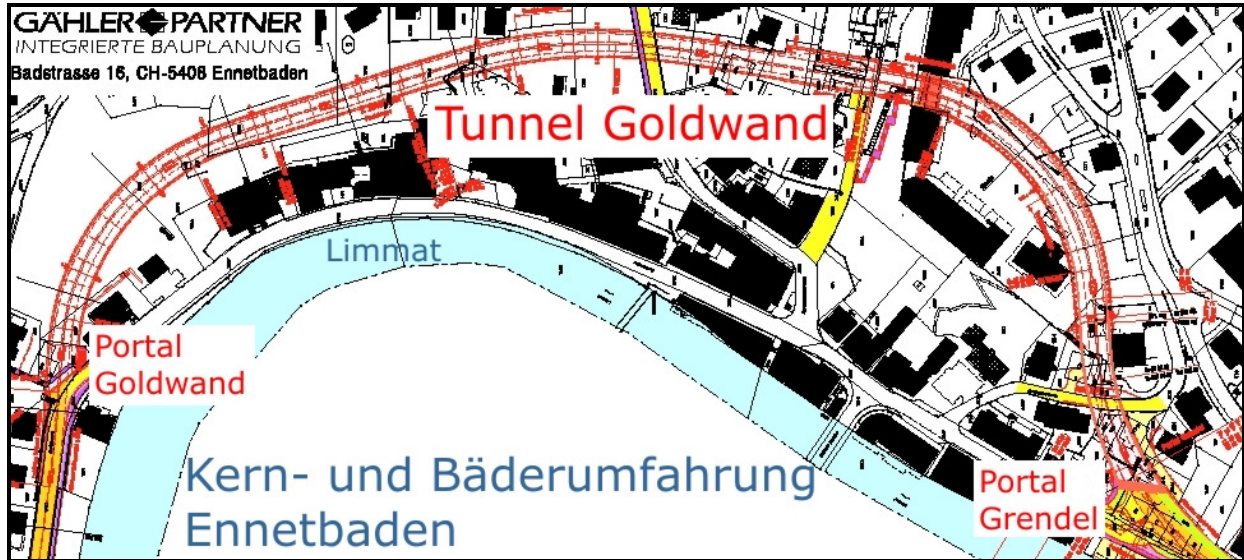


Kern- und Bäderumfahrung Ennetbaden – Tunnel Goldwand

Ausgangslage

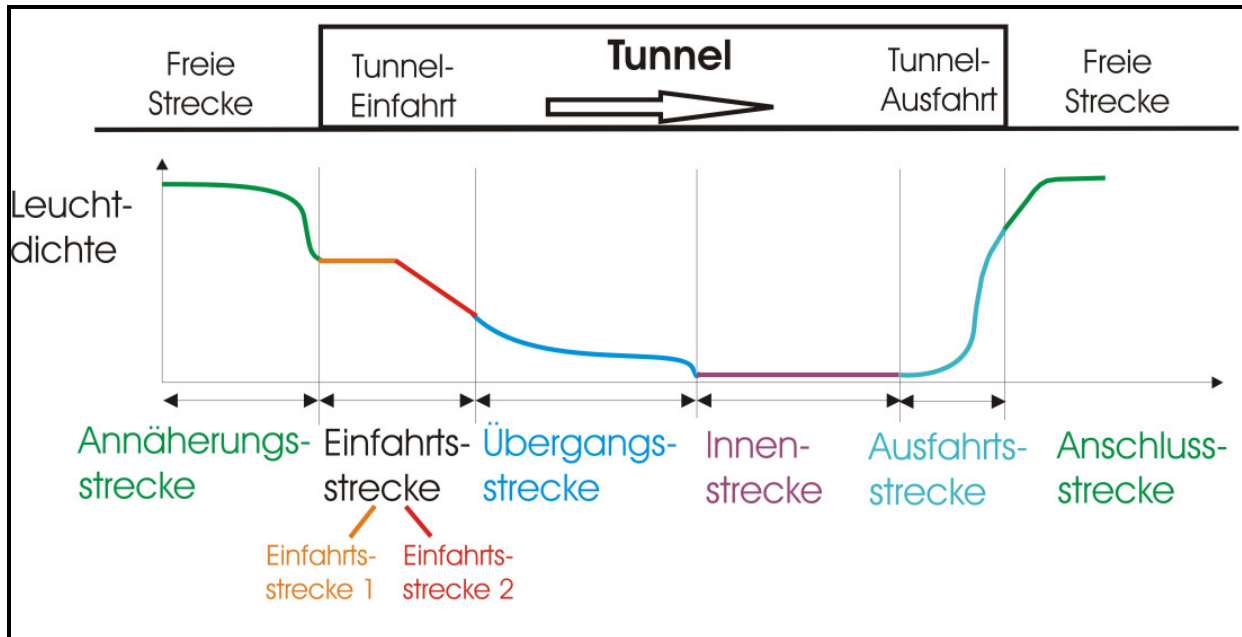
Die Kern- und Bäderzone von Ennetbaden litt seit Jahren unter dem hohen Verkehrsaufkommen durch die Badstrasse von täglich ca. 10000 Fahrzeugen. Durch den Bau der Kern- und Bäderumfahrung soll der Verkehr verlagert werden und damit die Wohn- und Lebensqualität in der Kern- und Bäderzone aufgewertet werden.



