



Nachhaltige Beleuchtung in Bahnhöfen

7 Jahre Strategie, Beleuchtungsplanung
und Umsetzung

M.M. Pigeaud Dipl. Ing.

Nachhaltige Beleuchtung in Bahnhöfen

7 Jahre Strategie,
Beleuchtungsplanung
und Umsetzung

M.M. Pigeaud Dipl. Ing.

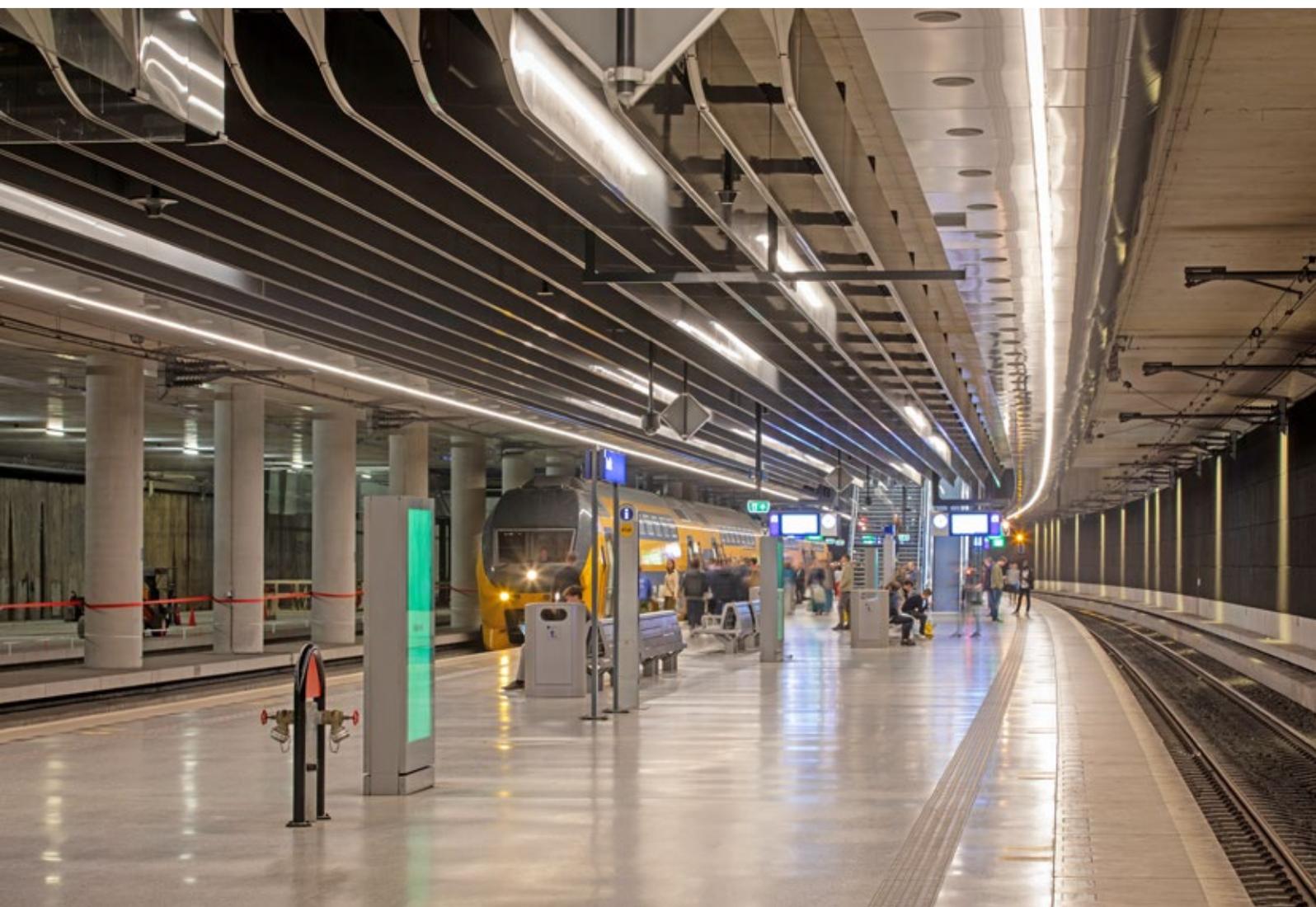
Inhaltsübersicht

Vorwort	7
Einleitung	9
1 Licht und Bahnhofsbeleuchtung	11
1.1 Die Geschichte des Lichts	11
1.2 „Feel the night“ in Mantgum	13
1.3 ProRail-Strategie „Beleuchtung in Bahnhöfen“	15
1.4 Beleuchtungsstandards EU und ProRail	17
1.5 Nationaldenkmäler und Kollektionsbahnhöfe	23
1.6 Dimmen und Monitoring aus der Ferne	25
1.7 Dämmerungsschalter und Fernschaltung für Wintermaßnahmen	29
1.8 Memo Übergabestruktur	30
1.9 V&G-Risikoakte (objektbezogene Risiken) pro Bahnhof	33
2 Deventer, Pilotprojekt mit Beleuchtung der Überdachung und Halle	35
2.1 Deventer: Test mit ÜberdachungLeuchtmittel	35
2.2 Deventer: Verbesserung des Hallenerlebnisses	39
3 Amersfoort Vathorst, Test mit Mastleuchten	41
4 Amersfoort Centraal	45
4.1 Testbeleuchtung Tunable White am Querweg	45
4.2 Testbeleuchtung an monumentalen Überdachungen mit 2-farbigen LED-Leuchten	47
5 Almere Centrum, ein neuer Lichtimpuls für eine Ikone der 80er Jahre	49
6 Alkmaar, bessere Wartung durch Verlagerung der Leuchten von Zone A nach Zone C	53
7 Leeuwarden, neues Leben für ein Denkmal mit Architekturbeleuchtung	57
7.1 Bahnhofshalle Leeuwarden	57
7.2 Überdachung Leeuwarden	59
8 Santpoort Zuid, ein alter Bahnhof, verdient ebenfalls Aufmerksamkeit	61
9 Den Helder, architektonische Überdachungsbeleuchtung mit LED zurückgebracht	63
10 Delft, 1000 Leuchten in 52 Stunden	65
11 Rijswijk, Austausch und Dimmen der Lichtlinien von 1174 Leuchten	67
12 Rijswijk und Zoetermeer Ost, Anti-Suizid-Beleuchtung	71
12.1 Rijswijk, beabsichtigte Wirkung von blauem Licht an Bahnsteigenden	71
12.2 Zoetermeer Ost Bahnsteigende mit blauem Licht	75
13 Vlissingen, historische gusseiserne Lichtmasten umgerüstet	77
14 Goes, indirekte Beleuchtung auf LED umgerüstet	81
15 Amsterdam Sloterdijk, soziale Sicherheit mit Beleuchtung verbessern	83

16 Amsterdam Duivendrecht, Retrofits und Lichtkunstwerke	87
17 Hengelo, Retrofits in Kelchleuchten	91
18 Hardinxveld-Giessendam und Blerick, Mehrzweckmasten	93
19 Haarlem, monumentale Halle mit maßgeschneiderten „Tunable White“-Pendelleuchten	97
20 Hilversum, maßgeschneiderte Überdachungsbeleuchtung, an denen Tauben abrutschen	101
21 Maastricht, Kronleuchter mit Farbszenarien und Tunable White in der Halle	103
22 Den Haag HS, Tunable White in der Halle	107
23 Rotterdam Centraal, Bahnsteige und Tunnel	109
23.1 Rotterdam Centraal, 154 Scheinwerfer auf den Bahnsteigen ausgetauscht	109
23.2 Rotterdam Centraal, Tunable White in der Halle und im Tunnel	111
24 Amsterdam Bijlmer Arena, 4 zugfreie Zeiten mit LED aussparen	113
25 Tilburg, architektonische Beleuchtung wellenförmige Überdachung	115
26 Hilversum Sportpark und Blerick, Solarmasten	119
26.1 Zeitweise Solarmasten an der Rampe Blerick	119
26.2 Feste Solarmasten im Hilversum Sportpark	119
27 Eindhoven und Breda Prinsenbeek, Sanierung von schlechten Erdkabeln	121
27.1 Eindhoven	121
27.2 Breda Prinsenbeek	121
28 Olst, Einschaltspitzenbegrenzer (danach überall in den Niederlanden)	123
29 Bilthoven, lange Kabelwege und zu hoher Leitungswiderstand	125
30 Bewertung mit Visio in Bedum, Usquert, Olst, Weesp, Lage Zwaluwe	127



LED-Beleuchtung in der Bahnhofshalle von Delft



LED-Beleuchtung auf dem Bahnsteig des Delfter Bahnhofs



LED-Beleuchtung im Bahnhof Amsterdam Sloterdijk

Vorwort

Dieses Buch handelt davon, wie die Bahnhofsbeleuchtung in 400 ProRail-Bahnhöfen in den Niederlanden zwischen 2015 und 2022 nachhaltiger umgerüstet werden. Eine nachhaltigere Beleuchtung war Teil des Klimaziels von ProRail und wurde durch das Programm „Verlichting“ von ProRail ausgeführt. Im Einklang mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015 musste ProRail bis 2020 30 % Energie einsparen. Eine nachhaltigere Beleuchtungsstrategie trägt zu dieser Aufgabe bei. Mit LED-Beleuchtung sparen wir 50 % im Vergleich zur Leuchtstoffröhrenbeleuchtung. Durch Dimmen, wenn keine Fahrgäste anwesend sind, können wir weitere 50 % einsparen.

Beleuchtungsplanung ist eine Disziplin, die sich in den letzten Jahren stark entwickelt hat. In der Vergangenheit stand bei der Bahnhofsbeleuchtung vor allem die Funktionalität im Vordergrund. Jetzt beziehen wir auch Aspekte wie Zugänglichkeit, Blendwirkung, Wartungsfreundlichkeit, soziale Sicherheit, Architektur, Wegeführung, mögliche Belästigung von Anwohnern, Flora und Fauna ein. In der Praxis scheinen diese Aspekte und Interessen oft zu kollidieren. In Absprache mit den Beteiligten suchen wir daher nach der optimalsten Lösung.

Mit diesem Buch möchte das Programm „Verlichting“ Erfahrungen und erlangtes Wissen zu nachhaltiger Bahnhofsbeleuchtung weitergeben. Wie sind wir zu bestimmten Lösungen gekommen und welche Lehren haben wir daraus gezogen? Wir wenden uns in erster Linie an Planer bei ProRail sowie an Ingenieur- und Beratungsbüros. Wir hoffen jedoch, dass dieses Buch auch für Fachleute in Kommunen, öffentlichen Verkehrsbetrieben und andere Eigentümer von (halb)öffentlichen Räumen eine Inspirationsquelle darstellt. Ebenso für Hersteller von Leuchten und Lichtsteuerungen.

Im Jahr 2020 hat das Bureau Spoorbouwmeester in dem Strategiepapier „Handboek Verlichting op stations“ beschrieben, was wir mit der Bahnhofsbeleuchtung erreichen wollen (z. B. sauber, vollständig und sicher, nachhaltig und angenehm). In diesem Buch geht es darum, *wie wir* diese Ziele erreichen. Wir tun dies anhand konkreter Beispiele: Was funktioniert bei der Planung und Umsetzung von Beleuchtungsplänen an einem bestimmten Bahnhof und was nicht?

Wir erzählen Ihnen nicht, was eine schöne Beleuchtungsplanung ist oder wie man sie macht. Wir laden die Leser dazu ein, sich selbst ein Urteil darüber zu bilden. Oder um es mit den Worten der bekannten Planer Ootje Oxenaar und Paul Mijksenaar zu sagen: „Ich kann dir nicht beibringen, was schön ist. Wenn ich euch gute Entwürfe zeige, werdet ihr von selbst lernen, was schön ist.“

Maurits Pigeaud
Systemingenieur
Programm „Verlichting“

Tjebbe Ruskamp
Programm-Manager
Programm „Verlichting“



Beleuchtung Bahnhofsvorplatz Deventer

Einleitung

„ProRail verbindet, verbessert, macht nachhaltiger“, so lautet unsere Mission. Das Programm „Verlichting“ von ProRail erfüllt diese Mission.

Bei der Ausführung unseres Programms haben wir stets die *Verbindung* mit allen an einer guten Bahnhofsbeleuchtung Interessierten gesucht. Da es sich um ein mehrjähriges Programm handelt, konnten wir in gute Beziehungen investieren und so gegenseitiges Verständnis aufbauen. Nicht nur mit Betreibern, sondern gerade auch mit Endnutzern wie sehbeeinträchtigte Fahrgästen, Anwohnern und Gemeinden. Beim Programm „Verlichting“ ging es nicht nur darum, die funktionale Beleuchtung zu ersetzen, sondern auch die Beleuchtung der Bahnhöfe zukunftssicher zu machen. Zukunftssicher heißt hier nicht nur energiesparend, sondern auch angenehm und wartungsfreundlich. Durch die Verbindung mit den Interessengruppen (z. B. Visio, Denkmalausschüsse, Anwohner) konnten wir Verständnis und Wohlwollen wecken.

Beim Austauschen der Beleuchtung ging es uns immer um *Verbesserung*. Die neuen Leuchten geben beispielsweise weniger Streulicht ab. Dies verursacht weniger Belästigung für Anwohner und führt zu mehr Rücksicht auf Flora und Fauna. Außerdem halten die neuen Lampen 5x länger. Dies bedeutet weniger Belästigung für die Fahrgäste und geringere Wartungskosten.

Schließlich leistet das Programm „Verlichting“ einen wichtigen Beitrag zur *nachhaltigeren* Gestaltung der Vermögenswerte von ProRail. Die Bahnhofsbeleuchtung macht 30 % des Gesamtenergieverbrauchs von ProRail aus. Das Programm „Verlichting“ trägt zur Nachhaltigkeit bei, indem es 50 % Energieeinsparungen bei der Bahnhofsbeleuchtung erzielt. Durch das Dimmen des Lichts, wenn keine Fahrgäste anwesend sind, können wir weitere 50 % einsparen. Im Rahmen des Pariser Klimaabkommens von 2015 musste ProRail bis 2020 30 % Energie einsparen. Durch die Halbierung des Energieverbrauchs der Bahnhofsbeleuchtung spart ProRail bereits 15 % seines Gesamtenergieverbrauchs. Damit hat das Programm „Verlichting“ bereits die Hälfte des ProRail-Einsparungsziels erreicht.

Die Beleuchtung war einst ein Abschluss bei der Planung eines Gebäudes. Nachdem der Architekt den Bauplan fertiggestellt hatte, durfte der Installateur das Beleuchtungssystem in das Gebäude einpassen. Heute ist die Beleuchtungswissenschaft ein multidisziplinäres Fachgebiet. Die Beleuchtung ist ein integraler Bestandteil der Gestaltung eines Gebäudes, sodass sie die Architektur unterstützt und unsichtbar eingearbeitet ist. Eine multidisziplinäre Beleuchtungsplanung berücksichtigt Architektur, soziale Sicherheit, Kontrast, Blendwirkung, Lichtverschmutzung, Flora und Fauna, Wartbarkeit und Verwaltung. Bei der Modernisierung der Beleuchtung in bestehenden Bahnhöfen haben wir daher immer einen multidisziplinären Ansatz gewählt. Darüber finden Sie alles in diesem Buch.



Bahnhof Amsterdam Sloterdijk Hemboog. Um die Bögen der Überdachung nicht durch Leuchten zu stören, entschied sich der Architekt für Lichtmasten unter der Überdachung. Um Blendwirkung zu vermeiden, wurden höhere Masten als bei normalen Bahnsteigen verwendet.

1 Licht und Bahnhofsbeleuchtung

Bevor die Beispielprojekte des Programms „Verlichting“ erläutert werden, liefert dieses Kapitel Hintergrundinformationen zur Beleuchtungswissenschaft im Allgemeinen und zur Bahnhofsbeleuchtung im Besonderen.

1.1 Die Geschichte des Lichts

Die Beleuchtung ist noch älter als der Weg nach Rom. Sie ist überall und immer in mehr oder weniger starkem Maße vorhanden. Lange bevor wir das künstliche Licht erfanden, wurde die Welt von der Sonne, dem Mond und den Sternen erhellt. In der heutigen Zeit leben wir in der Illusion, dass die Welt machbar ist. Und was das Licht betrifft, ist es ja auch ein bisschen so. Allerlei Techniken ermöglichen es uns, die Welt des Lichts nach unseren Wünschen zu gestalten.

Die Beleuchtung von Bahnhöfen begann genauso wie andere Formen der öffentlichen Beleuchtung mit Kerzen und Öllampen. Die Erfindung der Elektrizität und der Glühbirne brachte neue Anwendungen mit sich. Die Beleuchtung der Bahnhöfe wurde durch Leuchtstoffröhrenbeleuchtung erheblich verbessert. In der langen Geschichte der Bahnhöfe lässt sich ein Trend beobachten: immer mehr Licht, mit weniger Aufwand und zu geringeren Kosten.

Während der Umsetzung des Programms „Verlichting“ hat sich ein Trendwechsel vollzogen: nicht nur mehr Licht, sondern vor allem besseres Licht. Im Dorf Mantgum, zwischen Leeuwarden und Sneek, störte sich die Stiftung „Feel The Night“ am riesigen Lichtermeer rund um den Bahnhof. Man konnte es schon von Weitem in der flachen friesischen Landschaft sehen. Störend und überhaupt nicht notwendig, so lautete die Kritik. Die Stiftung setzte sich mehrmals mit NS und ProRail in Verbindung, ohne jedoch verstanden zu werden. „Was meinen Sie? Funktioniert das Licht nicht richtig?“ „Doch, aber es ist zu viel Licht.“

Nach 150 Jahren voller Beschwerden über eine schlecht funktionierende Beleuchtung, „die Leuchten funktionieren nicht“, gab es einen neuen Ton, auf den es keine sofortige Antwort gab. ProRail und NS waren nicht in der Lage dies zu verstehen. Immerhin erfüllte die Beleuchtung die RLN 00012. Nynke Rixt Jukkema beschloss, gemeinsam mit einigen anderen Dorfbewohnern aktiv zu werden. Und das mit Erfolg (lesen Sie mehr auf Seite 13).

Gleichzeitig sorgte dieses neue Bewusstsein dafür, dass das Programm „Verlichting“ vor großen Herausforderungen stand. Denn wie sorgt man z. B. für Menschen mit Sehbeeinträchtigungen, die von Rechts wegen Recht auf

ausreichendes – in der Praxis häufig mehr – Licht haben, während Anwohner ein Interesse an weniger Licht haben? Und im Hinblick auf Nachhaltigkeit ist Energieeinsparung das Ziel, wie lässt sich dies vereinbaren?

Gespräche mit Fachleuten, Beteiligten und Zielgruppen führten zu Ergebnissen. Es geht nicht so sehr um das Licht, sondern um die Sicht.

Wir haben gelernt, wie das menschliche Auge funktioniert. Über Gleichmäßigkeit, Ungleichmäßigkeit, Kontrast, Lichtfarbe und -sättigung sowie über störende Auswirkungen von Blendwirkung und Leuchtdichte. Die Entwicklungen und technischen Fortschritte bei der LED-Beleuchtung haben es ermöglicht, viele wünschenswerte Aspekte zu verwirklichen und viele Nachteile zu verringern.

Das Ersetzen herkömmlicher Leuchtstoffröhren durch LED-Beleuchtung spart, wie bereits erwähnt, etwa 50 % Energie, und durch weiteres Dimmen, wenn keine Fahrgäste anwesend sind, sogar 75 %. In den Abendstunden ist an den Enden der Bahnsteige in Baflo und Usquert, genauso wie auf vielen anderen Bahnhöfen, wirklich nicht so viel Licht notwendig, also kann dort oft gedimmt werden. Aber auch hier stießen wir auf ein Dilemma: Natur und Umwelt verlangen eine individuelle Gestaltung jeder Station, aber für Verwaltung und Wartung ist eine möglichst weitgehende Standardisierung wünschenswert.

In den letzten Jahren haben wir viele fortschrittliche Einblicke in die Planung, Realisierung, Verwaltung und Wahrnehmung von nachhaltiger Beleuchtung an Bahnhöfen gewonnen. Wir denken, dass es uns mit unserem Programm „Verlichting“ gelungen ist, ein Gleichgewicht zwischen räumlichen, funktionalen und verwaltungstechnischen Aspekten herzustellen.



Die feierliche Eröffnung des Bahnhofs Mantgum.

1.2 „Feel the night“ in Mantgum

Früher war Mantgum für den Eisenbahnsektor unsichtbar, seit 2017 steht es jedoch auf der Karte. Ja, es gibt einen sehr kleinen Bahnhof. Irgendjemand in der Region wusste davon und konnte ihn mit etwas Glück sogar auch finden. Aber in den Zentralen von NS und ProRail, war nicht viel über Mantgum bekannt. NS fährt dort nicht. Arriva schon. Die Störungsdienste müssen tief in den Listen wühlen, um etwas von Mantgum zu finden.

In Mantgum lebt jedoch eine Nynke Rixt Jukema. Sie ist Architektin und wuchs in Nordfriesland, am Rande des Wattenmeeres, auf. Schon früh schätzte sie die Ruhe sowie den Freiraum und den Mond und die Sterne in der Nacht. Diese sind dort gut zu sehen, weil es in Mantgum, anders als im größten Teil der Niederlande, sehr wenig Umgebungslicht gibt.

Um den Wert der Dunkelheit zu erhalten bzw. wiederzugewinnen, gründete Nynke Rixt die Stiftung „Feel the Night“ (siehe www.feelthenight.eu). Es war ihr ein Dorn im Auge, dass die Bahnhöfe so überladen beleuchtet waren. Besonders in ländlichen Gegenden fällt dies auf. Dann kann man einen Bahnhof von Nah und Fern sehen.

Die Beleuchtung in den Bahnhöfen wurde früher nach den damals geltenden Standards eingerichtet: alle 16 oder 25 Meter ein Mast mit Leuchtstoffröhren, überall im Land das gleiche. Unabhängig vom Standort des Bahnhofs. Über die gesamte Länge des Bahnhofs das gleiche. Und das Licht geht eine halbe Stunde vor dem ersten Zug an und eine halbe Stunde nach dem letzten Zug wieder aus. So ist das. Tag ein, Tag aus.

Nynke Rixt hat sich mehrmals an die Verantwortlichen bei NS und ProRail gewandt, ist aber immer auf taube Ohren gestoßen. Totales Unverständnis. Nach 150 Jahren Beschwerden über Beleuchtung, die defekt war, kam nun im Gegenteil eine Beschwerde über eine funktionierende Beleuchtung. Irgendwann hatte Nynke Rixt, um es mit ihren eigenen Worten zu sagen, die Nase voll. Zusammen mit drei anderen Dorfbewohnern, bewaffnet mit einer Leiter und Müllsäcken, beschlossen sie, die Lichter auszuschalten. Gesagt, getan.

Es stellte sich übrigens heraus, dass die Müllsäcke nicht nötig waren, weil man die Leuchtstoffröhren mit einer Vierteldrehung ausschalten kann.

Prompt fuhr der Triebfahrzeugführer am nächsten Morgen in der Dunkelheit am Bahnhof vorbei. Eine Meldung an den Störungsdienst in Zwolle brachte keine Lösung. Im Eisenbahnsektor wusste niemand etwas über irgend-etwas. Nach ein, zwei oder drei Tagen kam dann doch jemand nachschauen. Am Lichtmast fanden sie einen Zettel: „Ich bin Nynke Rixt. Das ist meine Handynummer und ich habe dies getan.“ Was für eine Frechheit.

Jemand, der sich an Staatseigentum vergreift und das Gesetz in die eigenen Hände nimmt. Das Programm „Verlichting“ wurde von Eelco Krakow, dem Vertragsmanager für die Region Nord-Ost, auf Nynke Rixt angesetzt. „Wenn man in der Region Nord-Ost sowieso etwas mit Beleuchtung machen will, dann fangt doch in Mantgum an. Dort haben wir Probleme mit einer Dame, die etwas anderes will.“

Gesagt, getan. So wurde der Extrawunsch in das Anforderungsprogramm aufgenommen. Dimmen, wo und wann immer möglich, und Lichtverschmutzung vermeiden. Dies ist gut mit der Energieeinsparung vereinbar, aber schwieriger mit der Anforderung der Zugänglichkeit von gutem und gleichmäßigem Licht für sehbeeinträchtigte Menschen. Die Anforderungen scheinen jedoch durch den Einsatz moderner LED-Technologien erfüllbar zu sein. Diese ermöglichen es, das Licht gerichteter einzusetzen und gleichmäßiger zu verteilen. Bewegungsdetektoren sorgen dafür, dass das Licht während der Ruhezeiten auf 30 % gedimmt wird.

Nachdem die Beleuchtung geändert war, klingelte erneut das Telefon. „Hallo, hier ist Nynke Rixt.“ Tjebbe Ruskamp, der bei ProRail als Projektleiter für dieses Programm „Verlichting“ verantwortlich ist: „Ich hatte mich schon darauf eingestellt, dass es wieder um Kritik gehen würde.“

Aber die Frage war eine andere. „Mantgum freut sich über die neue Beleuchtung und möchte dieses glückliche Ereignis feiern. Was haltet ihr davon?“

Wir konnten uns ehrlich gesagt nicht so recht vorstellen, was wir davon halten sollten. 20 neue Lichtmasten auf einem Brett auf der Wiese. Wortwörtlich. Aber, gut. Wir haben beschlossen, dies zu feiern. Nynke Rixt: „Ich traf neulich den Kommissar des Königs von Friesland. Ich werde ihn mal anrufen. Ich denke, dass er sicher kommen wird.“ Und siehe da, Arno Brok hat zugesagt.

