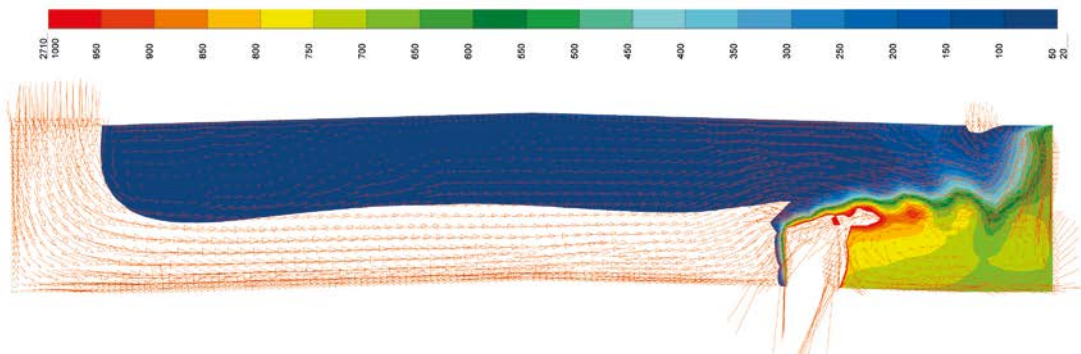
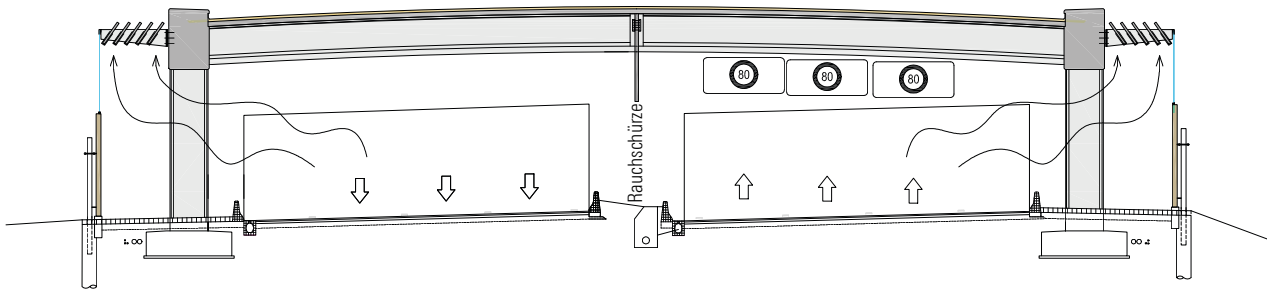
Die Erfordernis bzw. Konzeption der Einsichtstreckenbeleuchtungen ist projektbezogen auf Basis der RABT festzulegen.

Lüftung / Entrauchung

Die Zuluftversorgung eines Tunnels ist in Abhängigkeit der verschiedenen Verkehrszustände und der zulässigen Grenzwerte der Luftschadstoffe CO und Partikel zu ermitteln. Bei der Systementwicklung Leichte Einhausung mit den beiden parallel zur Trasse durchgängig seitlichen Dachöffnungen über Lamellen kann davon ausgegangen werden, dass auf Lüftungsanlagen für den Regelbetrieb verzichtet werden kann. Der vorhandene natürliche Luftabzug über die großzügigen Öffnungen – bei Richtungsverkehr die so genannte Kolbenwirkung – verhindert eine Konzentration von Schadstoffemissionen.

Die Konzeption der Leichten Einhausung mit den seitlich offenen Lamellenkonstruktionen vermindert deutlich das Risiko einer Rauchgasausbreitung in den Innenraum. Bei der Querschnittsvariante mit auf den Randbalken aufgelegten (Einfeldträger-) Bindern und dazwischenliegenden Öffnungen für direkten Rauchabzug ohne Hindernis (durch Randbalken) kann auf brandspezifische Sicherheitsausrüstung wie Lüftungseinrichtungen, Detektionssys-





teme, Notausgänge und vor den Portalen angeordnete Tunnel-sperreinrichtungen im Regelfall komplett verzichtet werden.