Die Umfahrung besteht aus dem Tunnel Goldwand und den Strassenabschnitten Goldwand und Knoten Grendel. Das Kernstück der Umfahrung ist der 647 m lange Tunnel Goldwand. Er wurde vollständig im Tagbau erstellt, besitzt zwei Fahrstreifen und wird im Gegenverkehr befahren. Nach 34 Monaten Bauzeit konnte der Tunnel Goldwand am 8. November 2006 für den Verkehr freigegeben werden.

Grundlagen der Tunnelbeleuchtung

Auf Grund der am Tag auftretenden grossen Helligkeitsunterschiede zwischen der Tunnelannäherungsstrecke und der Tunneleinfahrt kommt der Tunnelbeleuchtung am Tag die grösste Bedeutung zu. Das Auge ist an die Tageslichtverhältnisse adaptiert und muss sich bei Annäherung und Einfahrt in den Tunnel den niedrigeren Helligkeitsniveaus anpassen. Diese Dunkeladaptation kann nicht beliebig schnell erfolgen. Das menschliche Auge braucht genügend Zeit zur Anpassung. Besteht keine ausreichende Einfahrtsbeleuchtung, kommt es zum sogenannten „Black-hole-Effekt“ – man fährt auf ein schwarzes Loch zu und kann keine Details in der Tunneleinfahrt erkennen. Die Reaktion der meisten Autofahrer ist ein Abbremsen, was zu gefährlichen Verkehrssituationen führen kann. Deshalb ist eine gute Einfahrts- und Adaptationsbeleuchtung so wichtig.



Leuchtdichteverlauf der verschiedenen Tunnelstrecken

In der Einfahrts- und Übergangsstrecke befindet sich die Adaptationsbeleuchtung. Die Einfahrtsstrecke hat die Länge der Anhaltstrecke und teilt sich in die gleichlangen Einfahrtsstrecken 1 und 2. In der Einfahrtsstrecke 1 muss die entsprechend Norm vorgegebene Einfahrtsleuchtdichte auf der Fahrbahn erreicht werden. Die Einfahrtsleuchtdichte ist abhängig von Tunnelklasse (ermittelt aus Verkehrsstärke und -art und der Helligkeit der Tunnelwände), Beleuchtungsart, Projektierungsgeschwindigkeit und Leuchtdichte in der Annäherungsstrecke. In der Einfahrtsstrecke 2 wird das Leuchtdichteniveau auf 40% abgesenkt. In der nun folgenden Übergangsstrecke wird die Leuchtdichte von 40% auf den dreifachen Wert der Innenstrecke gesenkt. Die Länge der Übergangsstrecke hängt von den geforderten Leuchtdichten für Einfahrtsstrecke 1 und Innenstrecke und von der Projektierungsgeschwindigkeit ab. An die Übergangsstrecke schliesst sich die Innenstrecke an. Hier hat sich die Dunkeladaptation vollzogen und es ist möglich, den Tunnel mit deutlich niedriger Helligkeit als in der Adaptationsstrecke zu beleuchten. In der Nacht erstreckt sich die Innenstrecke über den gesamten Tunnel. Falls die Anschlussstrecken des Tunnels in der Nacht beleuchtet sind, sollte das Helligkeitsniveau der Innenstrecke mindestens genauso hoch sein. Die Ausfahrtsstrecke ist der letzte Teil des Tunnels und hier macht sich das Tageslicht wieder bemerkbar. In der Ausfahrtsstrecke ist im Normalfall keine besondere Beleuchtung erforderlich, so dass sich lichttechnisch gesehen die Innenstrecke bis zur Tunnelausfahrt erstreckt.