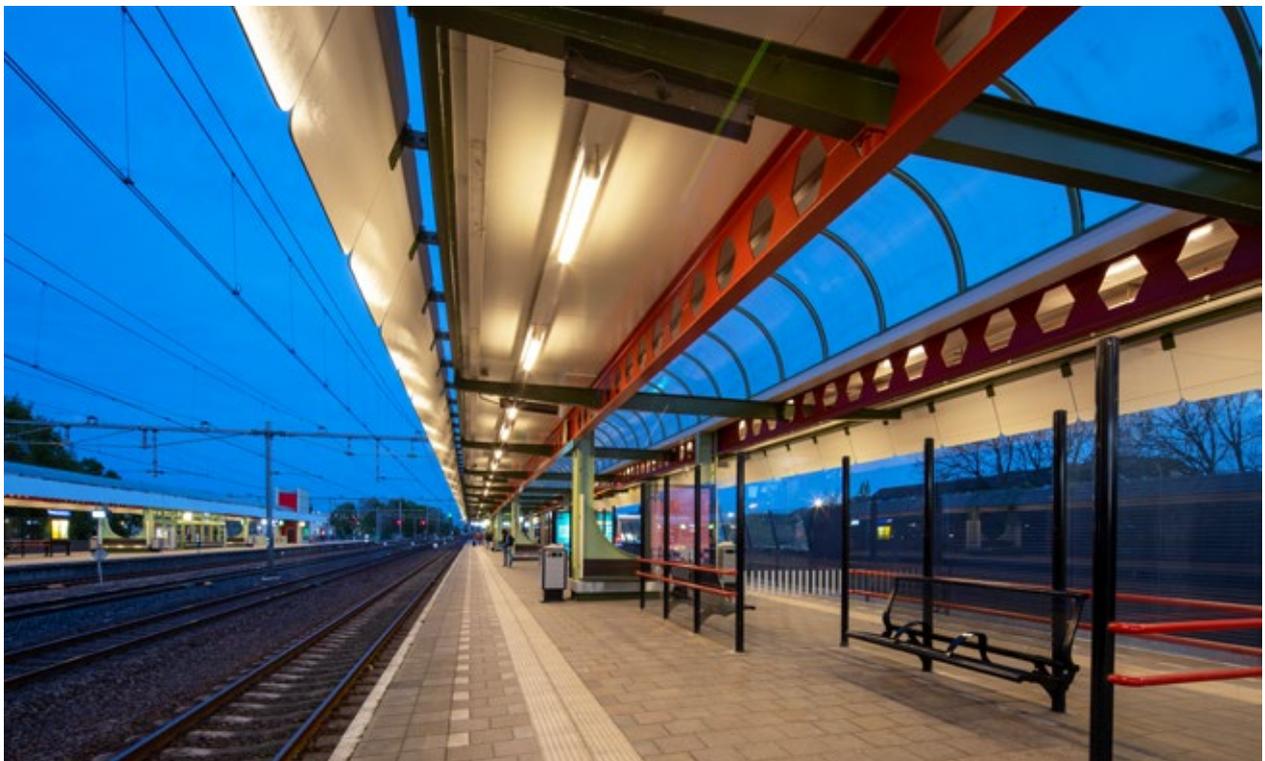
Nun erschien alles in einem anderen Licht. Leider war Pier Eringa, unser CEO friesischer Herkunft, an diesem Tag verhindert. Ans Rietstra, (Stiens) konnte auch nicht. ProRail wurde durch Astrid Bunt, Leiterin der Bahnhöfe, vertreten. Sieb van der Ploeg von der Popgruppe „De Kast“ versprach, eines Lobeshymne zu singen, musste aber wegen eines großen Konzerts anderswo absagen. Geert Mak, der im 2 km entfernten Jorwerd (mit Blick auf den Bahnhof) wohnt, war aber dabei. Er hat die Dinge in eine historische Perspektive gestellt.



Mantgum mit Lichtmasten mit den alten Leuchtstoffröhren. Auf dem Land ist der Bahnhof schon von Weitem zu sehen.



Mantgum mit Lichtmasten und LED-Leuchten (das Ende des Bahnsteigs ist gedimmt). Die neuen LED-Leuchten geben praktisch kein Streulicht an die Umgebung ab. Das Licht fällt nur auf den Bahnsteig, nicht auf den Zaun. Es fällt zwar immer noch ein wenig Licht in das Gleisfach, aber das liegt daran, dass die Bahnsteige hier sehr schmal sind.



Bahnhof Weesp. LED-Lampen geben ein wärmeres Licht ab als Leuchtstoffröhren, wodurch es sich auf Bahnhöfen angenehmer anfühlt. Die Lichtlinie wurde nach innen verlegt, wodurch die Mitte des Bahnsteigs weniger düster wirkt. In Weesp wandte der Architekt in den 1970er Jahren ebenfalls die Regel „Tageslicht, es sei denn“, indem er den mittleren Teil der Überdachung transparent gestaltete.

Seit dem frühen neunzehnten Jahrhundert haben Licht und Beleuchtung stets weiter zugenommen. Jetzt wurde der Trend durchbrochen, indem einfach weniger Beleuchtung eingesetzt wurde. Übrigens hat auch Mantgum in Friesland einen guten Ruf aufrecht zu erhalten. Während in Dokkum Bonifatius von aufständischen Friesen ermordet wurde, kam es in Mantgum zu einem Aufstand, als dort in den 1970er Jahren die Aufhebung des Bahnhofs geplant war. Proteste bis nach Leeuwarden und Besetzungen der Bahnstrecke sorgten dafür, dass der Bahnhof Mantgum geöffnet blieb.

Und jetzt neuerdings wieder so aufmüpfige, freche Friesen, die nicht akzeptieren wollen, dass es zu viel Licht gibt. Dies hat die Niederlande jedoch zum Nachdenken gebracht. Die in Mantgum angewandte Beleuchtung wird jetzt in allen kleinen Bahnhöfen eingesetzt. Die Feier in Mantgum war ein großer Erfolg.

Viele begeisterte Dorfbewohner kamen vorbei. Die Presse war gut vertreten. Auch in der ProRail- und NS-Zentrale stand Mantgum auf dem Plan.

1.3 ProRail-Strategie „Beleuchtung in Bahnhöfen“

Bei nachhaltiger Beleuchtung geht es nicht nur um künstliche Beleuchtung, sondern auch um Tageslicht. Nicht umsonst geht die ProRail-Richtlinie von „Tageslicht, es sei denn“ aus. Oberirdische Bahnhöfe haben immer so viel Tageslicht wie möglich. Tunnel und Passagen sind mit möglichst vielen Emporen oder Oberlichtern wie möglich ausgestattet, damit Fahrgäste auch Unterirdisch Tageslicht sehen.

Heutzutage werden Tageslicht und künstliche Beleuchtung von Anfang an in die Planung einbezogen, um den Komfort und das Erlebnis der Nutzer zu optimieren. Bei der Ausbesserung der Beleuchtung in vorhandenen Gebäuden muss auch integral die Beleuchtungsplanung und das Tageslicht betrachtet werden. Ein guter Beleuchtungsplan kann dazu beitragen, dass sich die Nutzer nach der Renovierung wohler fühlen und das Gebäude so erleben, wie es der Architekt einst geplant hatte.

Die Beleuchtung muss zur Steigerung des Kundennutzen beitragen, behauptet NS. An erster Stelle, indem wir das Gefühl von *Sicherheit* verstärken und *zuverlässig* sind. An zweiter Stelle, indem sichergestellt wird, dass Fahrgäste ihren Weg *schnell* und *mühe*los finden können. Wenn Sicherheit, Zuverlässigkeit und Schnelligkeit nicht stimmen, werden Fahrgäste unzufrieden. Diese 3 Aspekte werden deshalb Dissatisfiers genannt, weil sie ein negatives, unsicheres Gefühl verursachen.



Kundenwertmodell: Umverlagern

Neben den *Dissatisfiers* bestehen auch die zwei *Satisfiers*: *Komfort* und *Erlebnis*. Dies sind die Aspekte, welche Fahrgäste besonders glücklich machen. Wenn Fahrgäste bei guter Beleuchtung sehen können, wohin sie gehen und sich keine Sorgen machen müssen, sich zu verirren oder zu stolpern, vermittelt dies ein Gefühl von Komfort und Ruhe. Durch das zusätzliche Ausleuchten architektonischer oder monumentaler Details bzw. Wahrzeichen erkennen und erinnern sich Fahrgäste schneller, wo sie sich befinden. Das Tüpfelchen auf dem „i“ ist die Erfahrung. Damit meinen wir den „Wow-Effekt“, wenn alles stimmt (Licht, Farbe, Geräuschkulisse). Die Fahrgäste fühlen sich wie zu Hause, willkommen und wohl.

Im Jahr 2015 haben ProRail und NS gemeinsam mit Bureau Spoorbouwmeester diesen integrierten Ansatz im Memorandum „Nieuw licht op Stations“ (Neues Licht auf Bahnhöfen) beschrieben. Die LED-Beleuchtung war damals zum ersten Mal zuverlässig genug, dass sie in Bahnhöfen eingesetzt werden konnten, dank einer garantierten Lebensdauer von 50 000 Stunden. Davor wurden LEDs häufig nach einigen Jahren gelb und lila. Im Jahr 2016 wurde die ProRail-Betriebsvorschrift RLN00012 V008 veröffentlicht, die erstmals Anforderungen an die LED-Beleuchtung in Bahnhöfen stellt.

Tabelle 3. Aus der ProRail-Norm RLN00012

	Transferbereich:	Horizontal auf den Boden \geq :		Blendwirkung \leq :	Vertikal auf einen Punkt oder eine Fläche \geq :				Energieleistg. \leq :	Bahnhofstyp:					
		E_m (lx)	U_0		(U)GR	E_{pv} quer (lx)	E_{pv} längs (lx)	E_{mv} quer (lx)		E_{mv} längs (lx)	W/m ²	Haltestelle	Basis	Basis+	Mega
1a	Offener Bahnsteig	5	0,2	55	0,5	0,5	5	1,5	0,15	x					
1b	Offener Bahnsteig	10	0,25	50	1	1	7,5	2,5	0,3		x	x			
1c	Offener Bahnsteig	20	0,3	45	2	2	15	5	0,5					x	x
2a	Rampe	5	0,2	55					0,15	x					
2b	Rampe	10	0,25	50					0,3		x	x			
2c	Rampe	20	0,3	45					0,5					x	x
3a	Überdachter Bahnsteig	50	0,4	45	25	20	20	25	1,5	x	x	x			
3b	Überdachter Bahnsteig	70	0,4	45	40	35	35	40	2					x	x
4a	Vollständig umschlossener Bahnsteig	100	0,4	28	50	40	40	50	3	x	x	x	x		
4b	Vollständig umschlossener Bahnsteig	200	0,5	28	100	80	80	100	6						x
5a	Abri Bahnsteig	20	0,4	45					2	x	x	x	x	x	x
5b	Warteraum	50	0,6	28					6		x	x	x	x	x
6a	Vollständig umschlossene Treppe/Rolltreppe	20	0,4	45					0,5	x					
6b	Vollständig umschlossene Treppe/Rolltreppe	50	0,4	45					1,5		x	x			
6c	Vollständig umschlossene Treppe/Rolltreppe	100	0,5	45					3					x	x
6d	Treppe/Rolltreppe sonstige	10	0,4	45					0,3	x					
6e	Treppe/Rolltreppe sonstige	20	0,4	45					0,6		x	x	x	x	x
7a	Überweg (nur für Fußgänger)	10	0,3	50					0,25	x	x	x			
7b	Überweg (Verkehr + Fußgänger)	20	0,4	50					0,25	x	x	x			
8a	Fahrgasttunnel/Querweg geschlossen	50	0,5	28					1,5	x	x	x			
8b	Fahrgasttunnel/Querweg geschlossen	100	0,5	28					3					x	x
9a	Fußgängerbrücke/Querweg sonstige	10	0,4	45					0,3	x					
9b	Fußgängerbrücke/Querweg sonstige	20	0,4	45					0,6		x	x	x	x	x
10	Bahnhofshalle	100	0,6	28					4	x	x	x	x	x	x
11	Transfer allgemein	5	0,3	55					0,15	x	x	x	x	x	x

Die erforderliche Farbwiedergabe ist in allen Fällen $\geq R_a 80$.

Erläuterung pro Transferbereich:

2	Rampen für den Transfer: ProRail-Norm, ist nicht in der TSI/PRM enthalten. Steigungen mit einer Neigung von weniger als 1:25 sind „falsch platt“ und werden wie offene Bahnsteige beleuchtet
5a	Ein Abri ist eine Schutzvorrichtung für kurze Aufenthalte (außerhalb des Gebäudes mit oder ohne Tür)
5b	Ein Wartebereich ist ein beheizter Innenraum (in dem sich Fahrgäste länger aufhalten können und ein Buch lesen können)
6	Treppe/Rolltreppe: Gilt für Treppen, die mit einer blinden Leitlinie ausgestattet sind (Hauptgehweg); Treppen ohne Leitlinie als offener Bahnsteig beleuchten (z. B. kleine Treppen zum P+R oder zu Fahrradstellplätzen)
6abc	Vollständig umschlossene Treppe/Rolltreppe: z. B. vollständig umschlossene Treppen zu Tunneln und umschlossene Treppen zu Querwegen
6de	Treppe/Rolltreppe sonstige: = Nicht vollständig geschlossene Treppen, z. B. offene Treppen oder Treppen mit Überdachung und offenen Wänden, z. B. zu Böschungen, Unterführungen, Querwegen und Fußgängerbrücken
7a	Überweg nur für Fußgänger (ProRail-Norm, ist nicht in der TSI/PRM enthalten)
7b	Überweg: Überweg für Verkehr und Fußgänger vgl. TSI/PRM (Beleuchtungsniveau am Überweg an die Beleuchtung des angrenzenden öffentlichen Weges)
11	Transfer allgemein: Transferbereiche, die in dieser Tabelle nicht angegeben sind, wie z. B. der Weg vom Bahnsteig zum Bus oder Taxi über ProRail-Gelände (z. B. Bahnhofsplatz)

1.4 Beleuchtungsstandards EU und ProRail

Die Beleuchtung am Arbeitsplatz muss in den Niederlanden der NEN-EN12464 entsprechen. Die Beleuchtung auf Bahnhöfen muss der EU-Norm TSI/PRM entsprechen. Die TSI verweist wiederum auf EN12464. ProRail hat die EN12464 in die Richtlinie RLN00012 übersetzt. Im Mai 2015 wurde die RLN00012-V008 herausgebracht, welcher Anforderungen für LED-Beleuchtung hinzugefügt wurden. Anschließend konnte das Programm „Verlichting“ mit der Vergabe beginnen. Im Jahr 2016 wurden aufgrund der Erkenntnisse aus dem Programm eine Version 9 und 2017 eine Version 010 veröffentlicht. Die wichtigsten Anforderungen der RLN00012 sind in der nebenstehenden Tabelle 3 aufgeführt.

Die Tabelle zeigt die Anforderungen pro Transferzone. Auf einem offenen Bahnsteig wird weniger Licht gefordert als auf einem überdachten Bahnsteig. In einem kleinen Bahnhof gelten geringere Anforderungen als in einem großen Bahnhof. Nachstehend finden Sie eine kurze Erläuterung zu den Spalten:

E_m	= Durchschnittliche Beleuchtungsstärke in Lux
U_0	= Gleichmäßigkeit (E_{min}/E_m) in der Lichtberechnung oder -messung
(u)GR	= Blendwirkung (Zahl aus der Berechnung)
E_{pv}	= Vertikale Beleuchtungsstärke in einem Punkt quer oder längs der Strecke.
E_{mv}	= Vertikale Beleuchtungsstärke flächennmäßig quer oder längs der Strecke.
W/m^2	= Leistung pro m^2 Bodenfläche; <i>W/m^2 ist das Maß für die Nachhaltigkeit der Beleuchtung (auch Energieleistung oder EPA genannt). Die $0,15 W/m^2$ an einer Haltestelle ist noch immer extrem niedrig. Zur Veranschaulichung: Ein Seitenbahnsteig einer Haltestelle ist z.B. 3 m breit und hier steht alle 16 m ein Mast. Ein EPA von $0,15 W/m^2$ führt dann zu einem Verbrauch von $48 \cdot 0,15 = 7 W$ pro Mast (während dies jetzt häufig bei $20 W$ liegt). Bei schmaleren Bahnsteigen müssen also noch schwächere Leuchten eingesetzt werden, um die EPA zu erfüllen.</i>
Bahnhofstyp:	In dieser Spalte ist angegeben, welche Zeile (Anforderung) zu welchem Bahnhofstyp gehört. In den Niederlanden kennen wir 5 Bahnhofstypen (von Halte bis Kathedraal). Je größer der Bahnhof ist, desto höher sind die Anforderungen an die Beleuchtung.

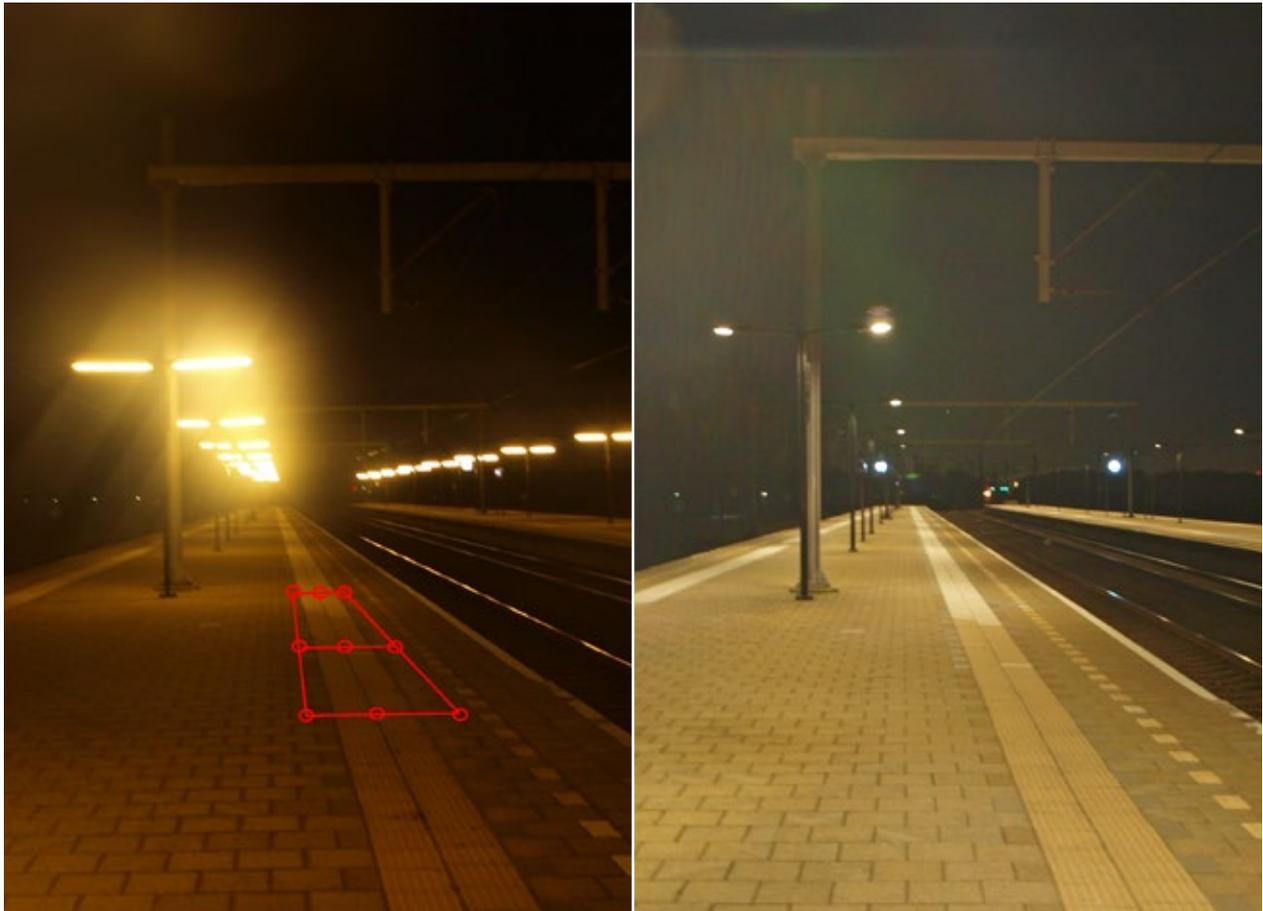


Werte, die nicht in der Tabelle stehen, sondern als separate Anforderung für alle LED-Leuchten in RLN00012:

R_a	= Farbsättigung des Lichts. Eine Leuchtstoffröhre ist $R_a 80$. Das bedeutet, dass ein Mensch bei Leuchtstoffröhrenlicht nur 80 % der Farben sieht, die er tagsüber sieht. Eine Natriumleuchte verfügt über $R_a 20$, was bedeutet, dass praktisch keine Farben sichtbar sind, nur hell und dunkel. Bei $R_a 20$ fühlt sich ein Raum gespenstisch an und das Gefühl der Unsicherheit nimmt zu. ProRail verlangt mindestens $R_a 80$, auch bei LED-Licht. In den Innenräumen wurden 2022 häufig bereits LEDs mit $R_a 90$ eingesetzt.
Lm/W	= Der Lichtertrag einer Leuchte. ProRail verlangt 100 Lm/W. Ältere Leuchten sind meistens mit weniger effizienten LEDs ausgestattet oder haben mehr Wärmeverluste und erreichen oft nur 60 Lm/W. LEDs werden immer besser und 2022 sind oft schon 150 Lm/W möglich. Zum Vergleich: Eine Glühbirne liefert etwa 10 Lm/W und ist damit 10-mal unwirtschaftlicher als eine LED. Eine Leuchtstoffröhre liefert 50 Lm/W und ist damit doppelt unwirtschaftlicher als eine LED.

Erläuterungen unter der Tabelle:

Diese Punkte wurden zu V009 aufgrund der Erfahrungen aus dem Programm „Verlichting“ hinzugefügt. Rampen sind in der Regel 2x stärker beleuchtet als Plattformen. Es hat sich jedoch als sinnlos erwiesen, jede noch so kleine Steigung zusätzlich zu beleuchten. Daher wurde die Definition von „falsch platt“ hinzugefügt. Ebenso wurde der Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Treppen sowie zwischen Treppen innerhalb des Hauptgangs und kleinen Treppchen außerhalb des Hauptgangs hinzugefügt. In der RLN00012 wird beschrieben, wie alle Größenordnungen entworfen, berechnen und messen kann. In diesem Buch wollen wir nicht zu tief darauf eingehen.



Bahnhof Voorschoten, links mit Leuchtstoffröhren und rechts mit LED. In Rot die 9 Messpunkte

Messpunkt	Lux	Messpunkt	Lux	Messpunkt	Lux
1.	4,3	2.	4,1	3.	3,8
4.	7,8	5.	6,4	6.	5,2
7.	21	8.	11,9	9.	8,5

Anmerkungen:

Ergebnisse

Ergebnisse	Berechneter Wert	NEN12464		Memo 4Infra (abgeleitet von NEN12464)	
		Norm:	Erfüllt:	Norm:	Erfüllt:
Lux gem. (E_m)	8,11	5	Ja	5	Ja
Gleichmäßigkeit (U_0)	0,47	0,2	Ja	0,2	Ja

Die 9 gemessenen Lux-Werte im Bahnhof Voorschoten, unter anderem mit dem durchschnittlichen Lux-Wert (E_m) und der berechneten Gleichmäßigkeit oder Uniformität (U_0).

Der durchschnittliche Lux-Wert (E_m) aus der Messung = 8,11 Lux und erfüllt großzügig die Norm von 5 Lux an einer Haltestelle. Die Gleichmäßigkeit (E_{min}/E_m) der 9 Messpunkte beträgt $3,8 / 8,11 = 0,47$ und erfüllt ebenfalls großzügig die Norm von 0,2

Hier erläutern wir die zwei wichtigsten Größenordnungen aus Tabelle 3. Dies sind die durchschnittliche *Beleuchtungsstärke* auf dem Bahnsteig (E_m) und die *Gleichmäßigkeit* auf dem Bahnsteig (U_0).

Im Jahr 2015 haben wir ein Pilotprojekt mit LED im Bahnhof Voorschoten durchgeführt. Wir haben die alte Leuchtstoffröhrenbeleuchtung, die eine schlechte Gleichmäßigkeit und dunkle Flecken zwischen den Masten aufwies, durch LED-Beleuchtung ersetzt, wodurch die Gleichmäßigkeit nun viel besser ist (siehe nebenstehende Fotos). Das liegt daran, dass LED-Leuchten eine bessere Optik (Linsen) haben, welche auch die Pflastersteine zwischen den Masten gut beleuchten. Das Licht wird nur auf den Bahnsteig und nicht auf das Gleis oder die Umgebung gerichtet. Indem wir keine unnötigen Flächen beleuchten, sparen wir auch Energie und verringern die Lichtverschmutzung. Da der Bahnhof Voorschoten direkt an den Dünen liegt, ist dies auch ein Gewinn für die Flora und Fauna im Dünengebiet. Die neuen Leuchten auf dem zweiten Bahnsteig auf dem rechten Foto sind fast nicht zu sehen, während sie in der alten Situation (Foto links) zu sehen waren. Auch für Triebfahrzeugführer sind die neuen Leuchten deutlich weniger blendend. Der Triebfahrzeugführer blickt nirgends direkt in die Leuchte, außer wenn er bei der Durchfahrt durch den Bahnhof zur Seite schaut. Mit den alten Leuchten konnte er den Bahnhof schon von weitem am Horizont sehen. Es kam sogar vor, dass nach dem Austausch der LEDs die Triebfahrzeugführer den Bahnhof übersahen, weil sie das wenige Licht nicht gewohnt waren.

Eine Beleuchtungsplanung wird normalerweise in einem Dialux-Modell simuliert. Die Leuchte und die Optik werden auf der Grundlage der Abmessungen des Bahnsteigs, der Masten und der Beleuchtungsanforderungen bestimmt. Nach der Umsetzung wird die tatsächliche Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit mit einem Beleuchtungsmesser gemessen. Die durchschnittliche Beleuchtungsstärke (E_m in Lux) ist gemäß RLN00012 mit einem Luxmessgerät an 9 Messpunkten rund um die Leitlinie zu messen: 3 unter dem Mast, 3 zwischen zwei Masten und 3 Punkte dazwischen (siehe links nebenstehendes Foto). Die Gleichmäßigkeit wird dann berechnet, indem der niedrigste Lux-Wert durch den durchschnittlichen Lux-Wert geteilt wird (E_{\min}/E_m).

Auf dem Bahnhof Voorschoten war nicht die Zugänglichkeit der Grund für das Anbringen von LEDs. Die Gründe hierfür sind vor allem die Vermeidung von Streulicht und die Energieeinsparung.