Im Brandfall hängt das Lüftungskonzept wesentlich von der Tunnel-länge ab. Tunnelanlagen bis zu 400 m Länge kommen auch im Brandfall mit natürlicher Lüftung aus. Entsprechend der RABT ist für alle Tunnel ab 400 m eine Risikoanalyse durchzuführen. Diese soll aufzeigen, ob zur Gewährleistung der Sicherheit für die Tunnelbenutzer bzw. die Einsatzkräfte zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen und/oder eine Aufrüstung erforderlich sind. Die Risikoanalyse ist grundsätzlich in einem gesonderten Gutachten durchzuführen, da hier immer projektspezifische Daten zu berücksichtigen sind. Eine bereits für die Systementwicklung durchgeführte rechnerische Simulation eines Brandereignisses zeigt, dass in unmittelbarer Nähe dieses Ereignisses die Temperaturen



bis auf eine Höhe von 2 m nicht über 50 Grad Celsius ansteigen. Der heiße Rauch zieht sofort nach oben ab. Die Entfluchtung des Tunnels geschieht relativ einfach durch Türen ins Freie. Der ca. 3,30-fach größere Querschnitt dieses Systems gegenüber einer konventionellen Tunnelröhre bietet darüber hinaus hohe Sicherheitsreserven, da nicht die gleiche hohe Anreicherung der Luft mit schädlichen Rauchgasen zu erwarten ist.

Verwirbelungen bzw. die Simulation einer vorherrschenden Luftströmung innerhalb der Einhausung, die sich u.U. ungünstig auf die Verbreitung des Rauches auswirken, konnten bei dieser ersten zweidimensionalen Betrachtung noch nicht berücksichtigt werden. Für eine fiktiv 2 km lange „Leichte Einhausung“ mit der Querschnittsvariante „Rahmenbauwerk“ für eine sechsstreifige Autobahn wurde eine dreidimensionale Strömungssimulation zur

Verifizierung der stationären Analyse und zur verlässlichen Vorhersage der Brandausbreitung, Rauchentwicklung und Lüftungstechnischen Auslegung durchgeführt. Ansatz hierfür war die Annahme eines 50 MW Modellbrandes auf einem Fahrstreifen und einer fiktiv vorherrschenden Luftströmung mit einer Geschwindigkeit von 3 m/s.

Links oben: Stationäre 2D-Simulation – Brandereignis am Einhausungsquerschnitt; farbige Flächen beginnend mit blau liegen über 50° C Lufttemperatur; oben zur Verdeutlichung der Geometrie: Regelquerschnitt im gleichen Maßstab

Links unten: Simulation Verteilung der Rauchgase nach 200 s im Querschnitt (Querschnitt: Darstellung einer Fahrbahn bis zur Rauchschürze)

Rechts: Visualisierung – Innenansicht – V-Stützen mit Längsbalken und Querbinder, V-Stützen im Muldenbereich angeordnet, Vorstudie

Im Ergebnis dieser Simulationen kann auf zusätzliche Belüftungsanlagen verzichtet werden, wenn im Bereich des Mittelstreifens eine stationäre Rauchschräge im Deckenbereich vorgesehen wird. Diese abgehängte Rauchschräge verhindert die Ausbreitung von Rauchgasen auf die Gegenfahrbahn bzw. minimiert die Konzentration auf ein unbedenkliches Maß. Für die Art der Ausführung dieser ca. 2,5 m hohen Schräge wären z.B. dünnwandige Massivfertigteile aus UHPC denkbar.

Es konnte nachgewiesen werden, dass sich der Rauch kaum auf die Gegenfahrbahn ausdehnt und zudem der zur wirksamen Entfluchtung der Einhausung wichtige Höhenbereich der ersten 2 m bezüglich Sichtfreiheit und Schadstoffkonzentrationen ausreichend wenig Beeinträchtigungen erfährt.

Die Fluchtwegesituation ist bei der konzipierten Systementwicklung besonders günstig. Die kurzen Fluchtwegabstände können ohne großen Kostenaufwand projektbezogen innerhalb der systemoffenen Lärmschutzwände weiter verkürzt werden.

Die konzipierte Einhausungskonstruktion erlaubt erhebliche Einsparungen bei den Lüftungsanlagen bis hin zu deren Wegfall und ermöglicht mit Blick auf die unproblematische und sehr variable Anordnung von Fluchttüren in den systemunabhängigen Lärmschutzwänden ein Sicherheitsgewinn gegenüber geschlossenen Tunnelanlagen.