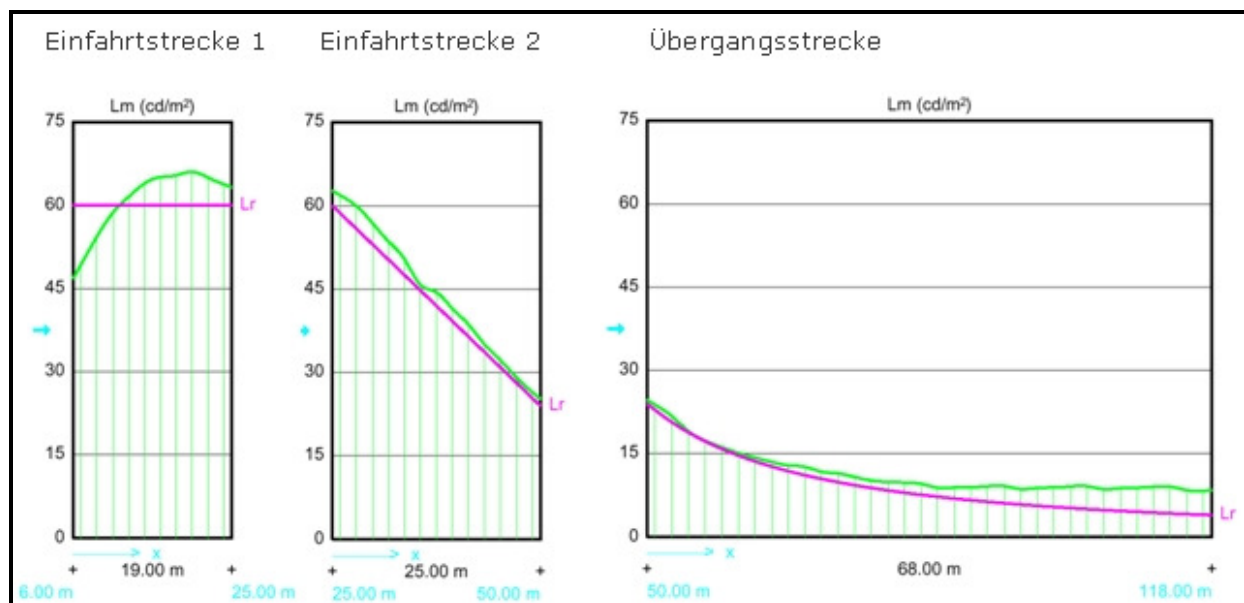
Neben den oben geschilderten Helligkeitsanforderungen sind noch zu erfüllen:

- Längs- und Gesamtgleichmässigkeiten der Fahrbahnleuchtdichten (U_0 und U_I)
- Wandleuchtdichten
- Blendungsbegrenzung (Schwellwerterhöhung TI)

Lichttechnische Anforderungen für den Tunnel Goldwand

Entsprechend der Tunnelklasse, Beleuchtungsart, Projektierungsgeschwindigkeit und Leuchtdichte der Annäherungsstrecke, ergaben sich nach den Richtlinien der SLG 201 „Öffentliche Beleuchtung - Strassentunnels, -galerien und -unterführungen“ folgende Anforderungen:

- Einfahrtsstrecke 1: Portal Goldwand: **60.0 cd/m²**
Portal Grendel: **53.0 cd/m²**
- Innenstrecke: Tag: **1.3 cd/m²**
Nacht: **1.0 cd/m²**
- Längsgleichmässigkeiten U_l: **> 0.4**
- Gesamtgleichmässigkeiten U₀: **> 0.2**
- Schwellwerterhöhung TI: **< 15%**
- Wandleuchtdichten: **> 80% der Fahrbahnleuchtdichte**



Das Bild zeigt den Leuchtdichteverlauf in den Einfahrtsstrecken 1 und 2 und der Übergangsstrecke des Portals Goldwand. Die rosa Kurve zeigt den geforderten und die grüne Kurve (ohne Tageslichteinfluss am Tunnelportal) den geplanten Wert der Fahrbahnleuchtdichte.

Planung und Ausführung

Auftraggeber war das Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kanton Aargau. Die Gesamtplanung und Bauleitung erfolgte durch die Firma Gähler und Partner AG, Ennetbaden.

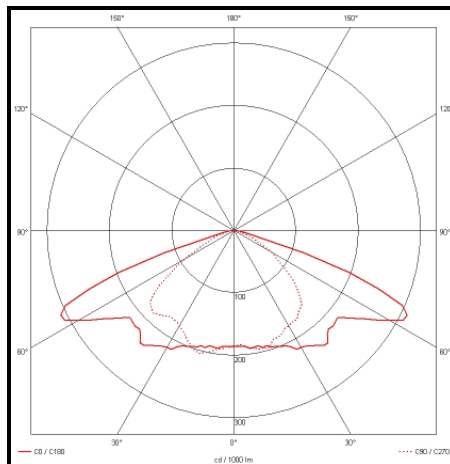
Die Beleuchtungskörper wurden von der Firma A+G Schröder AG geliefert.

Die lichttechnische Planung erfolgte durch die Firma LICHTPLAN GmbH, Turgi.

Im Tunnel ist Gegenverkehr, weshalb eine symmetrische Beleuchtung gewählt wurde.

Die Durchfahrtsleuchten sind zweiflämmig (Natriumdampf-Hochdrucklampen 2xHST 70 W; Haupt- und Reservelampe) und die Einfahrtsleuchten einflämmig (HST 400, 250 oder 100 W). Die Betriebsgeräte sind in den Leuchten eingebaut. Die Leuchten sind einzeln kompensiert. Die Durchfahrtsleuchte ist mit einem Doppelreflektor ausgerüstet. Beim Ausfall der Hauptlampe wird auf die Reservelampe umgeschaltet.

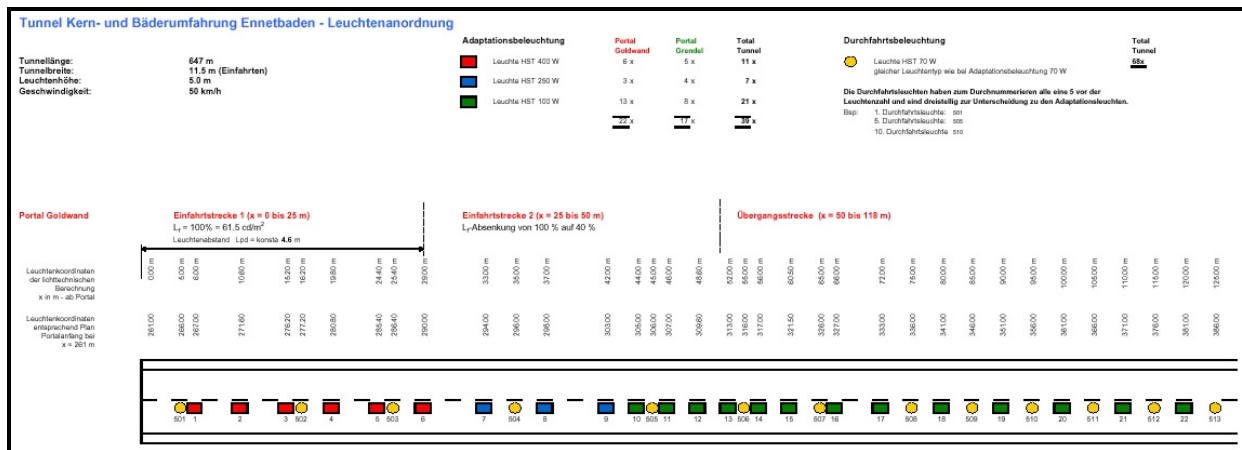
Die unterschiedlichen Reflektoren für Einfahrts- und Durchfahrtsleuchten können im gleichen Leuchtengehäusertyp eingesetzt werden, so dass ein einheitliches Erscheinungsbild der Leuchten gewährleistet ist.