Vom Budget für das Programm „Verlichting“ waren 40 % für die Zugänglichkeit, 40 % für die Funktionshandhabung (große Wartung), 10 % für LED und 10 % für die Dimmung bestimmt. Um die Budgetierung nicht unnötig kompliziert zu machen, haben wir die Verhältnisse der Beiträge nicht angepasst, wenn die Zugänglichkeit in einem Bahnhof eine größere Rolle spielte als die große Wartung in einem anderen.



Up- und Downlights in der Amsterdam Bijlmer Arena nach dem LED-Austausch.





Monumentale Überdachung des Bahnhofs Hengelo. Bestehende Kelchleuchten wurden mit neuen LED-Innenleben ausgestattet (Retrofit-Module).

1.5 Nationaldenkmäler und Kollektionsbahnhöfe

Einige Bahnhöfe sind Nationaldenkmäler. Dies bedeutet, dass wir für den Austausch der Beleuchtung eine Genehmigung bei der Denkmalkommission der entsprechenden Gemeinde beantragen mussten. Das „Bureau Spoorbouwmeester“ hat ein paar Bahnhöfe als charakteristisch für ihre Zeit identifiziert. Dies sind die „Collectie Bijzondere stationsgebouwen“. Bei der Erneuerung der Beleuchtung an den Kollektionsbahnhöfen ist eine Rücksprache mit dem „Bureau Spoorbouwmeester“ erforderlich. Die Website des „Bureau Spoorbouwmeester“ zeigt, welche Bahnhöfe Nationaldenkmäler sind und welche zur Kollektion gehören:

www.spoorbeeld.nl/inspiratie/de-waarde-van-een-collectie.

Auf den nebenstehenden Fotos, welche die Überdachung des Bahnhofs Hengelo zeigen, sind Retrofit-Module angebracht. Retrofit war 2016 im Programm „Verlichting“ verboten, da die Lieferanten keine lebenslange Garantie bieten konnten (insbesondere in Bezug auf den Wärmehaushalt). 2022 sind Retrofits inzwischen zuverlässig, mit einer Garantie von 100 000 Brennstunden. Aus Nachhaltigkeits- und Kostengründen wird nun häufig Retrofit gewählt.



Kropswolde
1915
MESS
Gemeentelijk monument



Leerdam
1881
MESS



Leeuwarden
1863
MESS
K.H. van Brederode
Rijksmonument



Lunteren
1902
SV
Rijksmonument



Maastricht
1913
MESS
G.W. van Heukelom
Rijksmonument



Marienberg
1905
NOLS
Ed. Cuypers
Gemeentelijk monument



Meppel
1866
MESS
K.H. van Brederode
Rijksmonument



Middelburg
1870
MESS
Rijksmonument



Naarden-Bussum
1925
MESS
H.G.J. Schelling
Provinciaal monument



Nijkerk
1863
NCS
N.J. Kamperdijk
Gemeentelijk monument



Nunspeet
1906
NCS



Obdam
1898
HSM
Provinciaal monument



Oisterwijk
1863
MESS
K.H. van Brederode
Rijksmonument

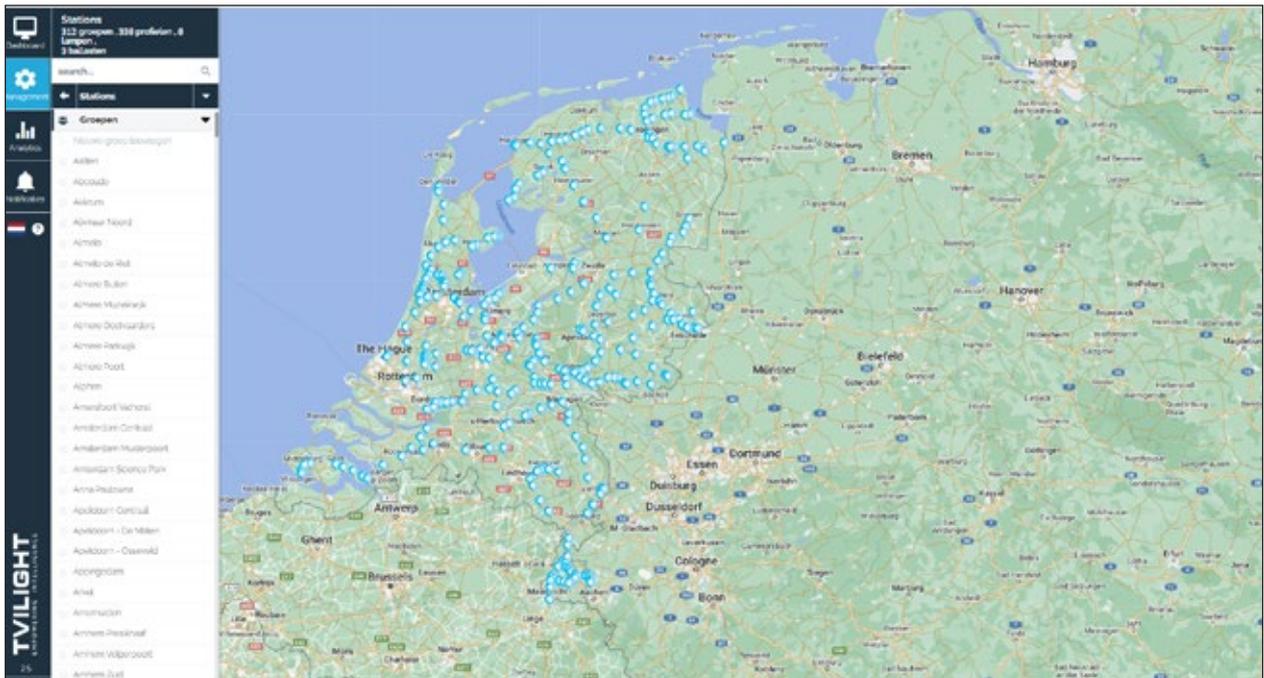


Ommen
1902
NOLS
Ed. Cuypers



Oudenbosch
1885
AR
Rijksmonument

Eine Seite aus dem Buch der Kollektionsbahnhöfe, auf der auch angegebene Bahnhöfe ebenfalls Nationale Denkmäler sind.



Eine Übersicht im Portal der Bahnhöfe, an denen gedimmt wird.



Die Sensoren und das Gateway, wie sie im Portal des Bahnhofs Abcoude zu sehen sind.

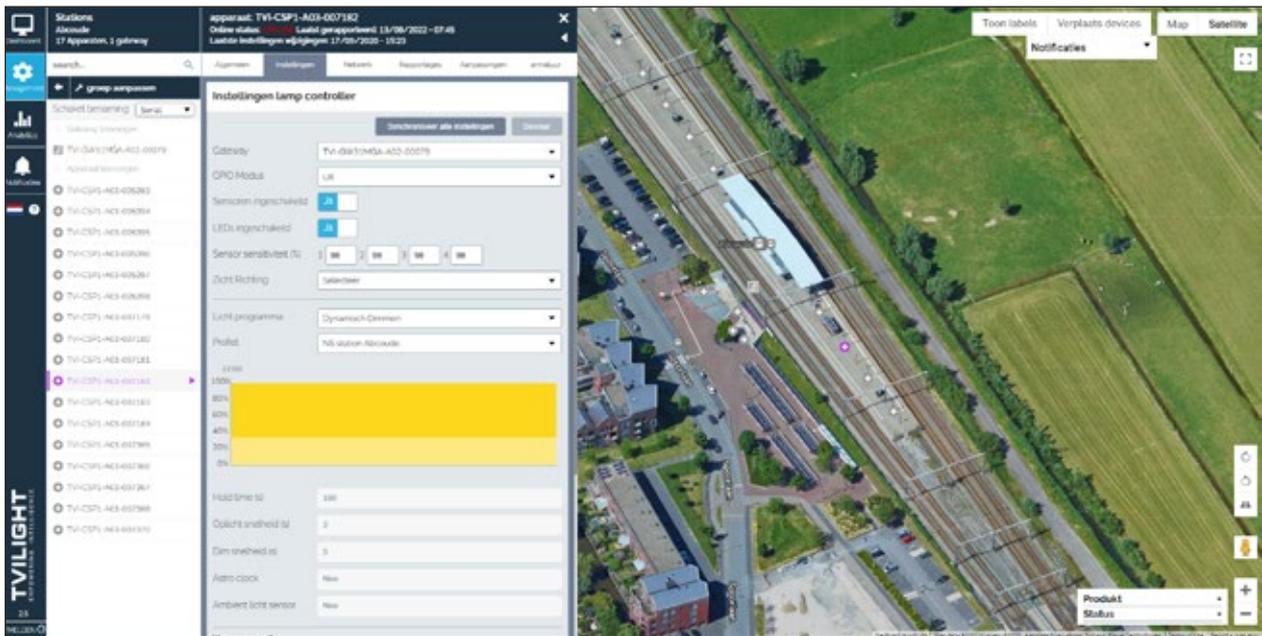
1.6 Dimmen und Monitoring aus der Ferne

Die meisten Fahrgäste stehen etwa 50 Meter von den Bahnsteigaufgängen entfernt (die Einstiegszone) und warten auf ihren Zug. Bahnsteige sind in der Regel 300 Meter lang. Denn die Betriebskonzession von ProRail sieht vor, dass der längste Intercity auch im Katastrophenfall an allen Haltestellen halten können muss. Wenn sich auf dem offenen Bahnsteig außerhalb der Einstiegszone keine Fahrgäste befinden, kann die Beleuchtung dort gedimmt werden. Das menschliche Auge nimmt logarithmisch wahr. Das bedeutet, dass wir einen Rückgang der Beleuchtungsstärke um 3:1 nicht bemerken. Im Zusammenhang mit der sozialen Sicherheit dimmen wir nicht bis auf 0 %, sondern auf 33 %.

Das Dimmen wird über Sensoren an jedem Mast gesteuert. Wenn ein Fahrgast am Mast vorbeigeht, signalisiert der Sensor, dass die Beleuchtung auf 100 % muss (ähnlich wie in einer Toilette, wo das Licht beim Betreten automatisch eingeschaltet wird). Der Sensor ist über 2 Dali-Steuerungsadern mit dem Treiber der Mastleuchte gekoppelt. Die Sensoren an den Masten sind über ein drahtloses Mesh-Netzwerk (Zigbee, industrielles Wi-Fi) und ein Gateway (im Straßenschaltkasten oder an einem der Masten) miteinander verbunden. Der Gateway ist ein kleiner PC, der über eine SIM-Karte eine Verbindung zum Portal (Website des Administrators) herstellt.

Es gibt mehrere solcher Dimmsysteme, die auch auf Radwegen oder in Wohngebieten weit verbreitet sind. ProRail hat das Dimmsystem in einem der 4 Rahmenverträge für Leuchten in Auftrag gegeben. Der Leuchtenlieferant ist Van Doorn und der Hersteller des Dimmsystems ist TVilight. Im Bahnhof Diemen haben wir einmalig ein ähnliches System von Luminext eingesetzt. Dieses ist jedoch teurer und hat ein anderes Portal. In Bezug auf die Verwaltung ist es nicht wünschenswert, mit verschiedenen Systemen und Portalen zu arbeiten.

Das Programm „Verlichting“ hat die Haltestellen und die Basisbahnhöfe mit dem TVilight-Dimmsystem ausgestattet. An größeren Bahnhöfen dimmen wir nicht, weil die Bahnsteige dort oft nicht ganz leer sind. In Den Haag HS, Amsterdam Centraal und Rotterdam Centraal befinden sich auf den offenen Bahnsteigen außerhalb der Überdachung fast nie Fahrgäste. Dort wird gedimmt, um die Nachbarschaft nicht zu belästigen. An Haltestellen und Bahnhöfen, an denen Nachtzüge verkehren (Strecke Rotterdam, Amsterdam, Utrecht), dimmen wir die Beleuchtung nicht, da die Züge dort die ganze Nacht fahren und das Licht fast keine Zeit zum Dimmen hat. Bis 2022 werden die Masten auf insgesamt 280 Bahnhöfen gedimmt.



Dieser Bildschirm zeigt die Dimmeinstellungen von 100 % bis 33 % sowie die Haltezeit, Lichtgeschwindigkeit und Dimmggeschwindigkeit an.



Das Dashboard des Portals zeigt, dass das Dimmen in den letzten sechs Monaten 137 000 kWh eingespart hat.

Wenn wir im Portal auf einen Sensor klicken, können wir sehen, welche Einstellungen vorgenommen wurden. Der Sensor dimmt dynamisch (abhängig von den Personen) 24 x 7 lang. Tagsüber funktioniert der Sensor nicht, weil die Masten dann keinen Strom haben. Wird der Dämmerungsschalter tagsüber überbrückt, werden die Masten ebenfalls dynamisch gedimmt.

Außerdem ist festzustellen, dass die Haltezeit 180 Sekunden beträgt. Das bedeutet, dass die Leuchte zu 100 % noch 180 Sekunden weiter brennt, nachdem eine Person wahrgenommen wurde und erst danach auf 33 % zurückgeht. Die Aufleuchtgeschwindigkeit beträgt 3 Sekunden und die Dimmgeschwindigkeit ebenfalls 3 Sekunden. Das bedeutet, dass das Licht innerhalb von 3 Sekunden von 33 % auf 100 % aufleuchtet, wenn ein Fahrgast erkannt wird, damit er so wenig wie möglich davon mitbekommt. Nach 180 Sekunden dimmt die Leuchte ebenfalls in 3 Sekunden von 100 % auf 33 %. Um zu verhindern, dass ein Fahrgast in ein dunkles Loch geht, werden auch benachbarte Masten auf 100 % gesetzt, wenn ein Sensor einen Fahrgast erkennt. Die Einstellung der benachbarten Masten kann ebenfalls über das Portal gesteuert werden.



Ein Sensor



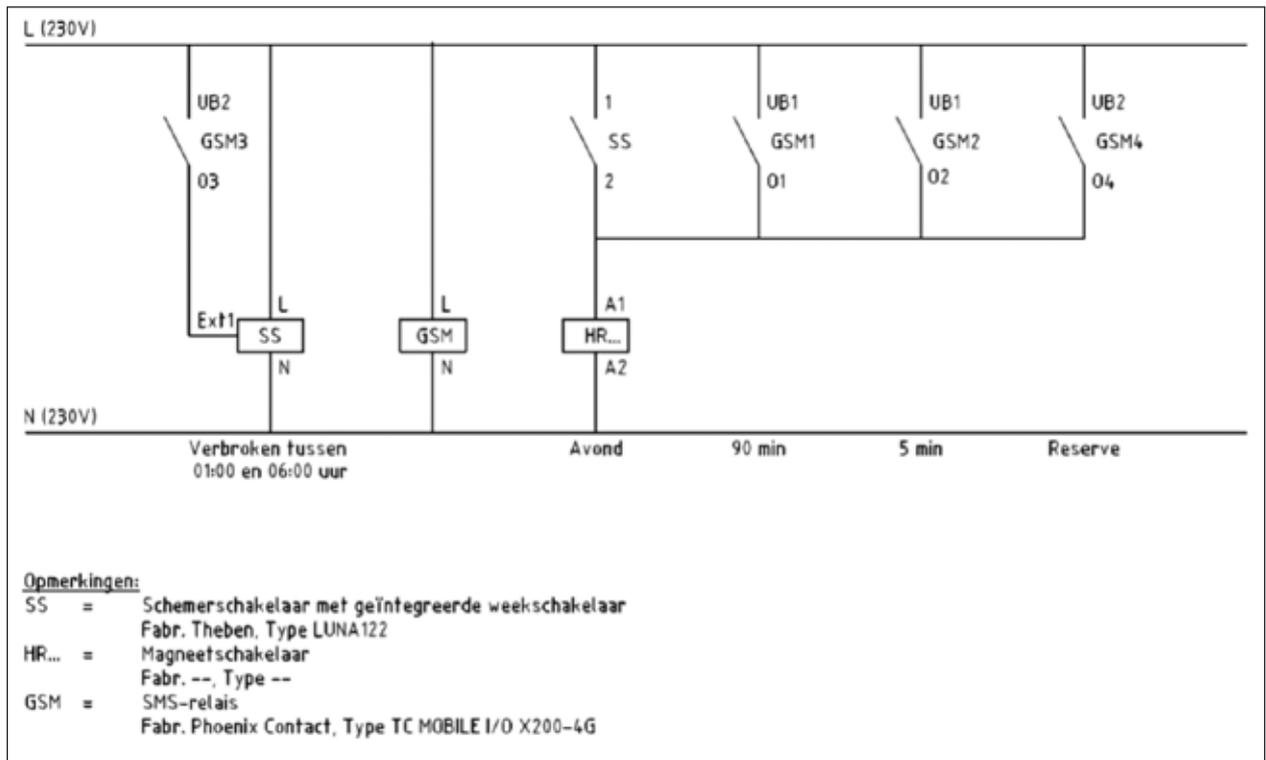
Ein Gateway

An Haltestellen und Basisbahnhöfen werden die Masten ca. 80 % der Zeit auf 33 % gedimmt. Dadurch sparen wir $80 \% \times 77 \% = 61 \%$ Strom. Die LED-Leuchte an einem Mast hat eine Leistung von etwa 10 W. Der Verbrauch des Sensors und des Gateways beträgt etwa 1 W pro Mast. Das Dimmsystem spart also mit 1 W pro Mast $60 \% \times 10 \text{ W} = 6 \text{ W}$. Die Nettoeinsparung beträgt also etwa 5 W (50 %) pro Mast.

Neben der Stromeinsparung ist das Dimmsystem auch weniger belastend für die Umwelt und die Lebensdauer der LEDs ist umso länger, je weniger sie belastet werden. Ein zusätzlicher Vorteil des Dimmsystems ist, dass der Betreiber im Portal sehen kann, ob es Störungen gibt (Fernverwaltung). Das Portal kann dem Betreiber auch tägliche oder wöchentliche Statusberichte per E-Mail zusenden. Infolgedessen sind weniger Kontrollgänge erforderlich, und der Störungsdienst ist nicht mehr auf eine Störungsmeldung der Fahrgäste angewiesen.



Links der Testaufbau von GSM-Relais und Zeitschaltuhr. Rechts: die eingebauten Relais und die Uhr im Bahnhof Arnhem Velperpoort.



Die Schaltung in Arnhem Velperpoort.

Das GSM-Relais unterstützt 4 Signale (GSM1,2,3,4). Bei GSM1 (Sim-Karte anrufen) schließt der Ausgang UB1 und die Beleuchtung wird für 90 Minuten für das Kehrpersonal überbrückt (bleibt 90 Minuten lang geschlossen). Bei GSM2 (SMS mit INSPECTION an die SIM-Karte) wird UB1 für 5 Minuten geschlossen (Licht leuchtet 5 Minuten lang). GSM3 (SMS mit EVENEMENT an die SIM-Karte) ist für Veranstaltungen, die länger als ein paar Tage dauern (z. B. Pinkpop in Landgraaf, De Zwarte Cross in Groenlo). Mit GSM3 wird die Zeitschaltuhr ausgeschaltet und die Beleuchtung ist von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang eingeschaltet (damit keine Personen auf dem Bahnsteig einschlafen und möglicherweise unter einen Nachtgüterzug rollen). GSM4 ist Reserve und wird von uns nicht verwendet.

1.7 Dämmerungsschalter und Fernschaltung für Wintermaßnahmen

In den Bahnhöfen muss die Beleuchtung gemäß der ProRail-Konzession von einer halben Stunde vor Sonnenuntergang bis eine halbe Stunde nach dem letzten Zug und von einer halben Stunde vor dem ersten Zug bis eine halbe Stunde nach Sonnenaufgang eingeschaltet sein.

Dies wird mithilfe eines Dämmerungsschalters und einer Zeitschaltuhr gesteuert. Der Dämmerungsschalter ist vorrangig. Wenn tagsüber kein oder nur wenig Licht vorhanden ist (z. B. bei Gewitter), schaltet der Dämmerungsschalter das Licht ein. Die Zeitschaltuhr schaltet das Licht zwischen etwa 01:00 und 05:00 Uhr aus (je nach Fahrplan des Bahnhofs). Die Zeitschaltuhr spart also etwa 4 Stunden Brenndauer pro Nacht. Der Nutzen ist groß: weniger Energieverbrauch, weniger Beeinträchtigung für Umwelt, Flora und Fauna. Außerdem halten die neuen Lampen länger.

Mechanische Zeitschaltuhren haben in der Vergangenheit manchmal versagt, wodurch das Licht die ganze Nacht brannte. Für Inspektions- oder Nacharbeiten müssen der Dämmerungsschalter und die Zeitschaltuhr manuell außer Kraft gesetzt werden. Die Überbrückung schaltet nach 24 Stunden von selbst ab. Bei mechanischen Zeitschaltuhren schaltete die Überbrückung jedoch manchmal nicht ab. Die mechanischen Zeitschaltuhren sind inzwischen durch elektronische Uhren ersetzt worden. Dadurch wird die Tag-Nacht-Steuerung zuverlässiger.

Bei Frost oder Schnee muss das Streupersonal rechtzeitig vor dem ersten Zug Schnee räumen und Salz streuen (Wintermaßnahmen). Um die Wintermaßnahmen sicher durchführen zu können, muss die Beleuchtung nachts eingeschaltet werden. Dazu nutzt NS Fernbedienungen, die an das Streupersonal ausgegeben werden. Diese Fernbedienungen sind störanfällig und kompliziert zu handhaben. Deshalb hat das Programm „Verlichting“ gemeinsam mit NS im Jahr 2020 ein GSM-Relais mit SIM-Karte im Bahnhof Arnheim Velperpoort als Ersatz für die Fernbedienung getestet. Das Streupersonal kann die SIM-Kartennummer anrufen, um die Beleuchtung für 1,5 Stunden einzuschalten. Es ist nicht möglich, die Beleuchtung mit der SIM-Karte auszuschalten. Es besteht also nicht die Gefahr, dass Dritte die Bahnhöfe dunkel schalten, wenn die Nummer in falsche Hände gerät. Derzeit installiert NS das GSM-Relais in Absprache mit dem Programm „Verlichting“ an allen Haltestellen und Basisbahnhöfen.

Die manuelle Überbrückung im NS-Versorgungsraum konnte nur vom NS-Hausinstallateur geschaltet werden. Ein Bahnhofs- oder Schienenauftragnehmer musste für Nacharbeiten immer den NS-Hausinstallateur für die Schaltung beauftragen. Mit dem GSM-Relais wird dies umgangen.

Der Auftragnehmer kann eine SMS an das Handy-Relais senden, dass z. B. das Licht 8 Stunden lang eingeschaltet bleiben muss. Inspektoren und Bahnhofsverwalter, die regelmäßige Inspektionsrunden an den Bahnhöfen durchführen, können nun auch selbst während einer Inspektion das Licht einschalten, indem sie anrufen oder eine SMS schicken.

1.8 Memo Übergabestruktur

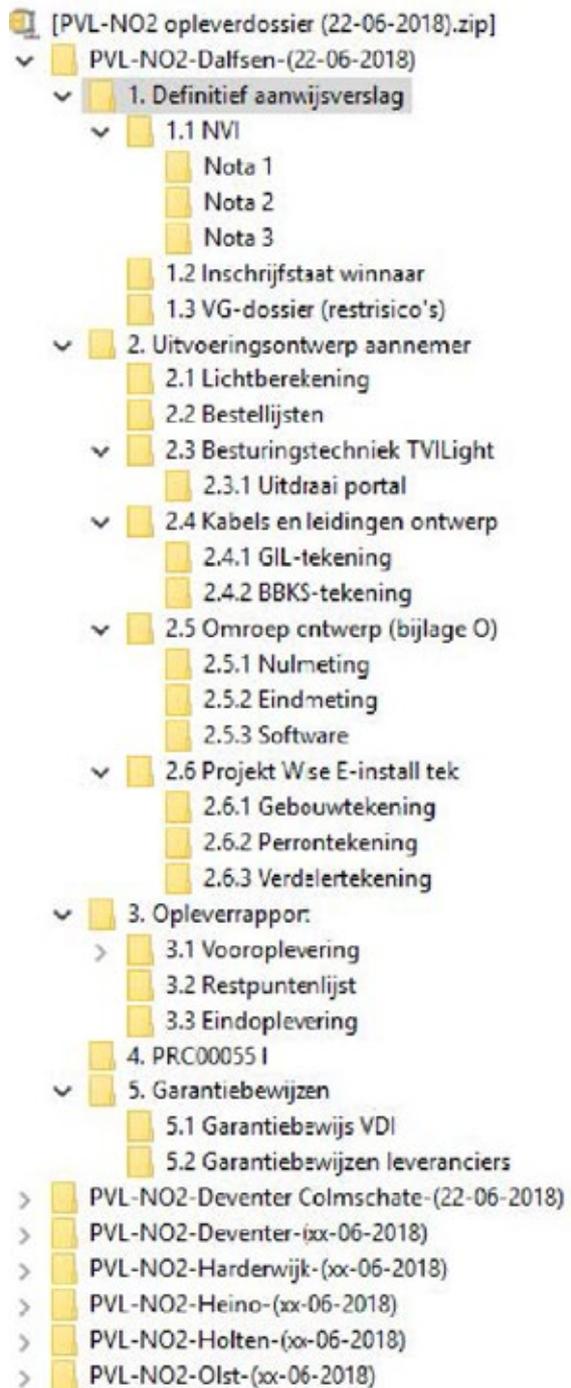
Bevor wir mit der Einführung des Programms „Verlichting“ begannen, schrieben wir das „Memo structuur Opleverdossier“. So wussten die fünf am Programm beteiligten Auftragnehmer im Voraus, welche Dokumente und Daten sie zu übergeben hatten. Ziel war es, dass sie während des Engineerings bereits sofort pro Bahnhof ihre Akte anlegen konnten. Damit sollte vermieden werden, dass man anschließend Hunderte Dateien und Versionen durchsuchen musste, um eine stimmige Akte zusammenzustellen.

In der Praxis war dies bei den ersten übergebenen Bahnhöfen noch recht mühsam. Aber bei den folgenden Bahnhöfen wurde das Führen und allmähliche Füllen der Akte immer mehr zur Selbstverständlichkeit. Auch hier zeigt sich der Vorteil eines Programms: Mit einer lernenden Organisation vermeidet man es, den gleichen Fehler 400 Mal zu machen.

Wir haben die Struktur der Übergabeakten in einer Zip-Datei als leere Ordnerstruktur angeliefert. Die Auftragnehmer füllten dann die Zip-Datei pro Bahnhof. In den Jahren 2021 und 2022 wurden schließlich die Fertigstellungsdateien aller 400 Bahnhöfe als Zip-Dateien auf Sharepoint gestellt.