Verkehrstechnische Einrichtungen

Die Grundausrüstung, die im Wesentlichen aus statischen Verkehrszeichen und einigen Wechselverkehrszeichen besteht, ist auch für die Leichte Einhausung maßgebend. Wechselverkehrszeichen sind ohnehin bereits standardmäßig an den meisten stark befahrenen Autobahnabschnitten installiert. Eine Verkehrssteuerungsanlage ist bei Betrieb von Wechselverkehrszeichen ohnehin erforderlich.

Sicherheitseinrichtungen für den Verkehr

Standstreifen sind durchgängig vorhanden, Pannengebiete eröffnen sich. Die seitlichen Bereiche hinter den Betongleitwänden bzw. hinter dem vertikalen Tragsystem der Stützen bis zu den abgerückten Lärmschutzwänden können als eingeschränkter Betriebsweg zu Unterhalts- und Inspektionszwecken und bei Unfall bzw. Brandfall als Flucht- und Rettungsweg genutzt werden.

In den Lärmschutzwänden werden diesbezüglich in Abständen von 50 m Fluchttüren vorgeschlagen. Die Installation von Not-

rufstationen ist nur bedingt erforderlich, zumindest wird die Ausbildung von geschlossenen Notrufkabinen nur in Ausnahmefällen erforderlich sein. Notrufsäulen können unproblematisch hinter den Betongleitwänden unabhängig vom System der Einhausung installiert werden.

Die Einrichtung von Tunnelfunkanlagen ist nur dann notwendig, wenn der Empfang innerhalb der Einhausung stark beeinträchtigt ist. Bei der Konstruktionsart der Leichten Einhausung kommt es jedoch zu einer deutlich geringeren Abschirmwirkung der HF-Signale, so dass auf den Einsatz einer Tunnelfunkanlage evtl. verzichtet werden kann.

Der erforderliche Einsatz von Videosystemen ist projektbezogen auf Basis der RABT zu beurteilen. Üblicherweise sind gemäß RABT Tunnelanlagen, die mit Videoanlagen überwacht werden, mit Lautsprechern im Tunnel und an den Tunnelportalen auszurüsten. Manuelle Brandmeldeeinrichtungen sind in Einhausungsprojekten mit Längen unter 400 m anzuordnen. Bei Tunneln von mehr als 400 m bzw. bei Tunnelanlagen mit mechanischer Lüftung sollen automatische Brandmeldeeinrichtungen vorgesehen werden.

Der Einsatz von Handfeuerlöschern ist nur dann sinnvoll, wenn Notrufstationen (Notrufkabinen) vorhanden sind, in allen anderen Fällen können die Handfeuerlöscher entfallen. Eine Löschwasserversorgung ist bei der Leichten Einhausung nicht im selben Umfang wie bei einer Tunnelanlage notwendig. Eine Brandbekämpfung ist immerhin auch über die in Abständen von 50 m angeordneten Fluchttüren und über den zwischen den Lärmschutzwänden und den Stützen vorhandenen Raum möglich. Die Erfordernis ist in Einzelfällen projektbezogen zu beurteilen. Der Einsatz einer Orientierungsbeleuchtung und Fluchtwegkennzeichnung gemäß RABT ist sinnvoll.

Zentrale Anlagen

Betriebsräume

Ein relativ kleiner Betriebsraum zur Unterbringung der u. U. erforderlichen Steuerungsanlagen und einer unabhängigen Stromversorgung ist grundsätzlich vorzuhalten.

Entwässerung

Regelkonform mit der RABT erfolgt die Entwässerung der Fahrbahnen über Schlitzrinnen mit Tauchwänden als geschlossenes Entwässerungssystem.

Übersicht Betriebstechnische Ausstattung

Regelungen für einen 2 km langen Tunnel bzw. unsere Empfehlungen für die „Leichte Lärmschutzeinhausung“ in Anlehnung an Tabelle 12, RABT:

- grundsätzlich erforderlich
- Abstufung:**
- in besonderem Maße erforderlich
- in geringerem Umfang erforderlich
- nur in untergeordnetem Maße erforderlich