Das linke Bild zeigt links eine zweiflämmige Durchfahrtsleuchte und rechts eine 400W-Einfahrtsleuchte. Die rechte Grafik zeigt die Lichtverteilungskurve für eine 400W-Einfahrtsleuchte.

Die eingesetzten Natriumdampf-Hochdrucklampen mit Leistungen von 400, 250, 100 und 70 W erfüllen die hohen Anforderungen bezüglich Lichtausbeute und Lampenlebensdauer sehr gut, so dass eine hohe Wirtschaftlichkeit der Beleuchtungsanlage gewährleistet wird. Die Lampen liefern je nach Wattage einen Lichtstrom von 55500 bis 6500 Lumen und erreichen damit eine sehr hohe Systemlichtausbeute (Lampe+Vorschaltgerät) von bis zu 123 lm/W.

Der geforderte Leuchtdichteverlauf auf der Fahrbahn wird mit einer Kombination von 400-/250- und 100-W-Lampen und unterschiedlichen Leuchtenabständen erreicht. Im Portal Goldwand sind 22 und im Portal Grendel 17 Einfahrtsleuchten installiert. Für die Durchfahrtsbeleuchtung sind 65 Leuchten erforderlich. Diese werden nur einflämmig betrieben, so dass das Wartungsintervall für den Lampenwechsel verdoppelt werden kann.



Das Bild zeigt die Leuchtenanordnung im Portal Goldwand.

Die Gesamtleistung für die Fahrbahnbeleuchtung beträgt bei 100%-Tagbetrieb ca. 15 kW und bei 100%-Nachtbetrieb ca. 5 kW.

Der Energiebedarf konnte durch den hellen Anstrich der Tunnelwände und den Einsatz eines hellen Fahrbahnbelages im Tunnel um ca. 20-30 % gesenkt werden.



Das Bild zeigt das Portal Goldwand am Tag. Sehr schön ist der Wechsel des Belages zu sehen: in der Annäherungstrecke dunkler und ab dem Tunnelportal heller Belag.

Aus energetischen Gründen ist es sinnvoll, das Beleuchtungsniveau den jeweilig herrschenden Tageslichtverhältnissen (Schwankungen durch Tages- oder Jahreszeit und Wetter) anzupassen. Ein Aussenlichtsensor (L_{20} -Kamera) vor jedem Tunnelportal misst die Leuchtdichte in der Annäherungstrecke. In der Betriebszentrale, welche sich ungefähr in Tunnelmitte befindet, werden die Helligkeitswerte der Sensoren erfasst und die Beleuchtung entsprechend den Tageslichtverhältnissen über Stufen (Reguliertrafo; 6V-Schritte) geregelt. Die Nachtabsenkung erfolgt auf eine vordefinierte Stufe. Im Brandfall wird die Beleuchtung auf 100% geschaltet.



Schaltschrank Reguliertrafo



Brandnotleuchte

Die optische Führung im Tunnel wird durch LED-Leuchten auf der Bankett rechts und links der Fahrbahn zusätzlich verbessert.

Jede vierte Durchfahrtsleuchte ist als Notbeleuchtung an eine unterbrechungsfreie Stromversorgung angeschlossen.

Die Brandnotleuchten wurden aller 50 m in 50 cm Höhe an der Wand auf der Seite des Fluchtwegausganges installiert.



Portal Grendel bei Nacht

Autor:
 Udo Kelling
 LICHTPLAN GmbH
 5300 Turgi
www.lichtplangmbh.ch