Die Zip-Datei enthält auch alle Dokumente, die über SAP/PLM bei folgenden Stellen eingereicht wurden:

1. Die Region (z. B. BBKS)
2. SAP (z. B. Objektdaten, Füllprofile der Leuchten, Lichtmasten, Lautsprecher etc.)
3. NS-Daten wie E-Zeichnungen, die bei NS Projectwise eingehen.



Neben den Zeichnungen werden für jedes Objekt in der SAP-Datenbank auch die Wartungsdaten für die Verwaltung erfasst. 2016 stellte sich heraus, dass nur wenige individuelle Objekte in SAP angelegt haben. Daher haben wir die meisten Daten nicht geändert, sondern neu eingegeben. Dazu gehören unter anderem:

1. Lichtmasten standen noch nicht in SAP.
2. Leuchten wurden häufig als generisches Objekt pro Bahnhof in SAP eingetragen (z. B. mit der Beschreibung „Beleuchtung Bahnhof Weesp“) und nicht als spezielle Objekte (z. B. „Mastleuchten Gleis 1 Weesp“). Es war also nicht möglich zu erkennen, welcher Leuchtentyp an welchem Ort angebracht war. Zu diesem Zweck haben wir pro Bahnhofsobjekt folgende Vereinbarung für die Bezeichnung im Memo festgelegt:

„[Ausrüstungstyp] [Transferzone] [Position] [ergänzende Details zur Position] [Abkürzung der Bahnhöfe]“

also z. B.:

„Beleuchtung Bahnsteig Gleis 1 Rtd Seite Gvm“
„Beleuchtung Überdachung Gleis 2/3 Überdachung Gv Seite Gvm“
„Modulare Röhre Gleis 2/3 Gvm“

NB: Bei der Bezeichnung nicht Bahnsteig 1 und Bahnsteig 2 verwenden, sondern Gleis 1, Gleis 2, da nur die Gleisnummern (und nicht die Bahnsteignumern) deutlich in den Bahnhöfen gekennzeichnet sind.

3. Pro Leuchte sind das Fabrikat und der Typ in SAP im Feld Bemerkung festgelegt (da kein anderes Feld zur Verfügung stand).
4. Die Wartungsfrist der Leuchten beträgt jetzt 10 Jahre (50 000 Brennstunden) anstelle von 2 Jahren.
5. Dimmsensoren und das entsprechende Gateway wurden in SAP zugefügt.
6. Modulare Rohre (für GleisLAN Glasfasern) wurden in SAP zugefügt, als der Bahnsteig aufgegraben wurde.
7. Lautsprecher wurden ausgetauscht und in SAP aktualisiert, wenn sie ausgedient hatten.

Für ProjectWise wurde das Dokument „33 Tekenhandboek NS Projectwise V20 (08-05-2018).pdf“ als verbindliches Dokument hinzugefügt. Darin heißt es unter anderem, dass in den NS-Wartungsplänen oberhalb der unteren Ecke eine Ausrüstungsliste hinzugefügt wurde. Vor 2015 hatte NS Hausinstallateur dies bei der gelegentlichen Wartung fast nie hinzugefügt oder aktualisiert. Das Programm „Beleuchtung“ ließ die Leuchtenliste als Legende an alle E-Zeichnungen hinzufügen (siehe nachfolgendes Beispiel für Tilburg).

ARMATUURCODELIJST

Arm. code	Omschrijving	Lamp	Fabrikant	Vermogen
G	BGP704	1xLED210-4S	Philips	166W
H	FLC240 LED 840	24xLED	WE-EF	75W
I	BGP615 DM31 830	1xLED44-4S	Philips	35W
J	BGP702 DN11 830	1xLED50-4S	Philips	42.5W

B	30-03-2021
	R-472000.Q7
VOLKERRAIL	
VERLICHTING	
PVL-ZD19	
A	03-09-2019
	P-08016
ITL	
nw. passage en renovatie Station	

Deze tekening vervangt:			
001570212	Elektrotechnische installaties Verlichting en wcd's - dak	E	9005
ProRail	Station Tilburg	1	As-built
		22.050	22.250
			Blad 01

Locatie restrisico	V&G risico- omschrijving	Mogelijke oorzaak risico	Toelichting
hal	Kroonluchter valt op reizigers	Kroonluchter met lier door plafond opgetakeld maar niet goed geborgd na verwijderen van de lier.	<p>Kroonluchter wordt opgetakeld met een takel die op de zolder staat. De kabel van de takel loopt door een sleutelgat in een UNP profiel. De kroonluchter weegt ca, 80 kg. De draagkracht van de vloer van de zolder is niet groot (gewapend beton van 100 jaar oud). Het UNP profiel is bedoeld om de vloerbelasting van het gewicht van de kroonluchter te spreiden over de zoldervloer. De kroonluchter dient daarom niet anders dan met de UNP geborgt te worden.</p> <p>Als de kroonluchter met de lier door de UNP naar boven is gehesen is dient:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) de haak door het grote deel van het sleutelgat boven de UNP getrokken te worden. 2) Het UNP profiel dient daarna opzij geschoven te worden zodat de haak in het smalle deel van het sleutelgat geborgd is 3) Tussen het grote deel en het smalle deel van het sleutelgat is een verhoging aangebracht zodat de haak niet vanuit de sleuf terug naar het ronde gat kan schuiven. 4) Met de moer rond de haak dient de kroonluchter tegen het plafond getrokken te worden. 5) Pas daarna mag de spanning van de lierkabel verwijderd worden 6) Daarna kan de lier losgekoppeld worden en gebruikt worden om een andere kroonluchter te laten zekken of op te hijsen.



1.9 V&G-Risikoakte (objektbezogene Risiken) pro Bahnhof

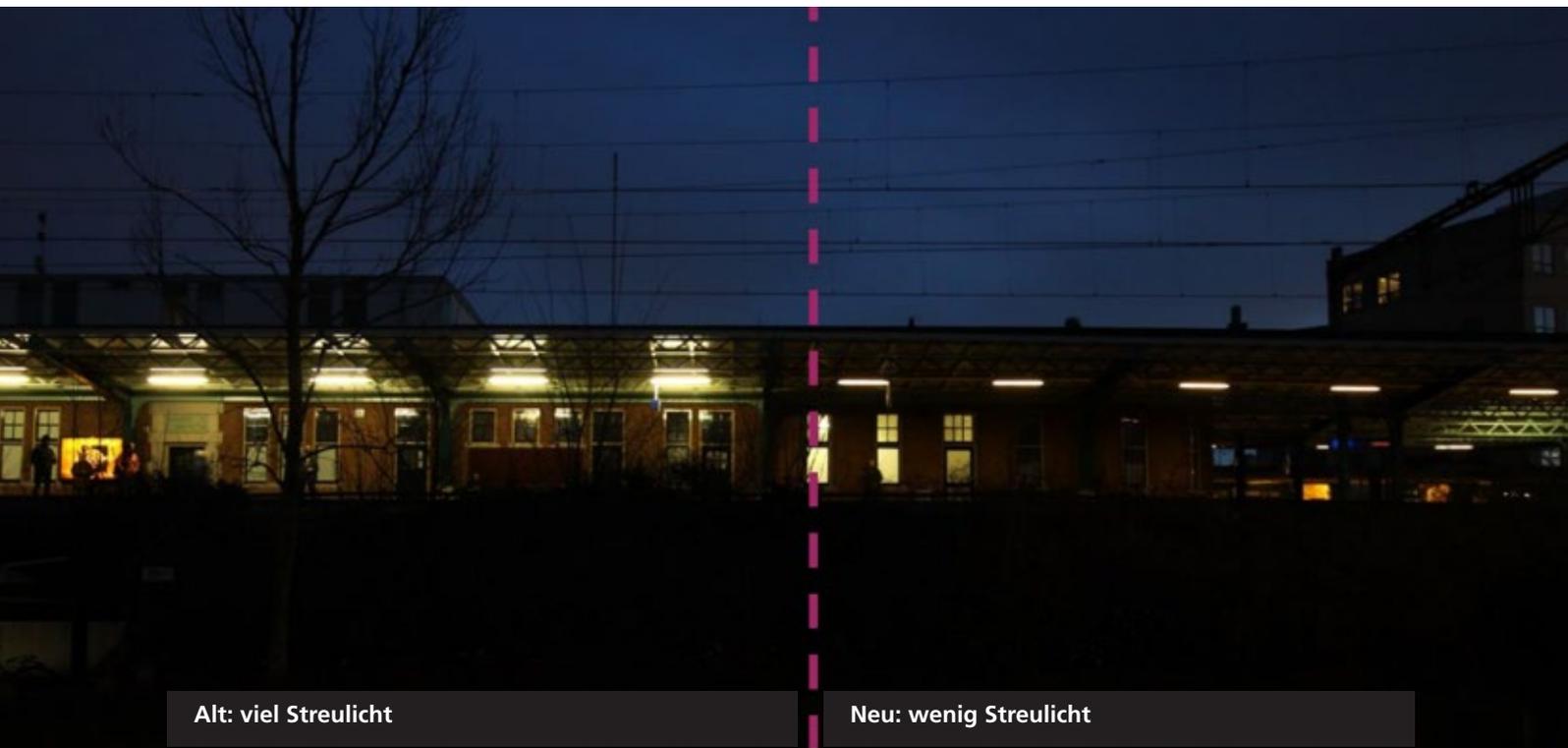
An jedem Bahnhof muss gemäß dem Gesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz (Arbowetgeving) eine Risikoakte geführt werden. Wenn bei einem Projekt Anpassungen am Bahnhof vorgenommen werden, können Restrisiken zurückbleiben. Die Restrisiken eines Projekts müssen vom Projektteam in die Risikoakte aufgenommen werden.

In der Engineering-Phase eines Projekts wird vor Beginn der Projektarbeiten eine Risikobewertung und ein Plan für Sicherheit und Gesundheitsschutz (V&G) erstellt. Der Auftraggeber muss einen Plan für die V&G-Planungsphase (V&GO) erstellen und diesem dem Auftragnehmer bei der Vergabe vorlegen. Der Auftragnehmer übernimmt die Risikoakte in einer Risikositzung mit dem Auftraggeber und arbeitet diese zu einem Arbeitsschutzplan für die Ausführungsphase (V&GU) aus. Die Risiken im Arbeitsschutzplan gelten normalerweise nur während der Bauphase (z. B. Absturzgefahr, Stromschlaggefahr). Es kommt vor, dass nach der Übergabe noch Restrisiken bestehen, welche dem Betreiber mitgeteilt werden müssen (z. B. Absturzgefahr beim Reinigen von Glasdächern, bei denen eine Absturzsicherung verwendet werden muss). Diese Restrisiken muss der Auftragnehmer in die Risikoakte des Bahnhofs aufnehmen.

Im Jahr 2015 existierte von keinem einzigen Bahnhof eine Risikoakte. Das Programm „Verlichting“ fügte daher den Auftragsvergabeunterlagen ein leeres Dokument „V&G restrisiko’s template Station.doc“ (Vorlage) hinzu.

In Maastricht haben wir Kronleuchter aufgehängt (siehe Kapitel 21). Vom Dachboden aus, 17 Meter über dem Boden der Bahnhofshalle ist es möglich, zu Wartungszwecken die Krone mithilfe eines Kabels durch eine 10 cm große Öffnung im Boden abzusenken.

In der V&G Restrisikoakte des Bahnhofs Maastricht haben wir erklärt, wie man die Kronleuchter sicher absenken kann und welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die Absturzgefahr oder die Gefahr von herabfallenden Materialien zu vermeiden (siehe links auf dieser Seite).



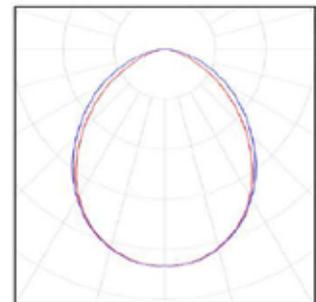
Alt: viel Streulicht

Neu: wenig Streulicht

Ansicht des Bahnhofs von der Rückseite. Auf der linken Seite: die alten Vorrichtungen. Rechts die neuen Leuchten mit viel weniger Streulicht.

Disano Illuminazione - 995 Forma LED Disano 995 33W
 CLD CELL sandblasted silver
 Lichtuitstraling 1
 Uitrusting: 1xLmI3535I/995-97
 Bedrijfsrendement: 100%
 Lampenlichtstroom: 4378 lm
 Lichtstroom armatuur: 4378 lm
 Vermogen: 65.7 W
 Lichtrendement: 66.6 lm/W

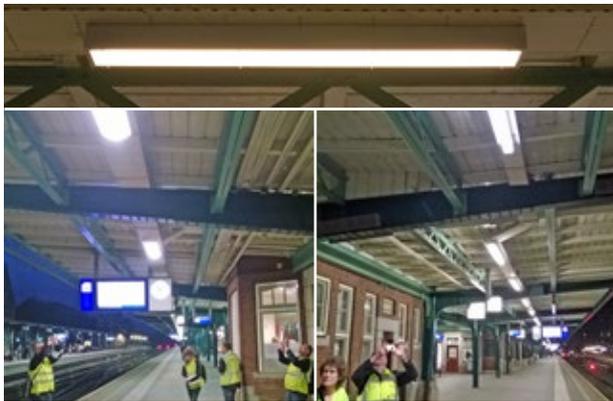
Kleurmetrische gegevens
 1xLmI3535I/995-97: CCT 3000 K, CRI 80



Die Details der gewählten Vorrichtung. Rechts ist die Lichtverteilung/der Lichtstrahl (die verwendete Optik) der Leuchte zu sehen. Das Herz der Kreise bildet die Leuchte. Der größte Lichtstrom (lm) strahlt nach unten und etwa 30 % strahlt in einem Winkel von 45 Grad zur Seite.

2 Deventer, Pilotprojekt mit Beleuchtung der Überdachung und Halle

Das Bahnhofsgebäude von Deventer ist zusammen mit Haarlem einer der am besten erhaltenen monumentalen Bahnhöfe. Der Bahnhof Deventer liegt höher als die dahinter liegenden Wohngebiete. Von der Westseite aus blicken die Bewohner auf die Unterseite der Überdachung. Infolgedessen blendete die Beleuchtung in den Abendstunden die Anwohner. Im Bahnhofsgebäude waren abends die Farben an der Innenseite des Gebäudes aufgrund der Beleuchtung mit grünlichen Quecksilberlampen und Farbwiedergabe von 20 % schlecht sichtbar, während die Anforderung 80 % beträgt ($R_a 80$).



Oben sind drei Fotos zu sehen, die während des Tests der Überdachungsleuchten zusammen mit Koninklijke Visio im Jahr 2015 aufgenommen wurden.

2.1 Deventer: Test mit Überdachungsleuchtmittel

Für die nationale Ausschreibung der Rahmenverträge des Programms „Verlichting“ haben wir Tests mit LED-Leuchten unter der Überdachung in Deventer durchgeführt. In Absprache mit einem Beleuchtungsberater wählten wir acht verschiedene Aufbauleuchten aus. Davon haben wir immer vier unter einem ruhigen Teil der Überdachung aufhängen lassen. Die Leuchten haben wir 2015 zuvor von Koninklijke Visio (vormals Blindeninstituut) und einer Gruppe Menschen mit Sehschwäche beurteilen lassen. Damit haben wir die Anforderungen der sehbeeinträchtigten Zielgruppe in der Ausschreibung im Jahr 2016 zuspitzen können. Die Schlussfolgerungen des Tests waren:

1. Eine große lichtpendende Fläche (große Überdachung) wirkt weniger blendend
2. Weniger Einblick von der Seite sorgt für einen ruhigeren Blick
3. Um Blendwirkung zu vermeiden, muss die Leuchtdichte weniger als 8000 Candela/m^2 betragen (Betrachtung mit einer Leuchtdichtekamera in der Leuchte).

2016 hat man sich für die Disano-Leuchte mit einem flachen Schirm und sehr wenig Ausstrahlung seitwärts entschieden (siehe Leuchtdaten links).

Aufgrund des Opalschirms schauen die Fahrgäste nicht direkt in die LEDs. Die Leuchte blendet dadurch weniger. Allerdings geht der Opalschirm auf Kosten des Lumen-pro-Watt-Verhältnisses. Die ProRail-Norm für LEDs lautet $> 100 \text{ Lm/W}$ und eine Glühlampe hat 10 Lm/W . Die Dialux-Daten zeigen, dass die Disano-Leuchte $65,7 \text{ W}$ verbraucht und 4378 Lumen abgibt. Das bedeutet, dass die Effizienz der Leuchte (einschließlich der Verluste im Opalschirm) $66,6 \text{ Lm/W}$ beträgt. Die LEDs in der Leuchte haben ein höheres Lm/W -Verhältnis, aber der Opalschirm senkt die Effizienz der Leuchte. Im Jahr 2016 haben wir bewusst das niedrige Lumen-/Watt-Verhältnis in Kauf genommen, weil hier das Streulicht eine höhere Priorität hatte.

An beiden Seiten der Leuchte befindet sich ein Drehgelenk. Auf diese Weise können die Stromkabel zwischen den Leuchten ordentlich unter dem Schirm durchgezogen und verlegt werden. Die Leuchten sind mit internen Kabelkanälen ausgestattet. Wenn Hunderte Leuchten auf diese Weise miteinander verkabelt werden, muss der Querschnitt der internen Durchgangsleitung dick genug für den Strom aller dahinter liegenden Leuchten sein.

Aufgrund der höheren Lage des Bahnhofs Deventer werden die Anwohner hinter dem Bahnhof schnell geblendet. Sie blicken von ihren Häusern direkt auf die Leuchten unter der Überdachung. Auf dem Foto auf der linken Seite, sind links die alten Leuchten mit konvexem Schirm, rechts die neuen LED-Leuchten mit flachem Schirm. Mit einer guten Optik kommt das Licht nur dort an, wo es gebraucht wird (auf dem Bahnsteig), und störendes Streulicht wird vermieden.



Der Bahnsteig in Deventer nach der Erneuerung.

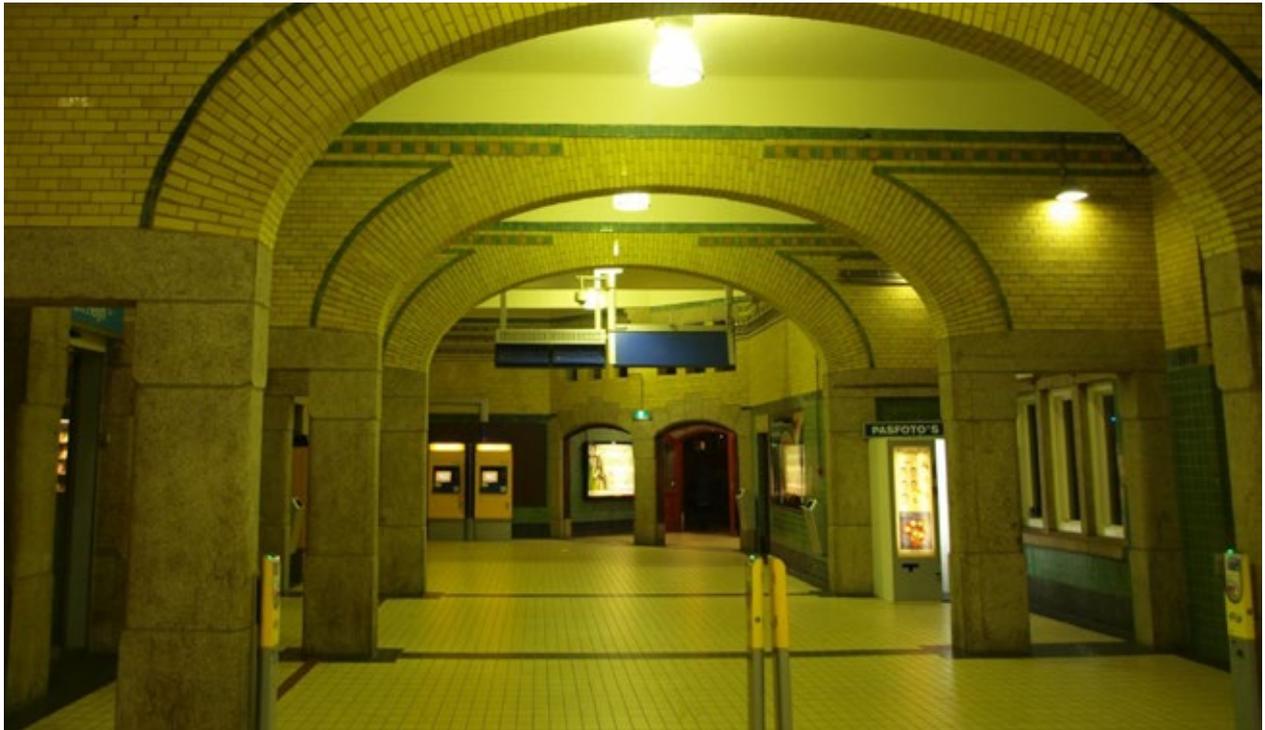
Tipps und Schlussfolgerungen:

- Optiken und flache Schirme können Belästigungen verhindern.
- Eine gut gewählte Optik bietet viel zusätzlichen Komfort für wenig Geld.
- Eine Probebeleuchtung scheint teuer, bringt aber mehr als erwartet.



Die Leuchten mit flachen Schirmen über dem Bahnsteig in Deventer nach dem LED-Austausch





2014: mäßige Farbwiedergabe

Die Halle des Bahnhofs Deventer, mit den R₉20 Quecksilberlampen.



2018: gute Farbwiedergabe

Dieselbe Halle mit den R₉80 LED-Lampen. Die unterschiedlichen Farben des Mauerwerks, der Kontrast der Schilder und der Fenster sind jetzt viel besser sichtbar. Gesichter sind besser zu erkennen. Die neue Leuchte hat ein frischeres Aussehen.

2.2 Deventer: Verbesserung des Hallenerlebnisses

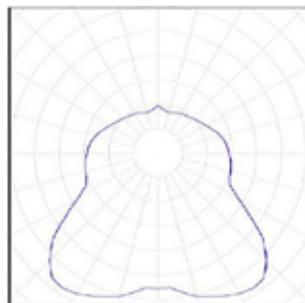
Deventer gehörte zur ersten Gruppe von Bahnhöfen, die wir im Rahmen des Programms „Verlichting“ vergeben haben. Dies wurde Cluster 2 Region Nordost, abgekürzt NO02, genannt. Vier Jahre später waren wir zum Cluster NO45 in NO vorgerückt. In Deventer haben wir alte Quecksilberlampen mit Farbwiedergabe R_a20 in der Bahnhofshalle durch ähnliche LED-Leuchten mit Farbwiedergabe R_a80 ausgetauscht.

Diese LED-Leuchte wurde 2014 bereits in einem LED-Pilotprojekt am Bahnhof Hollands Spoor in Den Haag eingesetzt. Hier gab es im Jahr 2013 viele Ausfälle bei den Corvo-Leuchten mit alten Leuchtmitteln. Diese wurden damals dem Programm „Verlichting“ vorausgehend durch LED ersetzt. Es wurden auch sofort kabellose Dimmsteuerungen (TVilight) in die Leuchten eingebaut (siehe Kapitel 1.6 zum Dimmen). Nachstehend sind die Dialux-Daten der eingesetzten Leuchte aufgeführt (Light International Typ Corvo). Die Leuchtenausbeute beträgt 7970 Lm bei 94 W (4 x besser als die Quecksilberlampe). In RLN00012 verlangen wir 100 Lm/W, 2016 konnte diese Leuchte dies jedoch nicht erfüllen.

Später haben wir solche Leuchten (auch von anderen Herstellern) auf monumentalen Überdachungen in Hengelo, Amersfoort, Den Bosch, Gouda und Hilversum eingesetzt. Diese erreichen 100 Lm/W.

D&C - CRXL|94W|3K CRXL|94W|3K
Lichtuitstraling 1
Uitrusting: 1xLED
Bedrijfsrendement: 84.79%
Lampenlichtstroom: 9400 lm
Lichtstroom armatuur: 7970 lm
Vermogen: 94.0 W
Lichtrendement: 84.8 lm/W

Kleurmetrische gegevens
1xLED: CCT 3000 K, CRI -



Die Details der gewählten Vorrichtung. Rechts ist die Lichtverteilung/der Lichtstrahl (die verwendete Optik) der Leuchte zu sehen. Das Herz der Kreise bildet die Leuchte. Der größte Lichtstrom (Lm) strahlt nach unten und etwa 10 % strahlt in einem Winkel nach oben.

Die nebenstehende glockenförmige Grafik gibt die technischen Daten der Optik an.

Die LED-Lichtquelle befindet sich in der Mitte des mittleren Kreises. Alle 15 Grad ist eine Achse um die Lichtquelle herum gezeichnet, auf der die Anzahl der in diese Richtung ausgestrahlten Lumen angegeben ist. Man sieht, dass etwa ein Viertel des Lichts zur Decke und zur Seite hin abstrahlt. Dadurch eignen sich diese Kelchleuchten sehr gut für die Beleuchtung einer monumentalen Decke oder Überdachung.

Die neuen Kelche sind an der Unterseite mit einer durchsichtigen Polycarbonatabdeckung verschlossen, um Staub und Spinnweben rund um die Lichtquelle zu vermeiden. Die Grafik zeigt, dass die Strahldichte senkrecht zur Lichtquelle etwas weniger als 10 Grad von der Senkrechten abweicht. In der Praxis ist dies als dunkler Fleck auf dem Boden direkt unter der Leuchte (kurz vor den Pforten) sichtbar. Dies ist ein Fehler in der Blendenoptik der Abdeckung und wurde in späteren Versionen verbessert.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Quecksilberleuchten oder Natriumleuchten möglichst schnell gegen LED austauschen.
- Wählen Sie eine Optik, die auch die Decke beleuchtet.
- R_a80 (oder sogar R_a90) führt zu einer großen Verbesserung.



Bahnhof Vathorst nach dem Austausch der LED. Die einzelnen Lautsprechermasten zwischen den Lichtmasten sind gut zu erkennen. Mit dem Mehrzweckmast (siehe Kapitel 18) wollen wir einen solchen Mastenwald vermeiden.