Ausstattung, Sicherheitsanlagen		konventioneller Tunnel	Leichte Lärmschutzeinhausung
Beleuchtung	Gegenstrahl-/Durchfahrtsbeleuchtung, Beleuchtungsregelungsanlagen	•••	•
Lüftung		•••	•
Verkehrstechnische Einrichtungen	Grundausstattung wie VZ und WVZ	•••	••
Zentrale Anlagen	Betriebsräume	•••	••
	Stromversorgung (USV-Anlage)	•••	••
	Entwässerung Schlitzrinne	•••	••
	Steuerung	•••	••
Bauliche Anlagen	Seitenstreifen	••	vorhanden
	Nothalte- und Pannenbuchten	••	vorhanden
	Wendebuchten	•	
	Fluchttüren	•••	••
	Notgehwege	•••	••
	Höhenkontrolle	•••	••
	Schrankenanlagen Tunnelenden	•••	••
Kommunikationseinrichtungen	Notrufstationen	•••	••
	Videoüberwachung einzelsteuerbar	•••	•••
	Tunnelfunk (BOS-Funk)	•••	••
	Lautsprecheranlagen	•••	•••
Brandmeldeanlagen	manuelle Brandmeldeeinrichtungen	•••	••
	automatische Brandmeldeeinrichtungen	•••	••
	Handfeuerlöscher (neben Fluchttüren)	•••	••
	Löschwasserversorgung, Hydranten	•••	••
	mechanische Längslüftung/Entrauchung	•••	••
Kennzeichnung, Orientierung	Fluchtweg-Kennzeichnung	•••	••
	Orientierungsbeleuchtung	•••	••
	Blitzleuchten an Fluchttüren mit Aktivierung Videokamera	•••	•
	visuelle Leiteinrichtungen LED Regelbetrieb	•••	•
	visuelle Leiteinrichtungen LED Selbstrettung, Ereignisfall	•••	••

Die konventionelle Art der Einhausung erfordert einen deutlich höheren Grad an betriebs- und sicherheitstechnischer Ausrüstung als die Systementwicklung Leichte Einhausung.

Entsprechend höher liegen sowohl die Erstinvestitionskosten als auch die Betriebs- und Unterhaltskosten für tunnelbetriebs- und sicherheitstechnische Ausrüstungen!



Stromversorgung

Für die Leichte Einhausung ist eine Versorgung mit elektrischer Energie sicherzustellen.

Steuerung

Die Erfordernis und der Umfang von Steuerungseinheiten für eine Leichte Einhausung ist projektbezogen in Absprache mit den zuständigen Autobahnbetriebsstellen festzulegen.

Herstellung, Bauzeit

Nach dem Ausbau der (bestehenden) Richtungsfahrbahnen werden lediglich die Standstreifen gesperrt, die neuen äußeren Fahrstreifen werden für den Verkehr noch nicht freigegeben. Bei einer uneingeschränkten Verkehrsführung von z.B. 2 + 2 ist lediglich im Baustellenbereich die zulässige Höchstgeschwindigkeit zu

beschränken. Nach dem Einbau der je nach Geologie erforderlichen Tiefgründung bzw. Fundamente erfolgt die Herstellung der Stützen gleichermaßen innerhalb dieser Verkehrsführung. Das Einheben der Deckenträger erfordert die Umlegung des Verkehrs auf eine der beiden Richtungsfahrbahnen (RiFa) mit der Verkehrsführung 4 + 0. Der Antransport der Träger und das Positionieren des Hebeegerätes erfolgt auf der zweiten RiFa. Das Einheben der Träger erfolgt kontinuierlich und unter Verkehr. Hierfür ist der Verkehrsraum im Einbaubereich durch ein ca. 20–30 m langes verkehrsfähiges Schutzgerüst zu sichern. Nach dem Einheben und dem Lagesichern der Spannbetonbinder werden nachlaufend die Betonfertigteilplatten zwischen den Bindern aufgelegt, so dass eine dichte Deckenebene entsteht. Anschließend erfolgt das Ausbetonieren der Verfußbereiche bzw. die Ortbetonergänzung.



Nach Aufbringen der Abdichtung folgen Restarbeiten wie das Ergänzen des Gründachaufbaus und der Attikaabdeckung. Die Herstellung der seitlichen Lärmschutzwände mit Installation der Glasbänder kann innerhalb der Verkehrsführungsphasen 3+2 bzw. 2+2 oder 4+0 erfolgen.

Für den Rohbau einer 2 km langen Leichten Einhausung wird eine Bauzeit von ca. 13 Monaten veranschlagt.