3 Amersfoort Vathorst, Test mit Mastleuchten

Bahnhof Amersfoort Vathorst ist eine Haltestelle auf der Strecke Amersfoort Centraal – Zwolle. Er verfügt über 2 Seitenbahnsteige. Auf den Bahnsteigen befinden sich Lichtmasten und Lautsprechermasten.

Lichtmasten haben manchmal den Nachteil, dass sie blenden oder ein fleckiges Lichtbild auf dem Bahnsteig erzeugen. Das liegt daran, dass sie relativ weit voneinander entfernt sind. Oft hängt alle 4 Meter eine Lichtquelle unter einer Bahnsteigüberdachung. Auf einem offenen Bahnsteig befindet sich alle 16 Meter ein 4 Meter hoher Lichtmast. So können unter einer Überdachung viermal so viele Lichtquellen den Bahnsteig beleuchten. Daher ist die Beleuchtung unter einer Überdachung möglicherweise nicht so stark wie auf einem offenen Bahnsteig. Da die Leuchten auf einem offenen Bahnsteig viel mehr Licht abgeben müssen, sind sie in der Regel greller. In Amersfoort Vathorst führte das Programm „Verlichting“ 2015 einen Test durch, um herauszufinden, welcher Leuchtentyp noch die Voraussetzungen erfüllt und am wenigsten blendet.

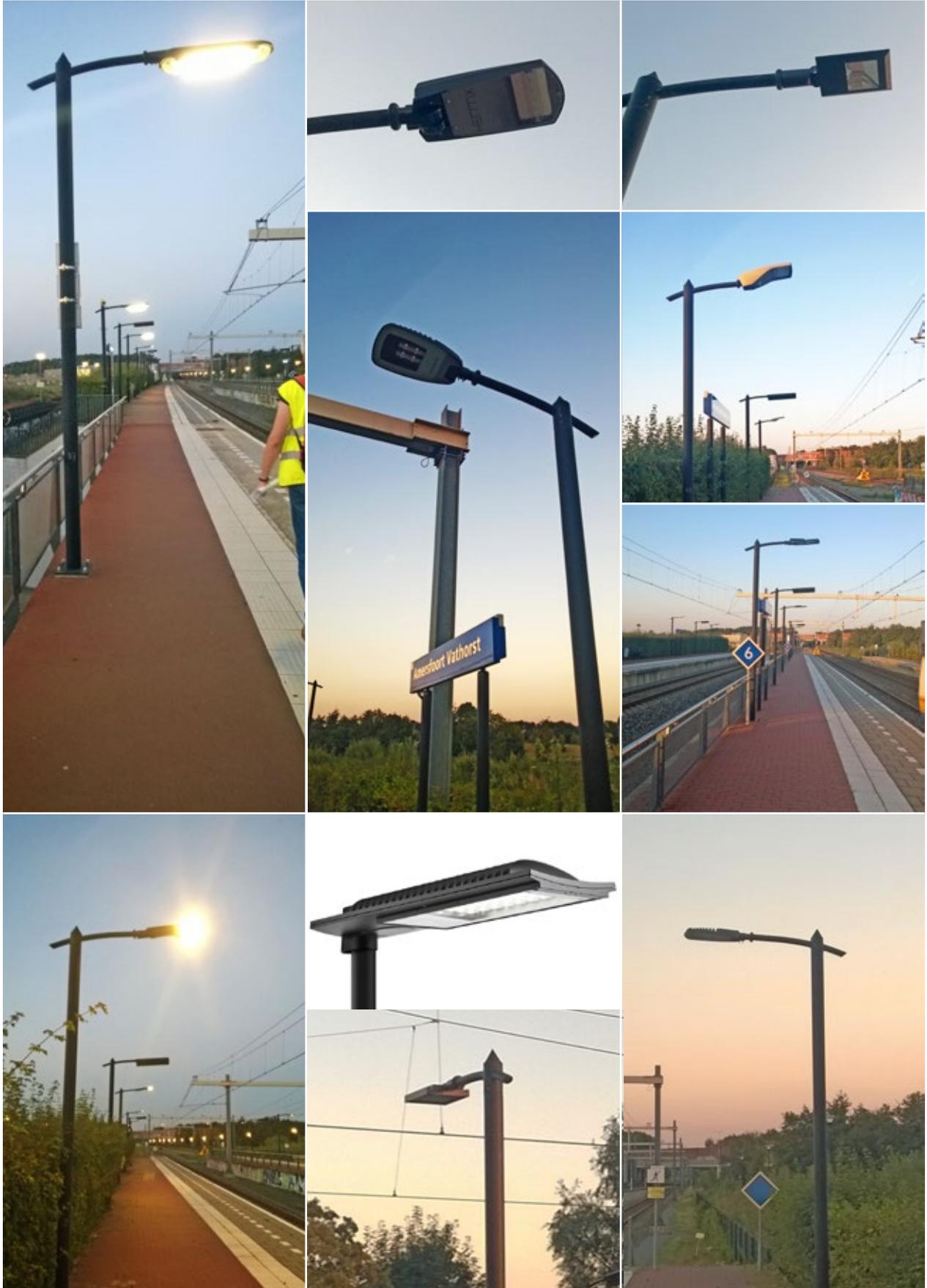
Die Anforderung einer Leuchtdichte von weniger als 8000 Cd/m^2 ist bei Masten mit einem Abstand von jeweils 16 Metern nicht realisierbar. Das Programm „Verlichting“ verlangt diese Leuchtdichte daher nicht auf offenen Bahnsteigen, sondern unter einer Überdachung. Ein Mast mit einer alten Leuchtstoffröhre ist besonders blendend, wenn Fahrgäste zwischen den Masten stehen und in einem

leichten Winkel auf die Leuchte hochschauen. Fahrgäste unter einem Mast schauen niemals in die Lichtquelle und werden somit auch nicht geblendet. Um Blendwirkung zu vermeiden, tragen Menschen mit Sehschwäche oft eine Mütze mit Sonnenblende.

Für Bahnhofsdurchsagen sind serienmäßig separate Lautsprechermasten mit je zwei Lautsprechern vorgesehen. Die Lautsprecher sind parallel zum Bahnsteig ausgerichtet und um 180 Grad zueinander gedreht. Der Abstand zwischen zwei Lautsprechern darf aus Gründen der guten Verständlichkeit höchstens 32 Meter betragen. Für die Beleuchtung ist ein Mastenabstand (Raster) von 32 Metern jedoch zu groß, daher stehen die Lichtmasten 16 m auseinander. Alle 32 m befindet sich (vgl. OVS00022) ein separater Lautsprechermast zwischen 2 Lichtmasten (so auch in Amersfoort Vathorst, siehe Foto). Um die Anzahl der Hindernisse auf den Bahnsteigen so gering wie möglich zu halten, hängen wir die Lautsprecher gegenwärtig oft alle 32 m an den Lichtmasten auf. Auf einem 300 Meter langen Seitenbahnsteig spart dies bereits schnell 9 Masten.

Es ist ebenfalls möglich, an jedem Lichtmast alle 16 m einen Lautsprecher anzubringen. Der Vorteil eines Lautsprechers pro Mast ist, dass es etwas weniger unübersichtlich aussieht und sich die Mastluke weniger füllt (Vorteil bei der Wartung). Der Nachteil ist, dass doppelt so viele Masten mit Durchsagekabeln ausgestattet werden müssen. In diesem Fall werden alle Lautsprecher auf einer Seite aufgestellt.





Die Gehäuseabmessungen und Optiken variieren stark. Die Leuchten mit den meisten LEDs (die komfortabelsten) haben in der Regel auch die größte leuchtende Fläche und das größte Gehäuse.

Lichtmasten, die höher als 4 m (5 m) sind, stehen manchmal 20 m auseinander. Lichtmasten auf einem etwa 2,5 m breiten Bahnsteig dürfen nicht höher als 4 m sein. Sollten sie unerwartet umfallen, kommen 4-Meter-Masten nie zu nahe an die Oberleitung heran. Hohe Masten wurden früher mit einer Mastschienenverbindung ausgestattet, was jedoch aufgrund der Kosten für Bau, Wartung und Inspektion nicht mehr wünschenswert ist. Auf Mittelbahnsteigen, die breiter als 6 m sind, dürfen 5 m hohe Masten ohne Mastschienenverbindung verwendet werden.

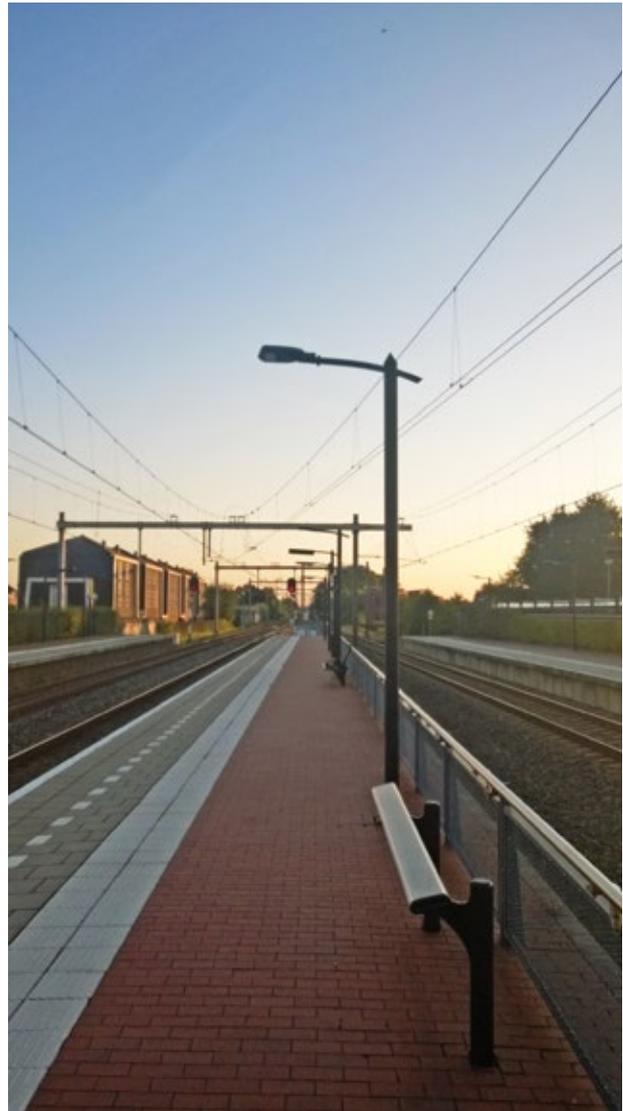
Im Bahnhof Amersfoort Vathorst hat das Programm „Verlichting“ nach Rücksprache mit dem Beleuchtungsberater R.J. Vos und Koninklijke Visio im Jahr 2016 ein Pilotprojekt mit LED-Mastleuchten an 4 m hohen Masten in einem Raster von 16 m durchgeführt. Wir hatten stets 2 Versuchsleuchten auf 2 Masten montiert, damit wir genau sehen konnten, wie sie zusammen wirken. In Absprache mit dem Beleuchtungsberater haben wir 11 Leuchten ausgewählt, installiert und bewertet. So kann man immer sehen, wie sich die Lichtstrahlen der Masten untereinander überschneiden und ob es dunkle Stellen auf dem Bahnsteig gibt.

Bei den Pilotleuchten handelt es sich im Allgemeinen um Leuchten zur Beleuchtung von Radwegen. Sie strahlen einen ovalen Lichtstrahl auf einem Streifen von etwa 10 Metern links und rechts des Mastes mit einer Breite von 4 m aus. Für jede Leuchte kann eine Optik (Linse) gewählt werden, um den Lichtstrahl zu optimieren.

Mit der Optik lässt sich eine Menge Energie sparen. In RLN00012 steht, dass wir auf einem offenen Bahnsteig einer Haltestelle eine Energieleistung von $0,15 \text{ W/m}^2$ erreichen wollen. Wenn wir 16 m des 3 m breiten Bahnsteigs mit einem Lichtmast beleuchten, sind das ca. 50 m^2 . Bei $0,15 \text{ W/m}^2$ bedeutet das eine 7W-LED-Leuchte pro Mast. Wenn die Optik jedoch weniger effizient ist und z. B. auch den Zaun neben dem Bahnsteig oder dem Gleisfach beleuchtet, wird die Fläche $16 \times 5 \text{ m} = 80 \text{ m}^2$. Bei $0,15 \text{ W/m}^2$ sind dann 12 W erforderlich. Eine weniger effiziente Optik bedeutet daher, dass eine 60 % schwerere Lichtquelle erforderlich ist.

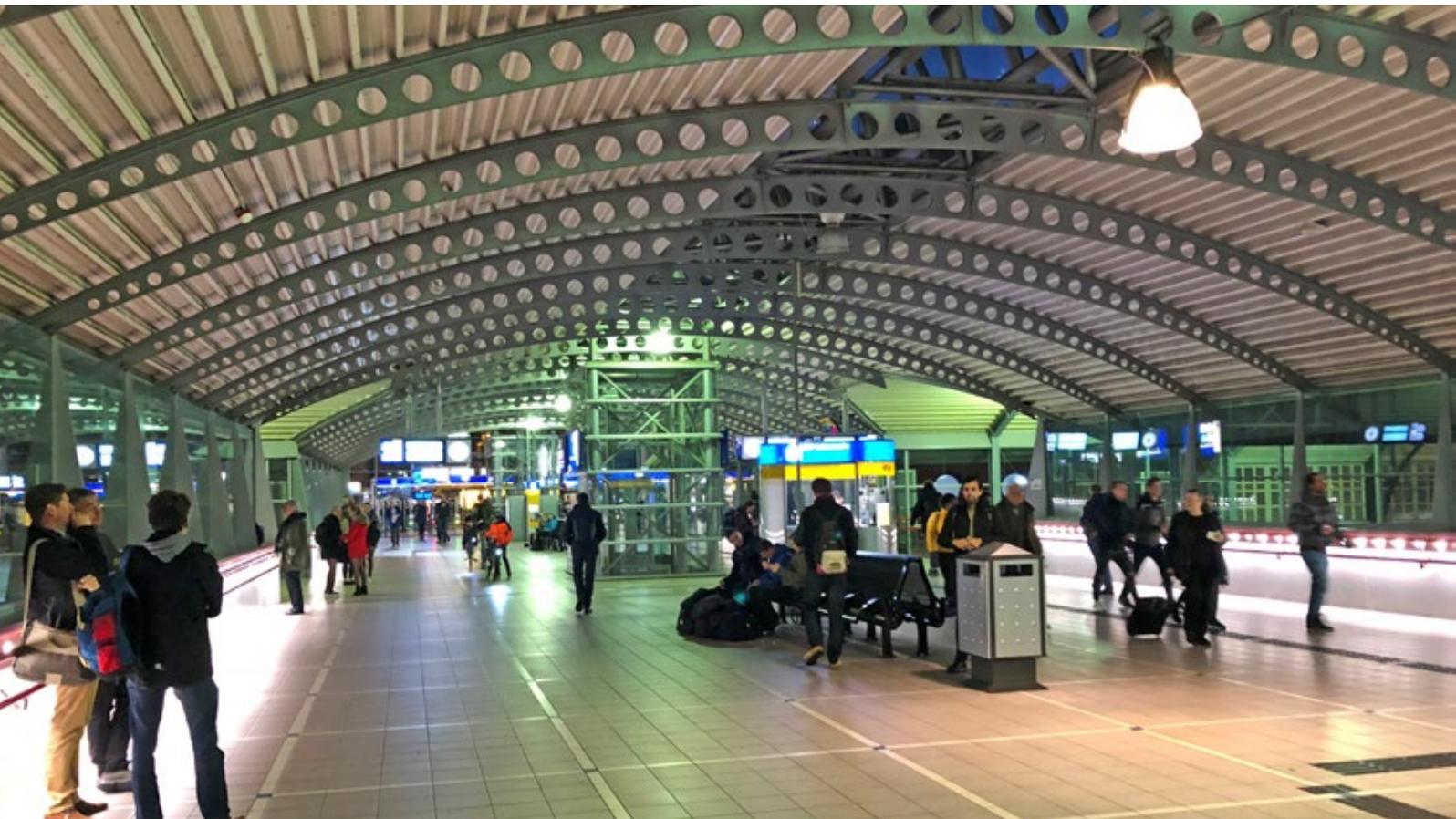
Im September 2016 haben wir gemeinsam mit Koninklijke Visio die 11 x 2 LED-Testleuchten angesehen. Triebfahrzeugführer können ebenfalls von dem Mastleuchten geblendet werden, wenn Sie durch einen Bahnhof fahren. Bei der Besichtigung haben wir daher die Triebfahrzeugführer über die Arbeitsgruppe MOOS (Met Oog Op Seinen = auf Deutsch: mit Blick auf Signale) einbezogen und ihre Erfahrungen berücksichtigt.

Die Leuchten waren auf dem Bahnsteig auf 20 Lux eingestellt (Einstellung für große Bahnhöfe). An Haltestellen muss dies 5 Lux sein und auf etwas größeren Bahnhöfen (Basis und Plus) 10 Lux. Werden LED-Leuchten für kleinere Bahnhöfe ab Werk um 50 % oder 75 % gedimmt, nimmt die Blendwirkung weiter ab, während die Energieleistung und die Lebensdauer hingegen steigen.

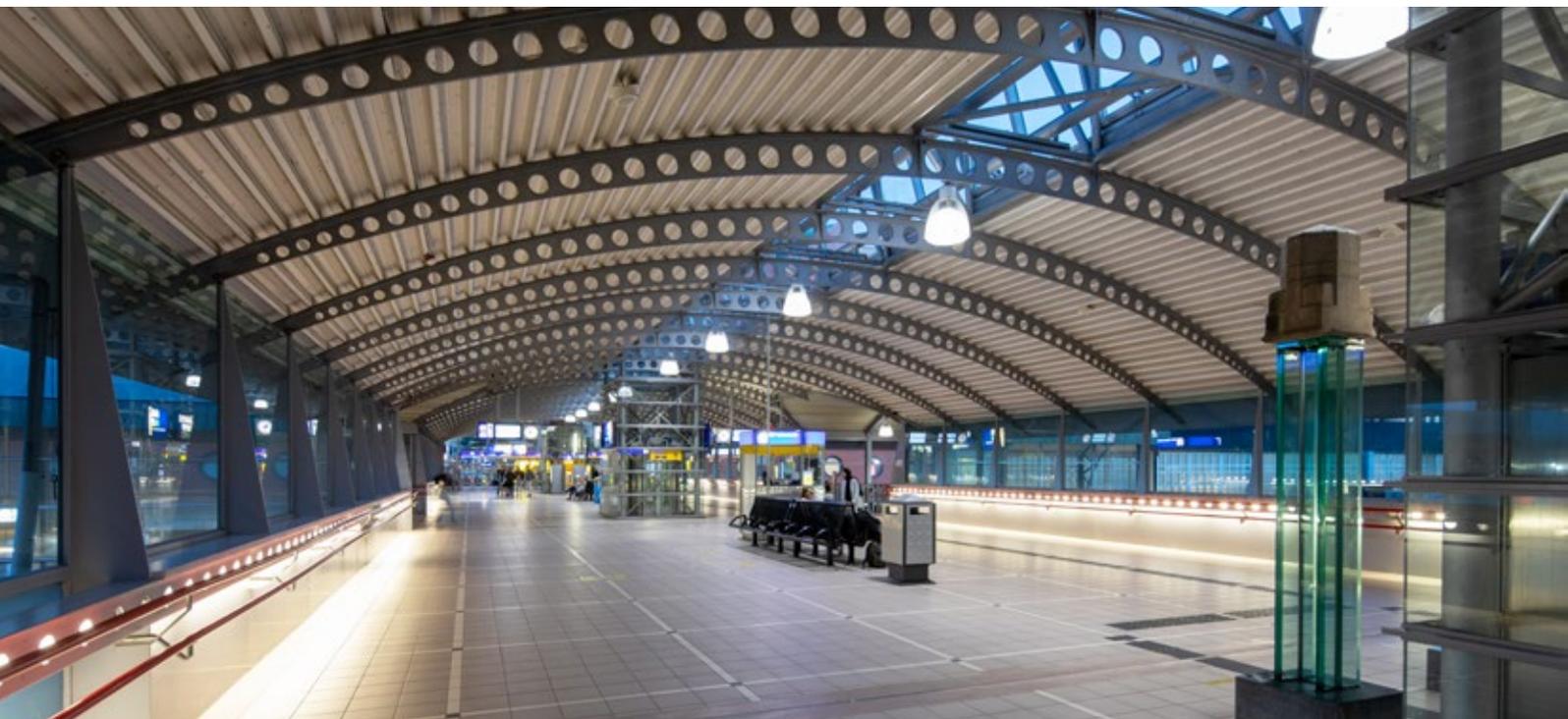


Tipps und Schlussfolgerungen:

1. Die Leuchte mit den meisten LEDs (24 Stück) blendete am wenigsten.
2. Mit zunehmender Anzahl der LEDs in den Testleuchten (4, 12, 16 und 18) wurde das Licht weniger blendend oder unangenehm.
3. Der Neigungswinkel darf nicht so eingestellt sein, dass das Gleisfach angeleuchtet wird, um die Blendwirkung für Triebfahrzeugführer zu vermeiden.
4. Leuchten mit Spiegeln sind in der Regel für architektonische Beleuchtung oder indirekte Beleuchtung vorgesehen. Hier kann es bei einem bestimmten Betrachtungswinkel zu unerwarteter Blendwirkung kommen, während sie etwas weiter entfernt nicht auftritt. Leuchten mit Spiegeln eignen sich daher weniger für Bahnsteige und Radwege, bei denen die Nutzer mit unterschiedlichen Blickwinkeln in die Leuchte schauen.



Die Testbeleuchtung im Bahnhof Amersfoort Centraal, mit einem LED-Kelch in Warmweiß (2700 K). Dies ist die gleiche Farbe wie die Linienbeleuchtung an den Wänden. Im Hintergrund eine weitere alte Quecksilberlampe mit grünlichem Licht und einer Farbsättigung von nur 20 % (R_a20), obwohl RLN00012 jetzt 80 % verlangt. Bei R_a20 sind nur noch 20 % der Farben erkennbar (im Grunde nur noch Hell-Dunkel-Kontraste) und es ist keine Erkennung von Gesichtern mehr möglich. Eine unzureichende Gesichtserkennung verunsichert die Menschen. Bei R_a80 ist aber genügend Farbe vorhanden, um Gesichter zu erkennen.



Der Querweg nach dem Austausch aller Kelchleuchten in der Abendsituation, mit warmweißem Licht. Der Boden ist einheitlich in einer Farbe beleuchtet und wirkt dadurch ruhiger. Die Optik strahlt mehr nach oben ab, wodurch das Dach besser aussieht und die Farben frischer sind.

4 Amersfoort Centraal

4.1 Testbeleuchtung Tunable White am Querweg

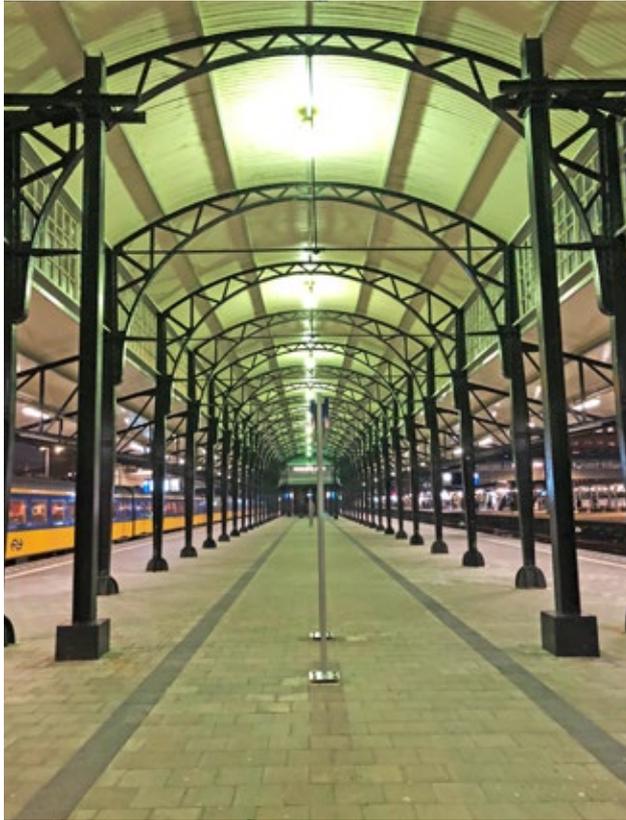
Am Querweg in Amersfoort Centraal hingen die gleichen Quecksilberlampen wie in Deventer. Der Fußboden war fleckig beleuchtet und das Dach schien abends schmutziggrau.

Amersfoort Centraal ist ein Bahnhof vom Typ Mega. Der Querweg ist der am stärksten frequentierte Teil des Bahnhofs. Die Quecksilberlampen wurden daher durch „atmendes Licht“ im Einklang mit der Beleuchtungsvision 2015 von Bureau Spoorbouwmeester ersetzt. Atmendes Licht bedeutet, dass die Lichtfarbe mit der Farbe des Tageslichts atmet (kühles Weiß am Morgen und warmes Weiß am Abend). Im Jahr 2015 war es noch visionär, jedoch 2022 ist atmendes Licht von allen großen Herstellern unter dem Namen Tunable White erhältlich. Die Lichtfarbe wird in Grad Kelvin angegeben. Morgens liegt das Tageslicht bei etwa 5000 K (kühles Weiß des hellen frühen Morgens) und bei Sonnenuntergang bei 2700 K (warmweißes oder gelbliches Licht eines Sonnenuntergangs).

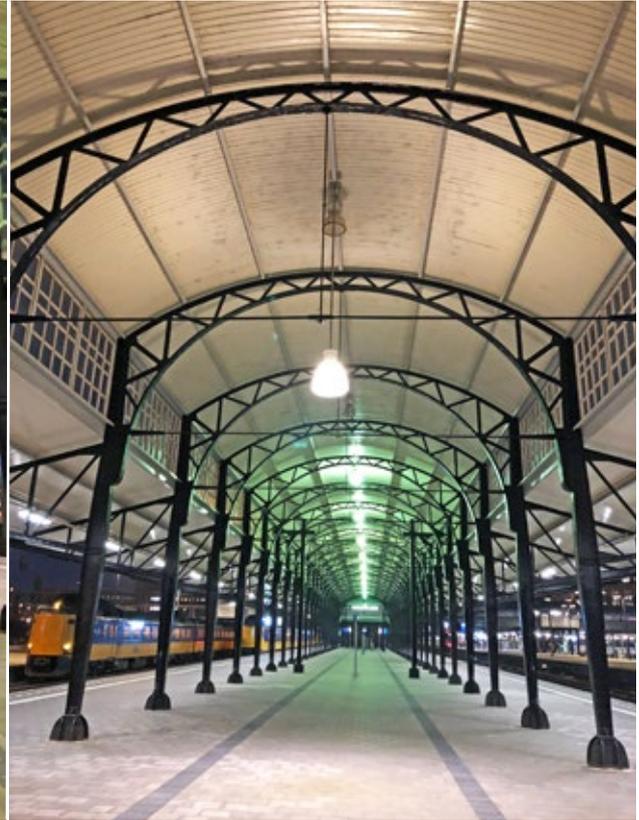
Wenn es bei der Beleuchtung auch darum geht, eine bessere Atmosphäre und ein besseres Erlebnis zu erreichen, ist ein Testlauf die beste Methode. Anhand von Pilotbeleuchtungen (mit einer oder zwei Leuchten) lässt sich beurteilen, ob die beabsichtigte Wirkung auch in der Praxis eintritt. Nach dem Test können noch Anpassungen vorgenommen werden, z. B. bei der Anzahl der Leuchten, der Abhängöhe, der Beleuchtungsstärke (Lux), dem Achsabstand, der Optik (Gleichmäßigkeit) oder der Lichtfarbe.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- An belebten Orten, die unübersichtlich wirken, ist Tunable White eine gute Lösung.
- Für weniger überfüllte Orte ist Tunable White schnell zu teuer.



Die Überdachung von Amersfoort Central mit den alten Quecksilberlampen. Die Kelche passen zur Architektur, geben aber grünliches Licht ab und stehen zu dicht unter dem Vordach. Dadurch wird die Überdachung punktuell beleuchtet.



Die Testbeleuchtung, bei der nur ein LED-Kelch noch an einem Pendel hängt. Hinter der Testleuchte sind noch die alten grünlichen Quecksilberlampen zu sehen, die fest an der Überdachung hängen.



Die Überdachung des Bahnsteigs mit neuen LED-Leuchten an Pendeln in der Mitte der Überdachung und neuen LED-Strahlen (Lichtfarbe 3000 K) oberhalb der Leitlinie unter den Flanken der Überdachung.

4.2 Testbeleuchtung an monumentalen Überdachungen mit 2-farbigen LED-Leuchten

In Amersfoort Central gibt es drei Bahnsteige. Bahnsteig 2 hat eine monumentale Überdachung. Die 3 Bahnsteige sind viel länger als der Querschnitt und sind daher viel weniger belebt. Tunable White auf den Bahnsteigen ist daher zu teuer.

Um die Architektur besser sichtbar zu machen und die Überdachung gleichmäßiger zu beleuchten, ließ der Lichtplaner die neuen Kelchleuchten an einem Pendel in der Mitte der Bögen aufhängen. Wir haben auch eine LED-Kelchleuchte mit einem goldfarbenen Spiegelring im Inneren entwickeln lassen. Die LED-Lichtquelle im Kelch hat die Lichtfarbe 3000 K, aber durch den Spiegelring wird der Schirm mit wärmerem Licht in der Farbe 2200 K beleuchtet.

Nach der Bewertung der Testbeleuchtung wurden alle neuen Kelchleuchten unter der Überdachung aufgehängt.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Wenn Tunable White zu teuer ist, können farbige Spiegel verwendet werden, um eine monumentale Decke wärmer zu beleuchten als den Boden.
- Eine Pendelleuchte leuchtet die Decke viel gleichmäßiger aus als eine fest an der Decke montierte Leuchte, und das ohne große Mehrkosten.



Oben das spärliche Licht auf einem Bahnsteig im Bahnhof Almere Centrum im Jahr 2016. Unter der neuen Situation mit viel höherer Beleuchtungsstärke und besserer Gleichmäßigkeit.

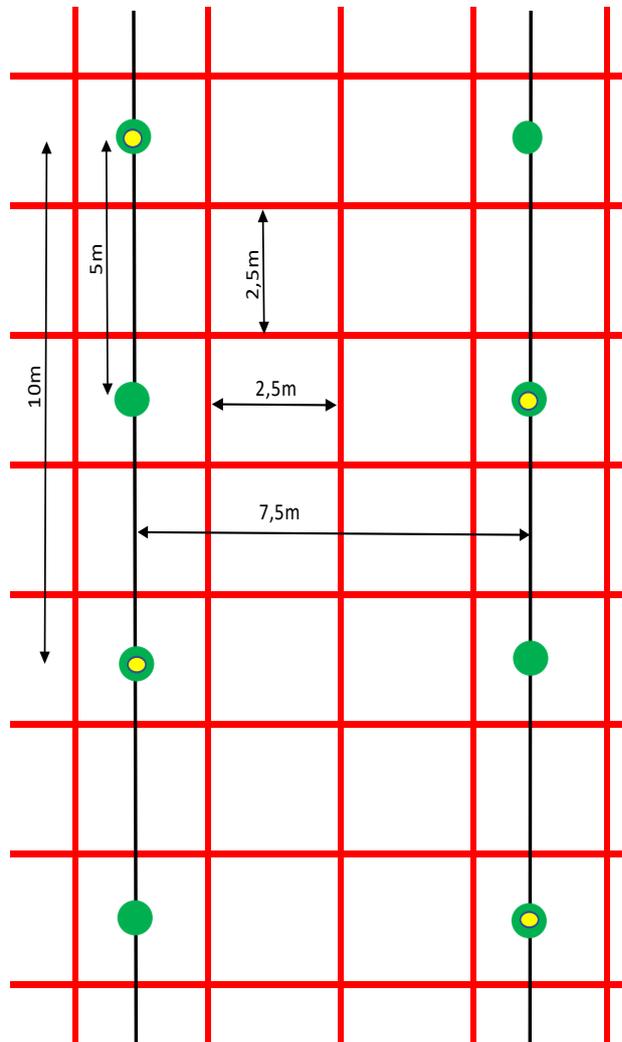
5 Almere Centrum, ein neuer Lichtimpuls für eine Ikone der 80er Jahre

Almere Centrum ist eine der 50 „Kollektionsbahnhöfe“ von Bureau Spoorbouwmeester. Der Bahnhof wurde in den 1980er Jahren vom Architekten Peter van Kilsdonk entworfen. Jede Funktion des Gebäudes hat eine andere Farbe. Die Tragwerke sind rot, die Regenwasserableitungen blau und die elektrischen Anlagen grün. Die Überdachung des Bahnhofs Almere Centraal ist eine große rote Fachwerkstruktur mit 2,5 mal 2,5 Meter großen Fächern.

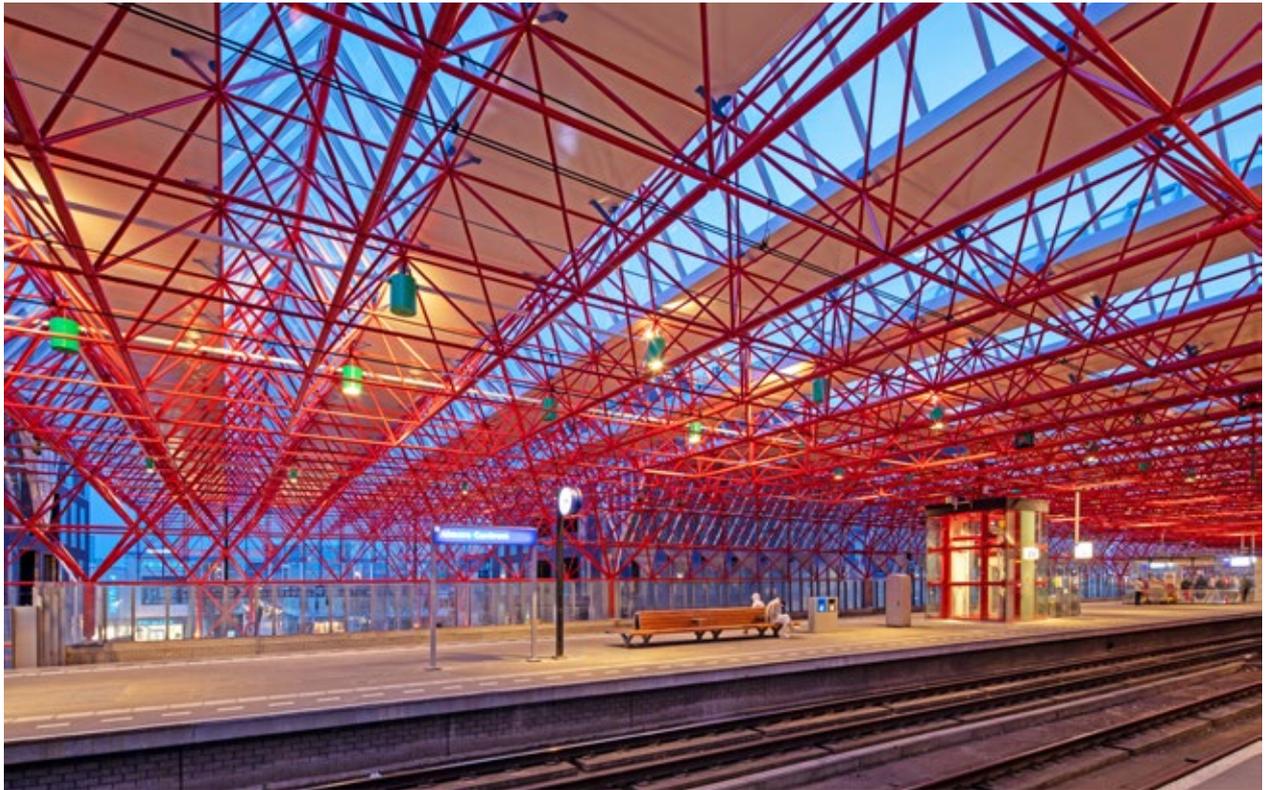
Die Bahnsteige in Almere Centraal werden von grünen Downlights beleuchtet, die alle 10 Meter unter der Überdachung angebracht sind. Zwischen den Downlights hängt jeweils ein grüner Lautsprecher für Bahnhofsdurchsagen. Die Downlights hängen eigentlich zu weit auseinander, sodass der Bahnsteig nicht die geforderte Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit aufweist.

Almere Centrum ist ein Bahnhof vom Typ Plus. Die ProRail-Richtlinie verlangt in Plus-Bahnhöfen eine Beleuchtungsstärke (E_m) auf dem überdachten Bahnsteig von 50 Lux mit einer Gleichmäßigkeit (U_0) von 0,5. Der E_m betrug lediglich 20 Lux mit einem U_0 von 0,2. Dadurch fühlten sich die Bahnhöfe am Abend dunkel und unsicher an. Nach der Umrüstung der Downlights beträgt die Beleuchtungsstärke 55 Lux und die Gleichmäßigkeit 0,5.

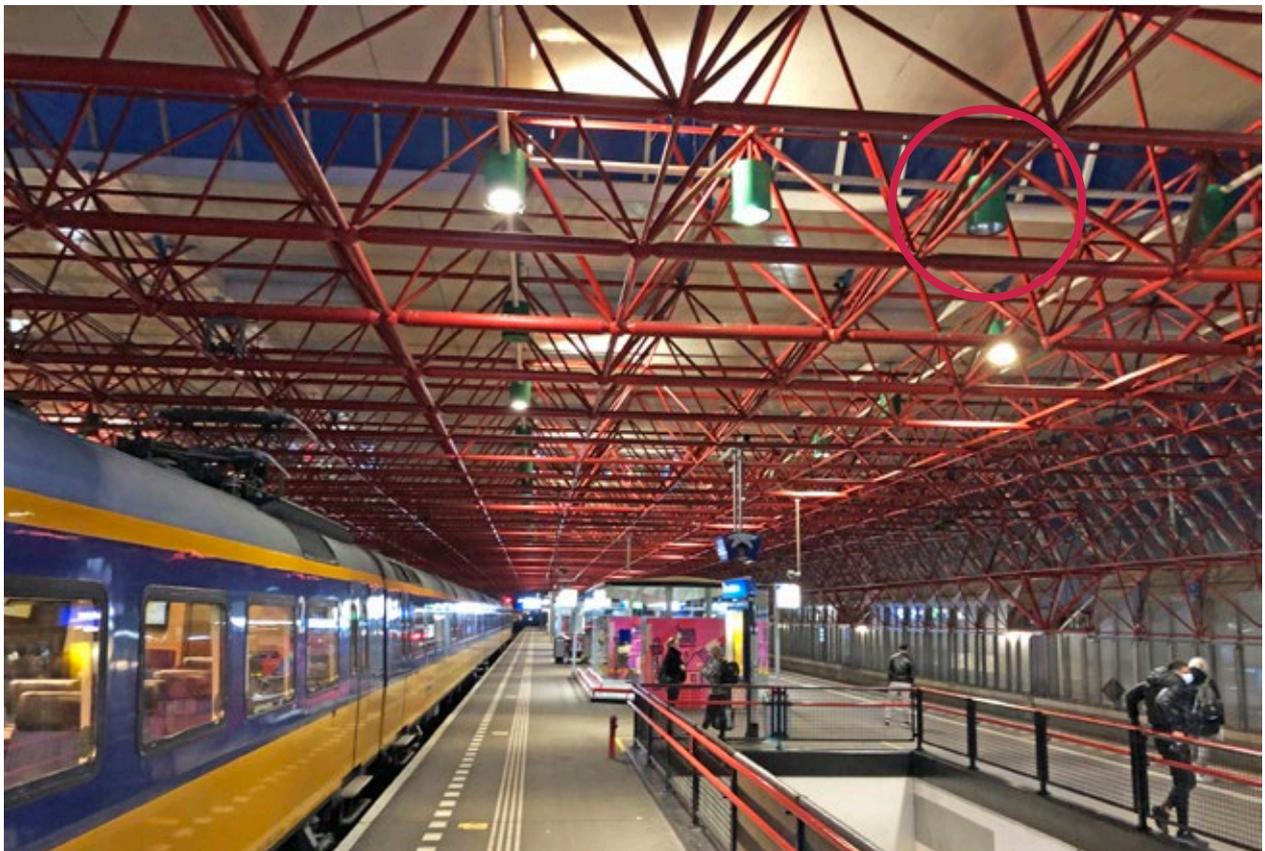
Die Downlights strahlen das Licht nur in Richtung des Bahnsteigs aus. Dadurch war die Überdachung am Abend nicht sichtbar und hing wie eine dunkle Wolke über dem Bahnsteig. Der Wunsch von Spoorbouwmeester war es, die Überdachung auch am Abend besser sichtbar zu machen (wie in Tilburg, siehe Kapitel 25), zum Beispiel mit horizontal ausgerichteten Scheinwerfern, die durch das Fachwerk scheinen.



Position der Leuchten und Lautsprecher im Verhältnis zum roten 2,5 x 2,5 Meter großen Fachwerk. Über den Bahnsteigen hängt alle 10 m ein Lautsprecher (grüne Kugel) und alle 10 m ein Downlight (grüne Kugel mit gelbem Punkt). Die Leuchten und Lautsprecher sind aus Gründen der Gleichmäßigkeit immer versprungen angeordnet.



Die Beleuchtung jetzt. Unter den Lautsprechern (zwischen den Downlights) befindet sich ein etwas dunklerer Fleck. Da die Beleuchtungsstärke bereits viel höher ist, wird sie als angenehmer empfunden. Die Überdachung ist besser sichtbar. Über den Downlights haben wir horizontal ausgerichtete LED-Strahler angebracht, die das Fachwerk von innen nach außen beleuchten (d. h. vom Bahnsteig weg, um Blendwirkung zu vermeiden).



Die Downlights im roten Kreis über der Treppe sind defekt und waren zum Zeitpunkt des Fotos noch nicht ausgetauscht. Um sie zu ersetzen, muss ein Gerüst über der Treppe errichtet werden. Dies geschah während eines nächtlichen Außer-Dienst-Betriebs.

Es bestehen mehrere Pläne zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit. Es gab einen Plan mit einer roten Kabeltrasse durch das Fachwerk in 6,6 m Höhe, mit einem LED-Balken über der Führungslinie in jedem Fach (alle 2,5 m). Es war geplant, die Lautsprecher durch zusätzliche LED-Downlights zu ersetzen. Spoorbouwmeester wollte jedoch das ursprüngliche Design beibehalten. Deshalb haben wir für die vorhandenen Downlights neue Innenräume mit einem ovalen Lichtkegel entwickeln lassen, um eine 12 mal 6 Meter große Bahnsteigfläche aus jeweils 6,6 Metern zu beleuchten. In erster Instanz hatte der Auftragnehmer die 50 Lux noch nicht erreicht. Dies war auf einen Fehler bei der Berechnung der Beleuchtung zurückzuführen. Anschließend wurden die Treiber angepasst und die durchschnittliche Beleuchtungsstärke von 50 Lux bei einer Gleichmäßigkeit von 0,5 dann erreicht.

Der halbjährliche Austausch der Quecksilberlampen mit einem Gerüst über der Treppe war besonders teuer (siehe Bildunterschrift unten links). Bei zwischenzeitlichen Ausfällen wurden Reparaturen oft bis zur planmäßigen Austauschwartung hinausgezögert, sodass die Beleuchtung über der Treppe vor dem LED-Austausch schon seit geraumer Zeit unzureichend war. LED-Downlights müssen nur noch alle 10 Jahre ausgetauscht werden. Dies ist auch eine bessere Garantie dafür, dass der Bahnhof über die Jahre hinweg „sicher und unversehrt“ bleiben wird.

Tipp:

- Halten Sie frühzeitig Rücksprache mit Spoorbouwmeester.
- Mit relativ geringen Kosten kann eine Überdachung oder ein Dach viel sichtbarer gemacht werden.
- Dadurch wird die soziale Sicherheit am Abend wesentlich verbessert.



Der Strahler ist mit einer Blende versehen, um Blendwirkung zu vermeiden.



Bahnhof Alkmaar – die alte Situation mit den alten Leuchten in Zone A

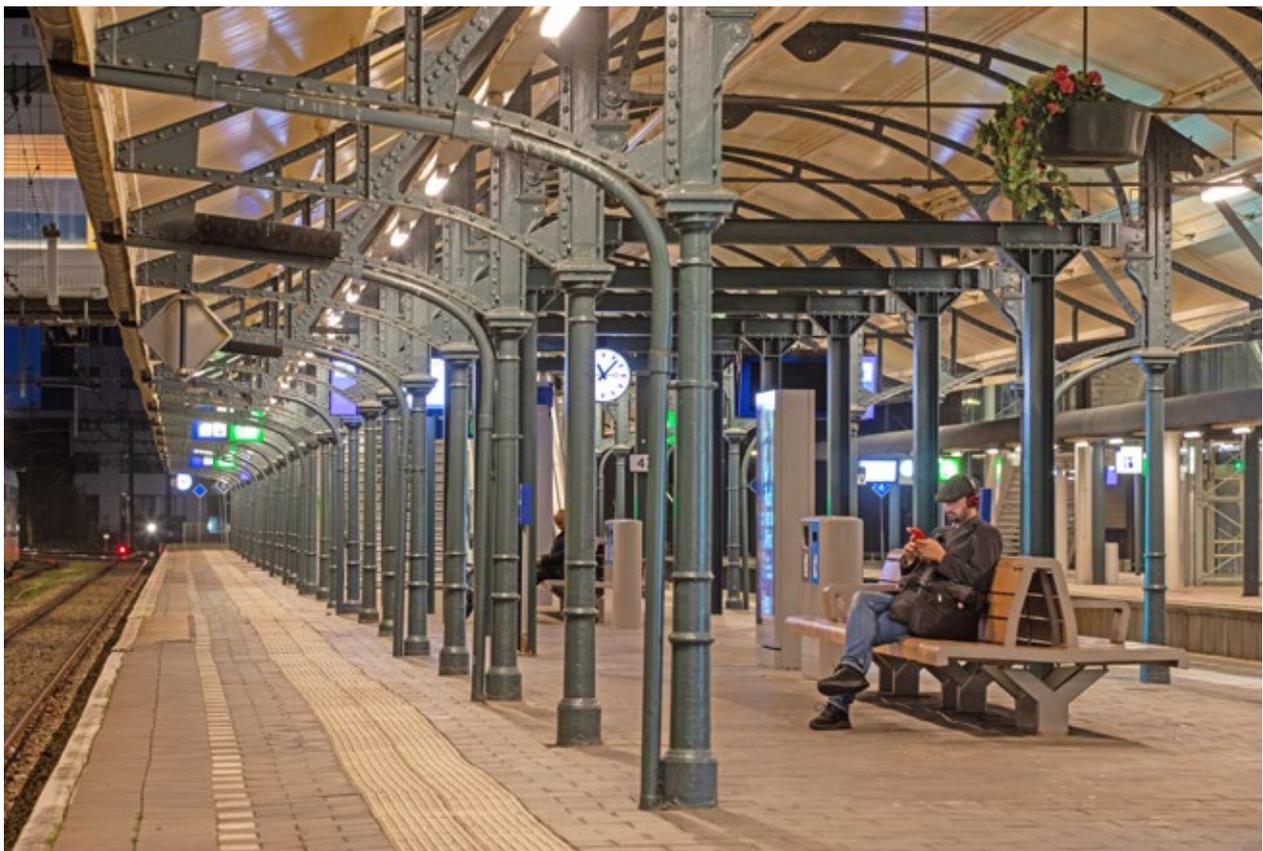
6 Alkmaar, bessere Wartung durch Verlagerung der Leuchten von Zone A nach Zone C

Der Bahnhof Alkmaar besteht aus einem Seitenbahnsteig, einem Mittelbahnsteig mit einer monumentalen Überdachung, einem Mittelbahnsteig mit einer modernen Überdachung und einem modernen Querweg darüber. Der Querweg wurde 2012 über die alten Überdachungen gebaut und war bereits mit LED-Beleuchtung ausgestattet, leider mit einer Lebensdauer von nur 5 Jahren, während jetzt bereits 10 Jahre Standard sind.

Die Überdachungen und offenen Bahnsteige waren noch nicht mit LED-Beleuchtung ausgestattet. Unter den Überdachungen hingen Kabeltrassen mit Kabeln für Beleuchtung, Durchsagen und Kameraüberwachung. Die Kabeltrasse mit den Leuchten hing hauptsächlich in Zone A (zwischen der gestrichelten Linie und der weißen Bahnsteigkante, siehe Foto links). Fehler können dann nur

in einem Außer-Dienst-Betrieb behoben werden. Die Reparatur defekter Lichter oder blinkender Leuchtstoffröhren wurde daher oft zu lange hinausgezögert (schlechte Bewertung bei den KPIs „Sauber und heil“).

Das Programm „Verlichting“ hat in Zone C (über der Leitlinie) neue Kabelkanäle angebracht und die LED-Leuchten darunter eingesetzt. Dadurch wird die Mitte des Bahnsteigs gleichmäßiger beleuchtet, und Störungen können behoben werden, ohne dass der Betrieb tagsüber unterbrochen werden muss.



Die monumentale Überdachung mit der neuen Beleuchtung



Die monumentale Überdachung mit der neuen LED-Beleuchtung unter dem neuen Kabelkanal.

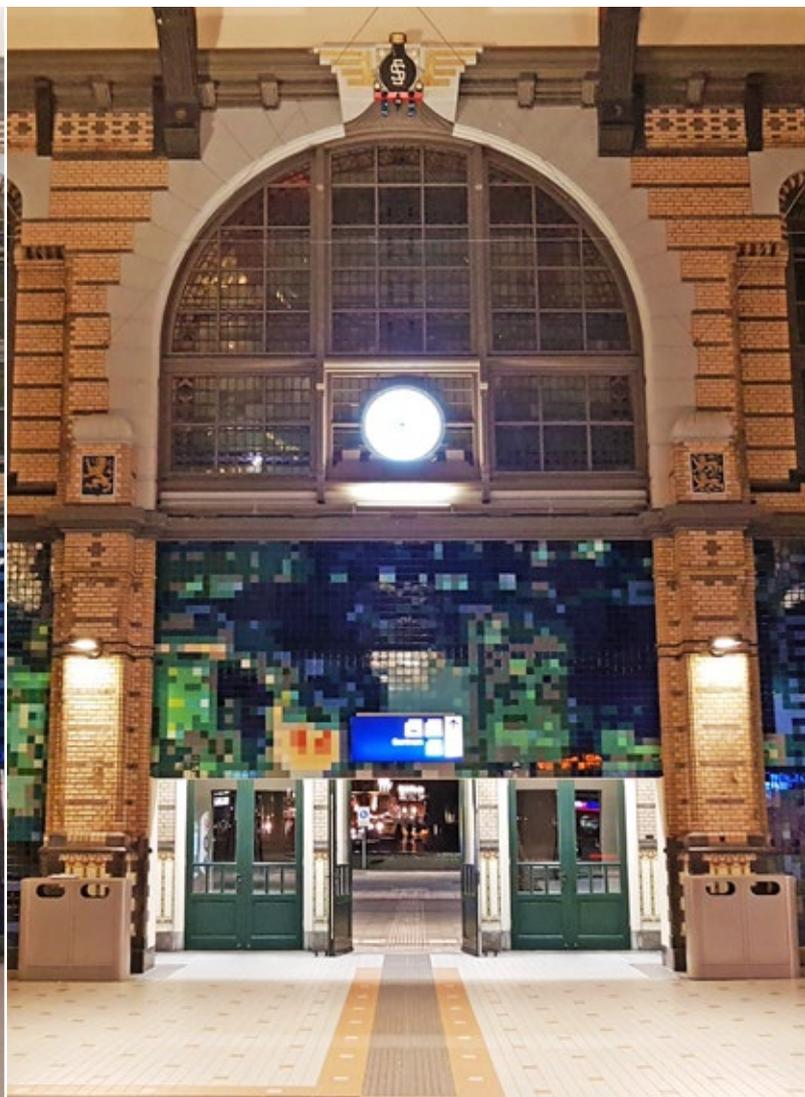


Bahnsteig 3 (die moderne Überdachung), mit dem neuen Kabelkanal in Zone C und dem alten Kanal in Zone A. Auf dem alten Kanal sind an den Positionen der alten Leuchten noch schlecht lackierte Stellen zu sehen. Diese Stellen wurden inzwischen lackiert.