Oben: Visualisierung – Außenansicht / Dachbegrünung und Solaranlage
Rechts: Visualisierung – Variante UHPC-Betonfertigteile mit Einkornbeton-Vorsatzschale





Zusammenfassung / Vorteile

- Die Leichte Einhausung bietet wirtschaftliche Vorteile bei der Herstellung der baulichen Anlagen als auch bei der Tunnelbetriebstechnik.
- Die Aufwendungen für Betrieb der verkehrstechnischen und insbesondere sicherheitstechnischen Ausstattung sind im Vergleich zu den üblichen Einhausungssystemen vergleichsweise günstig.
- Die Leichte Einhausung bietet gegenüber massiven Tunnellösungen deutliche gestalterische Vorteile sowohl in der Außen als auch Innenwirkung.
- Die Autobahn wird ohne einengende Tunnelwirkung nahezu ohne Zäsur durch die Einhausung geführt. Eine trennende Mittelwand ist nicht notwendig.
- Auf den Verkehrsteilnehmer wirkt die Leichte Einhausung wesentlich weniger beengend als eine konventionelle Tunnellösung.
- Systemunabhängige Lärmschutzwände sorgen für hohe Variabilität in der Ausführung.
- Fluchtwegetüren innerhalb der seitlichen Lärmschutzwände sind beliebig ohne großen Aufwand modular herstellbar.
- Ausreichende Tageslichtbeleuchtung über Lichtbänder oberhalb der Lärmschutzwände machen visuelle LED-Leiteinrichtungen im Regelbetrieb überflüssig.
- Seitliche Glasbänder minimieren den Beleuchtungsaufwand und kommunizieren Transparenz.
- Kosten für die Auswechslung von Glasscheiben, für die Erneuerung von Verfugungen oder für die Säuberung der Glasscheiben, die bei Ausbildung von transparenten Dachflächen in besonderem Maße anfallen, lassen sich bei der Konzeption der außenstehenden Lärmschutzwände mit durchgehenden Glasbändern erheblich minimieren.
- Standstreifen sind durchgängig vorhanden, Pannenbuchten erübrigen sich wie sonst bei üblichen Systemen.
- Die Installation von Notrufstationen ist nur bedingt erforderlich, zumindest wird die Ausbildung von geschlossenen Notrufräumen nur in Ausnahmefällen erforderlich sein.
- Die Einrichtung von Tunnelfunkanlagen ist nur dann notwendig, wenn der Empfang innerhalb der Einhausung stark beeinträchtigt ist. Mit Blick auf die geöffnete Konstruktion und der großen Querschnittsöffnung der Leichten Einhausung wird es zu einer deutlich geringeren Abschirmwirkung der HF-Signale kommen.
- Lüftungsbänder sorgen für natürliche Belüftung und Möglichkeiten der Entrauchung ohne zusätzliche technische Einrichtungen.
- Die Konstruktion bietet mit der Möglichkeit einer extensiven Dachbegründung ökologische Vorteile und eine hohe Akzeptanz bei hoher Nachbarbebauung.
- Bei der Durchführung der Baumaßnahme entfallen aufwändige Inselbaustellen zur Herstellung der Mitteltrennwand.
- Das Konstruktionsprinzip der Leichten Einhausung ermöglicht auch die kostenoptimierte Ausführung von Sonderquerschnitten wie etwa bei Aus- und Einfädelspuren.
- Die Herstellung der Leichten Einhausung mit Grundrisskrümmung der Trassierung ist problemlos ausführbar.
- Die Leichte Einhausung wurde nach den Gesichtspunkten der aktuellen RABT konzipiert.
- Für den Brandfall liegt bereits für ein Fallbeispiel eine positive Sicherheitsbewertung vor.

Oben: Visualisierung – Außenansicht – vorgesetzte Lärmschutzwand mit obenliegendem durchlaufendem Glasband

Unten: Visualisierung – Innenansicht, Blick auf Fluchttüre mit Blitzleuchte (einschließlich Aktivierung Videokamera), Fluchtwegekennzeichnung / Orientierungsbeleuchtung, Wartungsgang

SSF Ingenieure AG
Beratende Ingenieure im Bauwesen

München
Berlin
Halle
Köln

www.ssf-ing.de