Die neuen Kabelkanäle sind in der Farbe der Überdachung lackiert, sodass sie mit der Überdachung Eins werden. Wir haben die alten Kabelkanäle nicht saniert, um unnötige Störungen von Durchsagen und Kameras zu vermeiden.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Vermeiden Sie Leuchten in Zone A oder B.
- Versetzen Sie diese in Zone C.
- Leuchten, die mehr zur Mitte hin ausgerichtet sind, schaffen eine gleichmäßigere Beleuchtung des Bahnsteigs.



Die neue Beleuchtung: links das Tagesszenario, rechts das gedämpfte Nachtszenario.

7 Leeuwarden, neues Leben für ein Denkmal mit Architekturbeleuchtung

7.1 Bahnhofshalle Leeuwarden

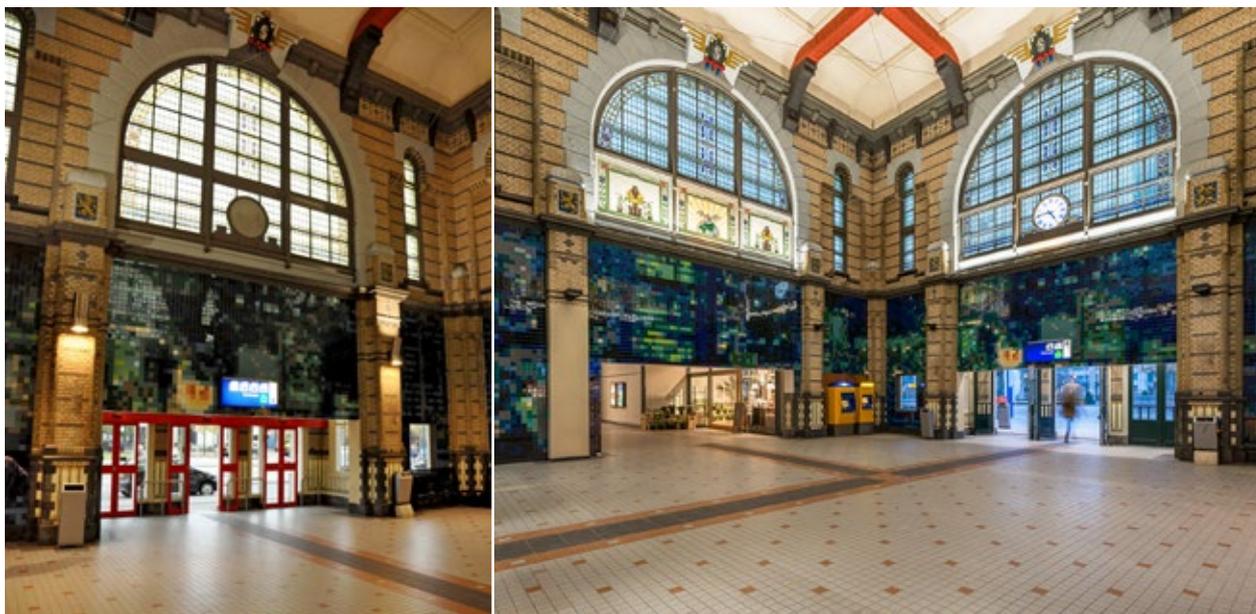
Der Bahnhof Leeuwarden ist ein nationales Denkmal und verfügt wie der Bahnhof Groningen über eine wunderschöne monumentale Bahnhofshalle. Neben der Halle betreibt NS einen Ticket- und Serviceschalter und einige Geschäftsräume. In den Geschäftsräumen will NS immer mehr Licht als die Norm, um Kunden anzuziehen. Aufgrund des Unterschieds in der Beleuchtungsstärke zwischen der Halle und dem Geschäftsbereich wirkte die Halle immer dunkel, obwohl sie die Norm gut erfüllte.

Im Jahr 2018 war Leeuwarden Kulturhauptstadt Europas. Im Bahnhofsbereich waren mehrere ProRail-Projekte im Gange, die bis 2018 abgeschlossen sein mussten. Dazu gehörten der unterirdische Fahrradstellplatz auf der Innenstadtseite, die Erneuerung der 150 Jahre alten Bahnsteigüberdachungen sowie die Erneuerung der Beleuchtung in der Bahnhofshalle.

Tagsüber ist die Halle fast genauso hell beleuchtet wie der Geschäftsbereich und der Unterschied ist nicht mehr sichtbar. Wir haben die Beleuchtung in der Halle durch steuerbare LED-Beleuchtung ersetzt. Die Decke und die Wände werden mit indirektem Licht beleuchtet, wodurch die Gemälde und das Mauerwerk besser sichtbar werden. Tagsüber ist die Leistung der indirekten Beleuchtung höher und in einer helleren Farbe als am Abend.

Tipps und Schlussfolgerungen:

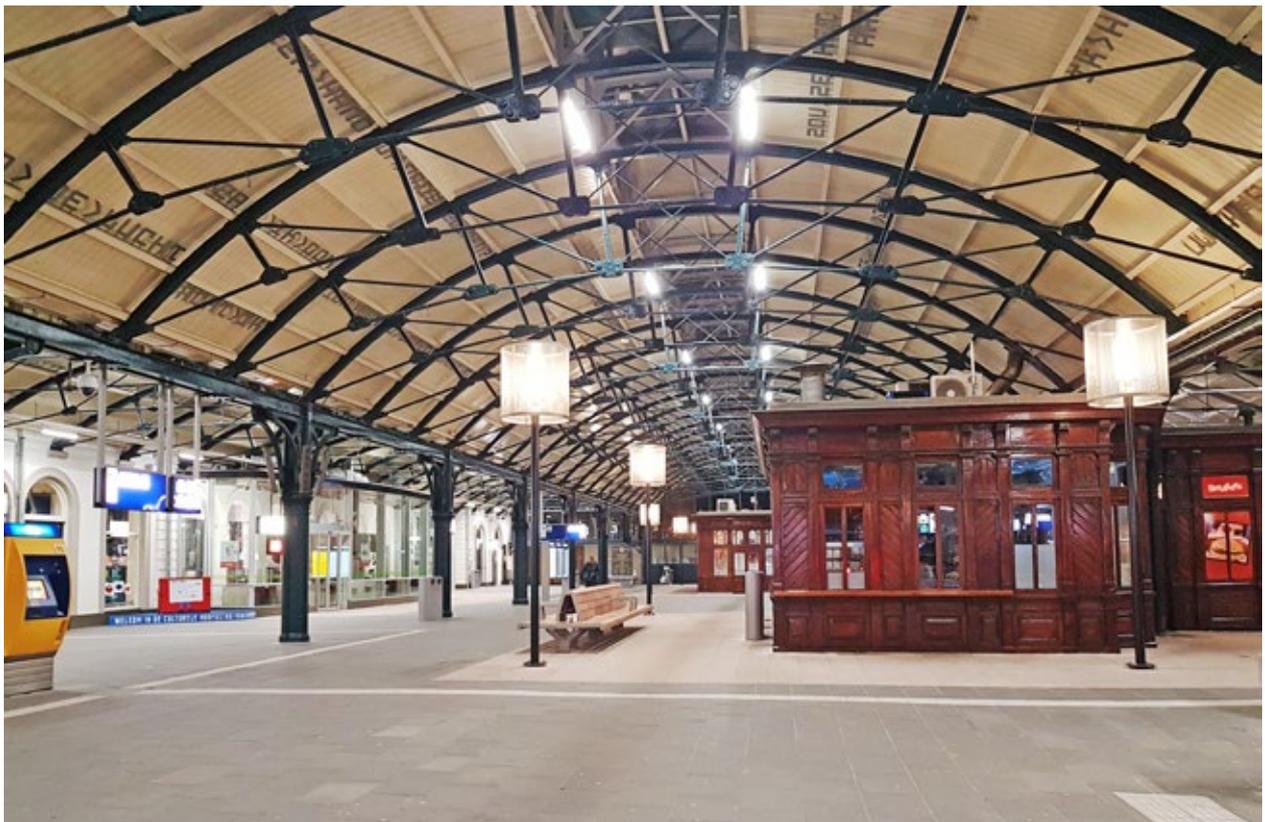
- Beauftragen Sie einen Lichtplaner, insbesondere für Denkmäler.
- Manchmal muss ein Lichtarchitekt gebremst werden, aber behalten die Grundgedanken seiner Ideen bei.



Links: Die alte Beleuchtung beleuchtet hauptsächlich den Boden. Das Gebäude hat ein düsteres und altmodisches Aussehen. Rechts: Mit der neuen Beleuchtung kommt der monumentale Charakter des Gebäudes viel besser zur Geltung. (Foto Nathalie Peters für LichtNL).



Die alte Situation (Überdachung nicht beleuchtet).



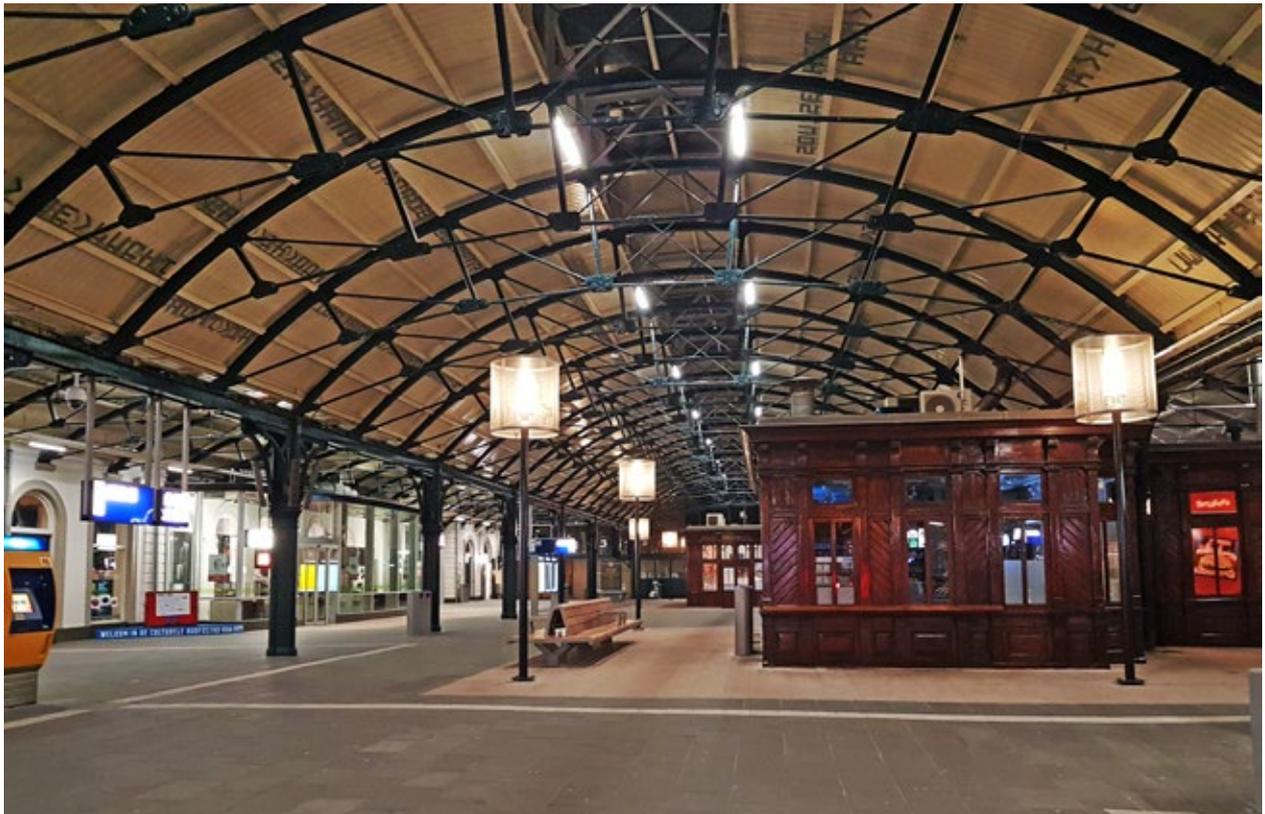
Mit neuer Beleuchtung im Tagesszenario, mit beleuchteter Überdachung.

7.2 Überdachung Leeuwarden

Auch unter der Überdachung zwischen der Halle und den Bahnsteigen wurde eine regulierbare LED-Beleuchtung installiert. Mit „Dämmerungslampen“ anstelle von Lichtmasten, wurde eine etwas häuslichere Atmosphäre geschaffen. Die monumentale Überdachung wurde neu gestrichen und ist besser beleuchtet. Die Überdachung ist mit Gedichten verziert, welche die Aufmerksamkeit der Fahrgäste wecken sollen. Die Überdachung ist abends weniger beleuchtet als tagsüber (wenn es auch draußen heller ist, siehe Fotos).

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Die Beleuchtung einer frisch gestrichenen monumentalen Überdachung funktioniert perfekt.
- Achten Sie darauf, dass die Überdachung gleichmäßig beleuchtet ist und die Fahrgäste nicht geblendet werden.
- Die Texte auf der Überdachung erregen weniger Aufmerksamkeit als erwartet, die Wirkung ist enttäuschend.
- Die Dämmerungsleuchten sind hübsch, aber zerbrechlich (sind jetzt weg).



Mit neuer Beleuchtung im Nachtszenario, mit beleuchteter Überdachung.



Die alten VTG-Masten (80 x 40 Rohrmasten aus dem Jahr 1970, auch Douma-Galgen genannt nach dem damaligen Spoorbouwmeester Cees Douma) wurden mit neuen LED-Leuchten ausgestattet. Diese 5 Meter hohen Masten leuchten den breiten Bahnsteig ausreichend gleichmäßig aus. Am Mast, etwa einen halben Meter unterhalb des Auslegers, ist ein schwacher Sensor zu sehen.

Die Leuchten unter der Überdachung sind ein Raster nach innen versetzt (von Zone B nach Zone C). Dadurch wird auch die Mitte des Bahnsteigs unter der Überdachung weniger dunkel.

8 Santpoort Zuid, ein alter Bahnhof, verdient ebenfalls Aufmerksamkeit

Die Überdachung von Santpoort Zuid ist weder Nationaldenkmal noch Kollektionsbahnhof, ist jedoch eine wunderschöne alte Eisenüberdachung. Das Bahnhofsgebäude wurde vom Architekten Margadant entworfen, der auch den Bahnhof von Haarlem entworfen hat.

Das Problem bestand darin, dass die Leuchtstoffröhren unter dem Vordach am äußeren Dachbalken in Zone B hingen und nur während eines Außer-Dienst-Betriebs ausgetauscht werden konnten. Die Leuchtstoffröhren wurden alle 2 Jahre ausgetauscht, aber zwischenzeitliche Ausfälle wurden oft nicht behoben.

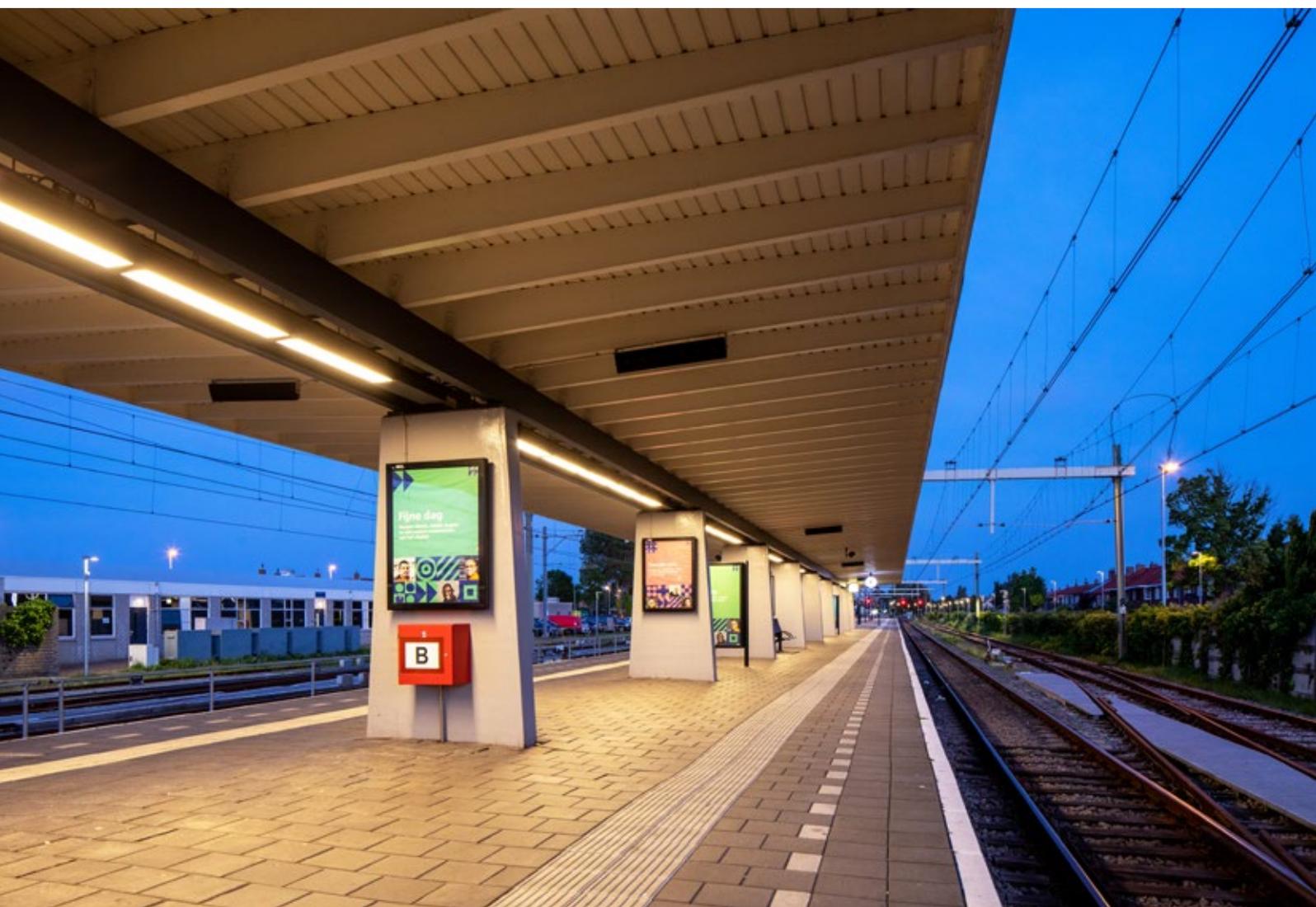
Bei der Erneuerung der Aufbauleuchten haben wir die LED-Leuchten einen Dachbalken weiter nach innen, oberhalb der Leitlinie (in Zone C), angebracht. Da die LED-Balken etwas mehr in die Mitte des Bahnsteigs gerückt wurden, ist die Mitte auch weniger dunkel. An der Treppe zum Tunnel haben wir zusätzliche Leuchten installiert, weil der Lux-Wert auf der Treppe zu niedrig war. Die Überdachung sieht jetzt wieder besser und der Bahnsteig weniger fleckig aus.

Wir haben die alten fünf Meter hohen VTG-Rohrmasten mit LED-Leuchten und Dimmern ausgestattet. Die fünf Meter hohen Masten sind hoch genug, um den breiten Bahnsteig ausreichend zu beleuchten.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Auch ein alter Bahnhof, der kein Denkmal ist, verdient Aufmerksamkeit.
- Mit kleinen Anpassungen lässt sich ein feiner Unterschied erzielen.





Die elegante Überdachung des Bahnhofs Den Helder. Kabel, Rinnen und Rohre sind im Mittelträger verborgen (Sonderleuchte im Träger gereinigt und mit LED-Innenausstattung versehen).

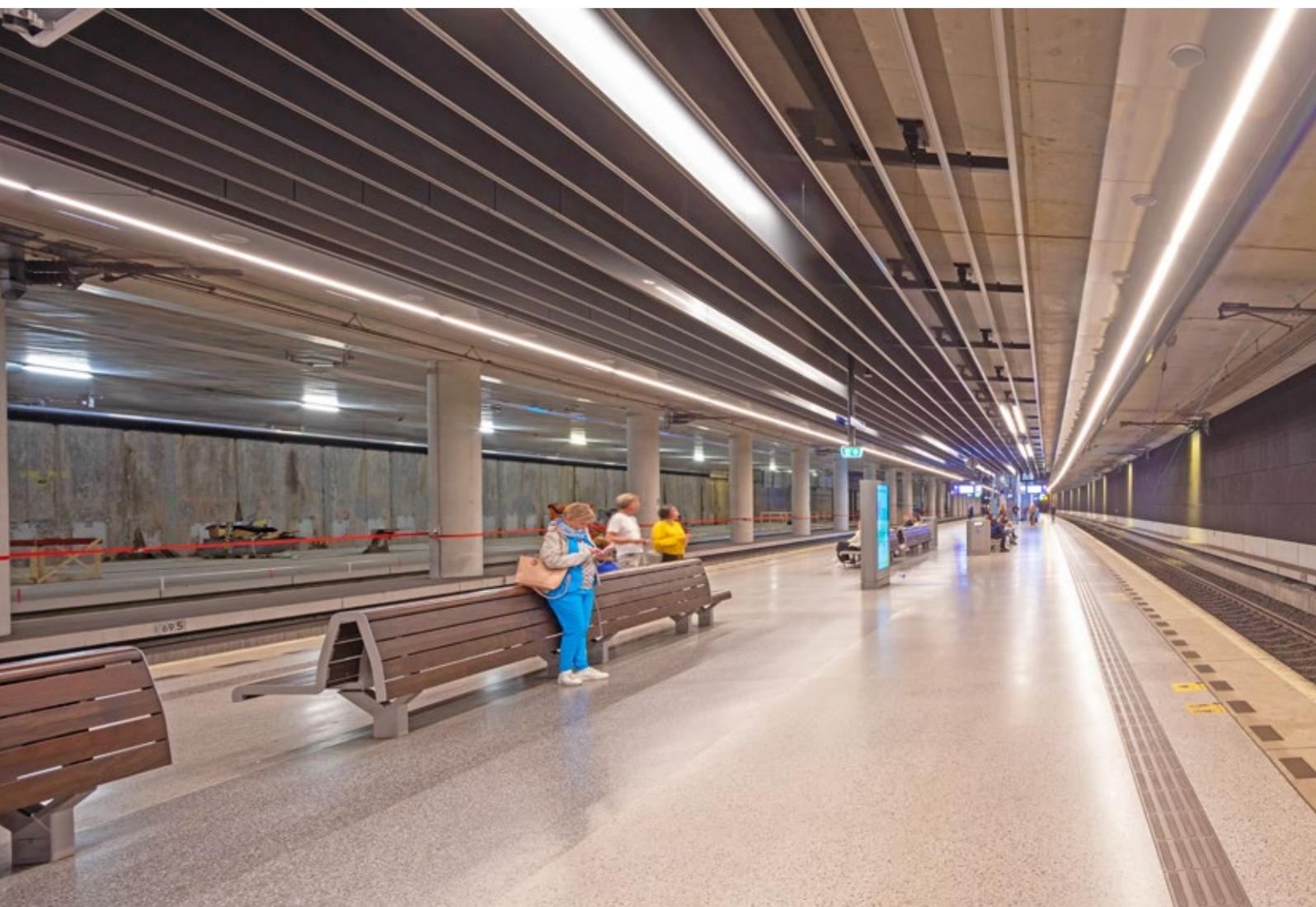
9 Den Helder, architektonische Überdachungsbeleuchtung mit LED zurückgebracht

Der Bahnhof Den Helder ist mit einer großräumigen Überdachung ausgestattet, welche nur in der Mitte mit Betonsäulen versehen ist. Auf den Säulen befindet sich ein Mittelträger, in dem alle Installationen (Leuchten und Regenwasserableitung –HWA–) gebündelt sind. Unter der Überdachung sind keine Kabelkanäle, Aufputzkabel oder Rohre zu sehen, was ein ruhigeres Bild ergibt als in vielen anderen Bahnhöfen. Die Überdachung wurde vor kurzem gestrichen und sieht nun elegant und ordentlich aus. Unter dem Mittelträger befanden sich Leuchtstoffröhren, die den Bahnsteig und die Überdachung mit einer Spiegeloptik beleuchteten. Nirgendwo im Blickfeld des Reisenden gibt es grelle Einbauten.

Wie in Weesp oder Alkmaar hätte das Programm „Verlichting“ einen Kabelkanal mit funktionaler Beleuchtung über die Leitlinie hängen können. Wir haben dies nicht getan, um das vom Architekten beabsichtigte Bild zu erhalten. Das Programm ließ die Lichtlinie unter dem Mittelträger mit LED nachfertigen. Damit wird die scheinbar unwichtige Überdachung (kein Denkmal, kein Kollektionsbahnhof) nicht weiter überladen und wirkt trotzdem ordentlich und aufgeräumt.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Werden Sie dem gerecht, was der Architekt beabsichtigt hat.
- Besprechen Sie dies bei einem Termin mit dem Auftragnehmer.



Die hellen Linien entlang der Bahnsteigkanten nach dem Austausch. Auch die Strahler zwischen den Lamellen wurden durch LED ersetzt.

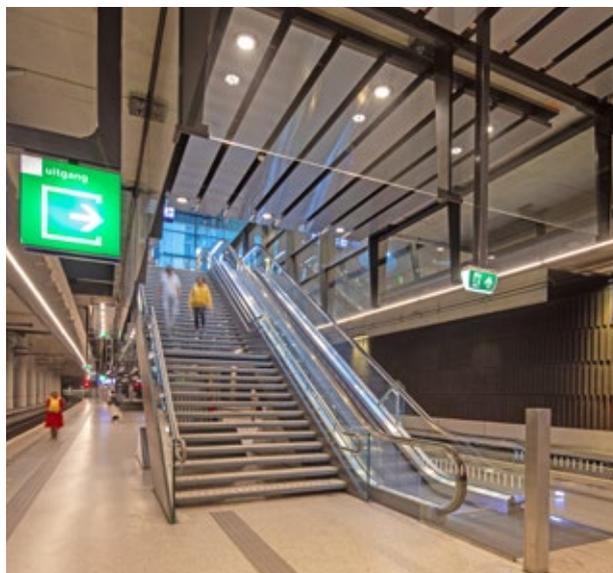
10 Delft, 1000 Leuchten in 52 Stunden

Bahnhof Delft ist einer der wenigen vollständig geschlossenen (unterirdischen) Bahnhöfe. Weitere vollständig geschlossene Bahnhöfe sind Rijswijk, Best und Schiphol. Auf einem vollständig umschlossenen Bahnsteig sind 200 Lux erforderlich. In Delft wurde daher bei der Fertigstellung 2015 eine durchgehende Leuchtstoffröhre über dem Bahnsteig installiert. Die bestehende Lichtlinie wurde 2019 mit LED-Innenleuchten des ursprünglichen Lieferanten umgerüstet. Für die Inbetriebnahme der zweiten Tunnelröhre war 2019 ein 52-stündiger Betriebsstillstand vorgesehen. Während dieser Stilllegung war auch der Bahnhof in der ersten Tunnelröhre außer Betrieb, obwohl dort keine Arbeiten geplant waren. In diesen 52 Stunden konnte der Auftragnehmer die rund 1000 Leuchtstoffröhren auf LED umrüsten. Die Arbeiten wurden mit zig Technikern und einer großen Anzahl Hubarbeitsbühnen gleichzeitig durchgeführt, wobei anhand einer Art „Drehbuch“ mit militärischer Präzision gearbeitet wurde. Wenn es in den 52 Stunden nicht gelang, gab es einige Wochen später eine weitere Außer-Betriebsetzung, welche der Auftragnehmer mit Nutzen konnte, was sich aber als unnötig erwies.

Die Halle war bereits mit LED-Beleuchtung ausgestattet, sodass eine Umrüstung dort nicht erforderlich war. Oberhalb der Treppe war an einigen Stellen noch zu wenig Licht vorhanden; dort wurden Strahler angebracht.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Versuchen Sie immer, die laufenden zugfreien Zeiten (TVP) zu nutzen.
- Lassen Sie den Installateur an der TVP-Besprechung teilnehmen.
- Planen Sie Sicherheit (einen Plan B) für mögliche Ausweitungen/Verzögerungen ein.



Auf der mittleren Plattform der Treppe war zu wenig Licht vorhanden. Hier wurden nun zusätzliche Strahler installiert (hinter den Lamellen).



Die Strahler in der Halle waren bereits LED.



Uplight Kaltweiß und Downlight Warmweiß auf den beiden mittleren Bahnsteigen des Bahnhofs Rijswijk.

11 Rijswijk, Austausch und Dimmen der Lichtlinien von 1174 Leuchten

Rijswijk ist ein ziemlich trostloser Bahnhof in einem Tunnel. In den Niederlanden gibt es nur wenige unterirdische Bahnhöfe (Delft, Rijswijk, Best, Schiphol). Auf vollständig umschlossenen Bahnsteigen liegt die Norm für die Beleuchtungsstärke bei 200 Lux und damit doppelt so hoch wie in den größten oberirdischen Bahnhöfen. Diese Norm entspricht derjenigen der Amsterdamer Metrobahn.

In Rijswijk wurde bereits viel getan, um den Bahnhof weniger düster zu gestalten. Zusätzlich zur funktionellen Lichtlinie (ca. 470 Leuchten auf den 2 Mittelbahnsteigen) ist auch noch indirekte Beleuchtung der Decke mit 704 Leuchten vorhanden. Es ist beabsichtigt, die Decke tagsüber stärker zu beleuchten als nachts, um den Eindruck von Tageslicht zu vermitteln. Die Deckenleuchten sind kaltweiß (4000 K) und die Bahnsteigleuchten sind warmweiß (3000 K).

Der Bahnsteig im Tunnel ist länger als der längste Intercity, der bei Fahrplanausfällen dort halten können muss (ca. 400 Meter). Im Rahmen des normalen Fahrplans halten jedoch nur die Sprinter in Rijswijk.

Die Sprinter halten immer auf der Südseite des Bahnsteigs. Die Bahnsteige verfügen über ein Eingangsgebäude mit Treppen und Aufzügen auf der Südseite, aber auch auf der Nordseite (der Pyramide). Die Fahrgäste werden zum Eingang an der Südseite gelockt, da sich dort die meisten Geschäfte befinden. Der Eingang auf der Nordseite ist immer ziemlich leer.

Der Betreiber wollte, dass die Leuchte den wartenden Fahrgästen zeigt, wo sich die Haltezone des Sprinters befindet. Dazu haben wir die Beleuchtung auf den ersten 150 Metern des Bahnsteigs permanent eingeschaltet gelassen.

Im hinteren Teil des Bahnsteigs sind alle 30 Meter Sensoren angebracht, und wenn keine Personen anwesend sind, wird das Licht auf 20 % gedimmt. Dadurch wird verhindert, dass die Fahrgäste in Versuchung geführt werden, im dunklen Bereich zu warten (wo normalerweise nie ein Zug kommt).

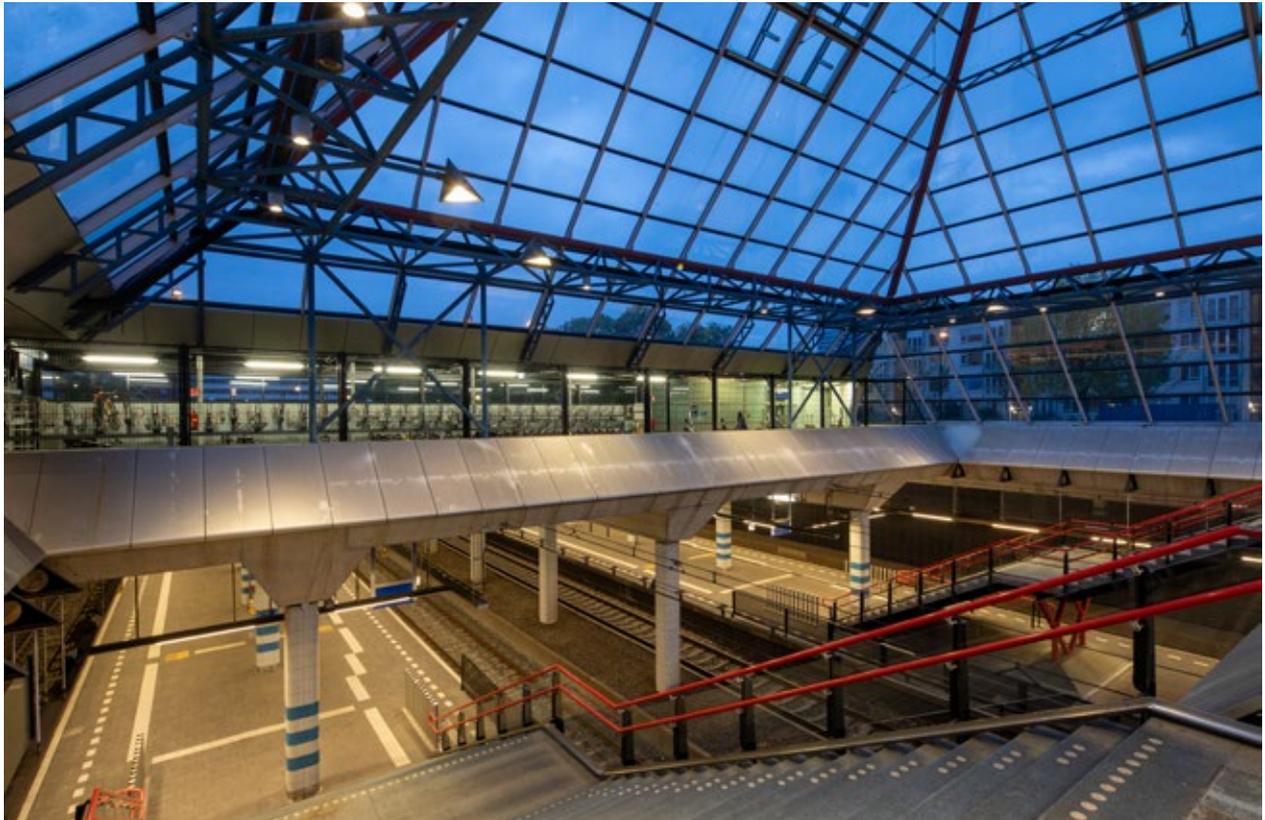
Wenn unerwartet doch eine Person den dunklen Bereich betritt, erlischt das Licht zu 100 % 30 Meter vor der Person. Weil es weitere 30 m weiter bei 20 % bleibt, kommt die Person nicht in Versuchung, weiterzulaufen.



Die Sensoren, die alle 30 m über dem Bahnsteig installiert sind



Bahnhof Rijswijk mit 3000 K Downlights und 4000 K Uplights.



Der Eingang an der Nordseite der Bahnsteige des Bahnhofs Rijswijk (De Piramide) wird kaum genutzt.

Nach dem letzten Zug dimmt das Licht bis auf 10 %, damit keine Vandalen angelockt werden. Wenn jemand den Bahnsteig betritt, schaltet die Beleuchtung auf 100 %. Damit soll verhindert werden, dass z. B. Landstreicher auf den Bahnsteigen schlafen (obwohl hier auch Nachtzüge fahren).

Die 24 Sensoren und die rund 1000 dimmbaren Leuchten sind über ein Dali-Steuerkabel (4-adrig) mit Helvar-Dimmreglern im Technikraum verbunden. Eine Dali-Röhre kann 128 Leuchten steuern. Es wurden 9 Steuerungen installiert, die auf zwei Technikräume verteilt sind.

Für Servicezwecke wurde im Technikraum ein Service-Gateway (mit SIM-Karte) installiert, über das Helvar während der 5-jährigen Garantiezeit die Einstellungen aus der Ferne einsehen und gegebenenfalls korrigieren kann.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Die Arbeit mit hellen Farben hilft in einem düsteren Tunnel.
- Licht kann Fahrgäste in einen Einstiegsbereich locken.
- Licht kann unerwünschte Besucher von dunklen Bereichen fernhalten.

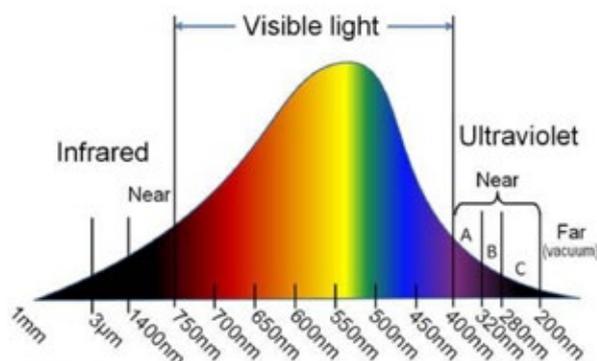




Blaues Licht neben dem Aufzug am südlichen Bahnsteigende.

12 Rijswijk und Zoetermeer Ost, Anti-Suizid-Beleuchtung

Rijswijk ist der Bahnhof in den Niederlanden mit der höchsten Zahl an Selbstmorden (im Durchschnitt etwa 2 pro Jahr). Der Bahnhof Rijswijk hat 2 Mittelbahnsteige in einem Tunnel. Viele Intercity-Züge fahren durch den Tunnel. An den Bahnsteigenden gibt es viele Orte, an denen sich Selbstmordgefährdete absondern können. Die japanische Metro hat blaues Licht als Anti-Suizid-Maßnahme getestet. Blaues Licht ist in den Niederlanden nie getestet worden. Rijswijk wurde als Testgebiet ausgewiesen.



12.1 Rijswijk, beabsichtigte Wirkung von blauem Licht an Bahnsteigenden

Blaues Licht signalisiert unserem Nervensystem, dass es Morgen ist und wir uns auf einen neuen Tag vorbereiten müssen. Licht mit einer Wellenlänge von 436 bis 495 nm (Blau) beeinflusst die Wachsamkeit durch die Produktion des Hormons Cortisol. Dieses ist dem Adrenalin ähnlich und bereitet den Körper auf eine Kampf-, Flucht- oder Angstreaktion vor. Melatonin (Schlafhormon) wird durch Cortisol unterdrückt. Blaues Licht ist gerade noch sichtbar. Blaulichtlampen dürfen nur eine Frequenz haben (etwa 470 nm) und keine Frequenzen im schädlichen Ultraviolettbereich ausstrahlen.

Blaues Licht hat eine Wellenlänge von etwa 470 nm, sollte aber kein schädliches Ultraviolett enthalten. Die Idee ist, dass das blaue Licht einer suizidgefährdeten Person einen Cortisol Schub verschafft und sie dadurch von ihren düsteren Gedanken ablenkt, sodass sie möglicherweise eher bereit ist, die 0800-0113 anzurufen oder ihre Meinung zu ändern.



Bahnhof Rijswijk im Jahr 2017 das Bahnsteigende auf der Nordseite. Die Fahrgäste konnten den Tunnel am Ende des Bahnsteigs ganz einfach über eine Rampe betreten.



Das Bahnsteigende rechts. Tagsüber kann man das Tageslicht sehen, aber abends und nachts ist es ein düsterer Ort.



Das Bahnsteigende auf der Nordseite wird nach Fertigstellung im Jahr 2019, wenn das Blaulicht eingeschaltet wird, zu sehen sein. Am Bahnsteigende wurde eine Umzäunung angebracht. Das Tor kann weiterhin als Fluchtweg geöffnet werden, ist aber mit Hinweisen auf die Suizidpräventions-Hotline 0800-01113 versehen.

Auf dem Bahnsteig in Rijswijk beträgt die Beleuchtungsstärke des blauen Lichts beinahe die der Bahnsteigbeleuchtung 200 Lux. Blaues Licht wirkt am besten bei Beleuchtungsstärken zwischen 100 und 800 Lux.

Seit 2017 gibt es Zäune und Schilder mit der Aufschrift „Bel 0800-0113“ (man soll also die Nummer der Suizidpräventionshilfe anrufen) angebracht. Die Pforten müssen sich als Fluchtweg öffnen lassen (z. B. im Brandfall). Suizidgefährdete können den Tunnel immer noch betreten, jedoch gehen in diesem Fall die blauen Lampen an. Weiter unten im Tunnel wurden außerdem blaue Lichter installiert, die sich einschalten, wenn jemand den Tunnel betritt.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Blaues Licht ist eine mögliche Lösung für die Suizidprävention
- Es gibt jedoch noch keine eindeutigen Beweise dafür, dass dies funktioniert.
- ProRail entscheidet sich trotzdem dafür, denn jeder Selbstmordversuch ist einer zu viel.
- Testen Sie blaues Licht weiterhin so lange wie möglich, in Kombination mit anderen Maßnahmen.





Die offene Fußgängerbrücke in der Nähe des Bahnsteigendes (nach dem Austausch der LED).

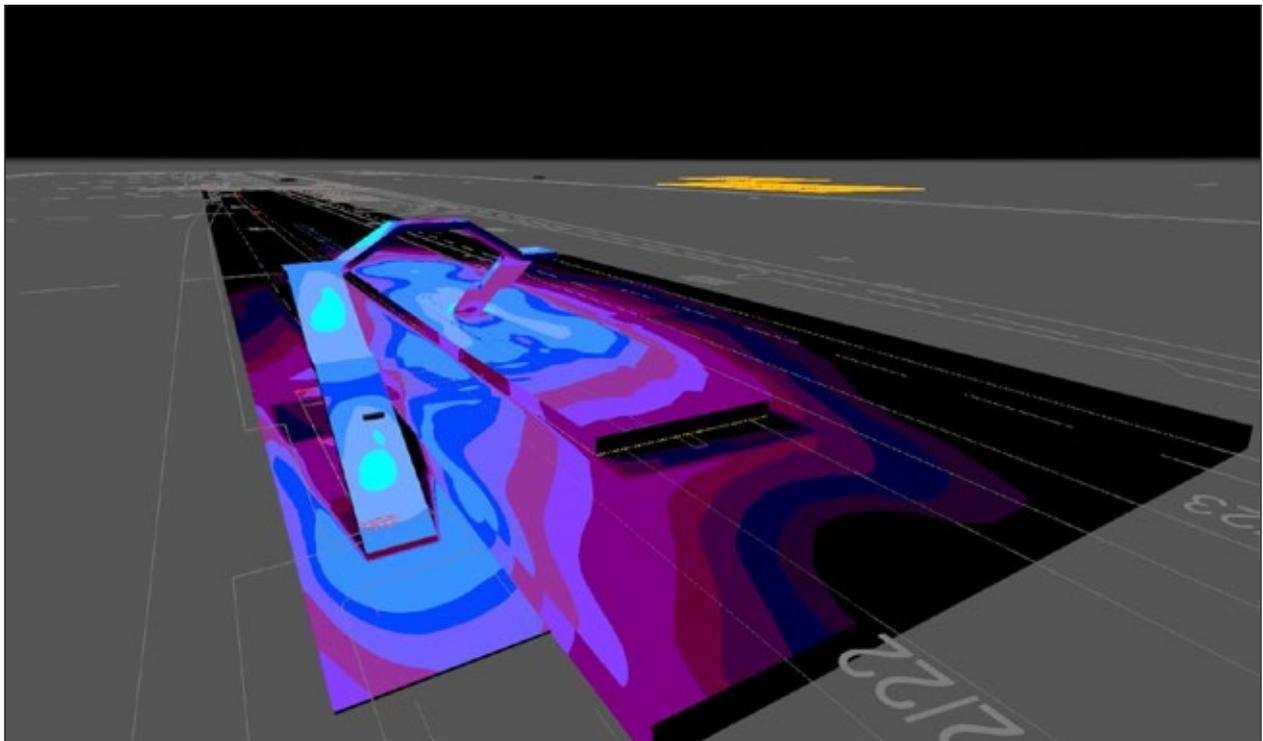
12.2 Zoetermeer Ost Bahnsteigende mit blauem Licht

Zoetermeer Ost ist ein eher trostloser Bahnhof, der ebenso wie Rijswijk in der Selbstmordstatistik schlecht abschneidet. Mit besseren Leuchten konnten wir die dunklen Stellen auf der Fußgängerbrücke verbessern. Das war nicht einfach, da die Triebfahrzeugführer nicht von den Leuchten, die auf der Fußgängerbrücke angebracht sind, geblendet werden dürfen. Oben auf der Fußgängerbrücke haben wir aus diesem Grund keine Lichtmasten aufgestellt, sondern die Beleuchtung in die roten Rohrgeländer integriert.

Hinter den Bahnsteigenden gibt es viele Orte, an denen sich Selbstmordgefährdete absondern können. Im Bahnhof Zoetermeer Ost wurden daher hinter der Fußgängerbrücke an einem Lichtmast und unter der Fußgängerbrücke blaue Leuchten angebracht: Leuchte: Pracht, Tubis, 1909 Lm, 44 W, 1285 mm., Dimmbar (Blaues Licht), RAL9005 (Schwarz). Achtung: $1909 \text{ Lm}/44 \text{ W} = 43 \text{ Lm/W}$; Die Lichtleistung der blauen LEDs ist also noch weit von den 100 Lm/W entfernt, die wir für weiße LEDs benötigen.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Überlegen Sie genau, welche dunklen Ecken es an den Bahnhöfen gibt, und schließen Sie sie nach Möglichkeit.
- Blenden Sie den Triebfahrzeugführer nicht mit Lichtern auf einer offenen Fußgängerbrücke über die Gleise.



Die Lichtberechnung zeigt, dass nun auch die Bereiche unter der Freitreppe am Bahnsteigende gut beleuchtet sind (10 bis 20 Lux, siehe Legende unter dem Bild).



Historische gusseiserne Lichtmasten am Bahnhof Vlissingen, ausgestattet mit maßgeschneiderten LED-Leuchten und neuen transparenten Schirmen.

13 Vlissingen, historische gusseiserne Lichtmasten umgerüstet

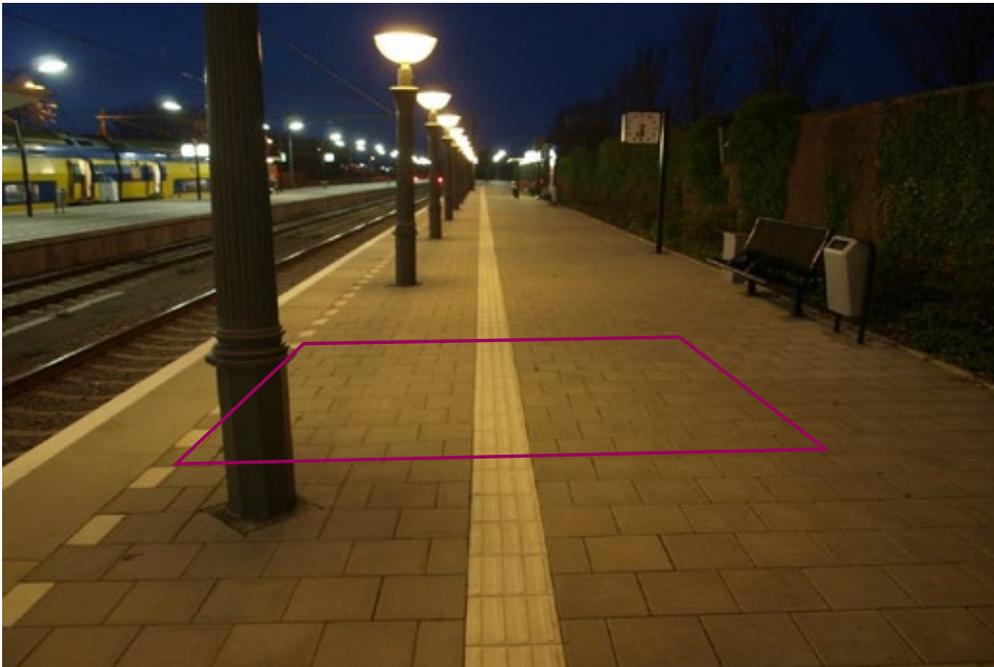
Auf dem Bahnsteig in Vlissingen befinden sich historische gusseiserne Lichtmasten. Die Lampen in den Lichtmasten hatten keine Optik und beleuchteten den Bahnsteig in Kreisen um die Masten herum.

wurden durch klare Kunststoffdeckel (Polycarbonat) ersetzt, die das Streulicht reduzieren. Am oberen Ende der Leuchte ist eine Prismenoptik angebracht, die das Licht über den Bahnsteig bündelt und verhindert, dass es in das Gleisfach eindringt. Die LED-Lichtquelle beleuchtet den Spiegel von unten, damit die Fahrgäste nicht geblendet werden.

Die vorhandenen Masten wurden mit maßgeschneiderten LED-Umrüsteinheiten umgerüstet. Die Abdeckungen

Station: Vlissingen **Locatie:** **Perron nummer: 1.**

Horizontale lichtmeting: Norm: Open perron (Basis/+) H.o.h. 8 m



Meetpunt:	Lux:	Meetpunt:	Lux:	Meetpunt:	Lux:
1.	21,2	2.	20,1	3.	15,5
4.	21,5	5.	23,4	6.	15,7
7.	22,6	8.	23,8	9.	18

Uitkomsten			
		RLN00012 (V008)	
	Berekende waarde	Norm:	Voldoet:
Lux gem. (Em)	20,20	10	Ja
Gelijkmatigheid (Uo)	0,77	0,3	Ja

Oben: die Basismessung an der Station Vlissingen. Die alte Beleuchtung entsprach bereits der Norm. Die Masten wurden hauptsächlich auf LED umgerüstet, weil dies Energieeinsparungen und einen geringeren Wartungsaufwand zur Folge hatte.



Der überdachte Teil des Bahnsteigs ruht ebenfalls auf den alten gusseisernen Lichtmasten. Hier braucht man tagsüber kein Licht einzuschalten, denn durch das transparente Oberlicht fällt genügend Licht ein. Dies ist ein gutes Beispiel für die Grundregel „Tageslicht, es sei denn“ in RLN00012. Wir tauschten die Einbauleuchten in die vorhandene Überdachung durch LED-Einbauleuchten aus.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Versuchen Sie immer, historische Elemente zu erhalten.
- Durchsichtige Schirme auf den Leuchten reduzieren Lichtverluste und Streulicht.
- Wenn Sie durchsichtige Schirme verwenden, achten Sie darauf, dass die Lichtquelle nicht blendet.
- Verhelpen Sie alten Masten und Strukturen mit neuer Technologie zu einem zweiten Leben.
- Eine Renovierung ist nachhaltiger als ein Neubau.



14 Goes, indirekte Beleuchtung auf LED umgerüstet

Im Bahnhof Goes wird die Halle indirekt durch Leuchtstoffröhren hinter einer Hohlkehle beleuchtet, die das Licht nach unten und oben abstrahlt. Die Hohlkehle verläuft bis in den Tunnel hinein. Die Hohlkehle ist eine hübsche architektonische Ergänzung, welche die Fassaden der Geschäfte unterhalb der Hohlkehle besser sichtbar macht und auch die ungewöhnliche Betonstruktur oberhalb der Hohlkehle hervorhebt. Die Hohlkehle sorgt dafür, dass das Leuchtstoffröhrenlicht zwar auf den Boden fällt, der Fahrgast jedoch nicht in die Lichtquelle schauen kann und somit nicht geblendet wird. Das Prinzip funktioniert gut und wir daher die Hohlkehle intakt gelassen. Wir ersetzen die Leuchtstoffaufbauleuchten hinter der Hohlkehle Eins-zu-Eins durch gleichwertige LED-Aufbauleisten.

Wir haben die Einbauleuchten in der Lichtlinie, die in der Mitte der Halle hängt, nach und nach ersetzt.



Tipps und Schlussfolgerungen:

- Indirekte Beleuchtung wirkt oft beruhigender als direkte Beleuchtung.
- Wenn ein Design gut funktioniert, dann versuchen Sie, dieses zu renovieren.
- Über die indirekte Beleuchtung muss man dann nicht mehr nachdenken.



Station:

Amsterdam Sloterdijk

Locatie

Perron nummer: 5.

Horizontale lichtmeting:

Norm:

Overkapt perron (Mega>)



Meetpunt:	Lux:	Meetpunt:	Lux:	Meetpunt:	Lux:
1.	459	2.	493	3.	473
4.	468	5.	499	6.	468
7.	456	8.	501	9.	474

Uitkomsten			
		RLN00012 (V008)	
	Berekende waarde	Norm:	Voldoet:
Lux gem. (Em)	476,78	70	Ja
Gelijkmatigheid (Uo)	0,96	0,4	Ja

Nullmessung Amsterdam Sloterdijk auf vollständig umschlossenen Bahnsteigen in Bodennähe. Die Beleuchtungsstärke betrug Tag und Nacht 400 Lux, da die Tageslichtsteuerung defekt war. Diese sollte 400 Lux am Tag und 200 Lux in der Nacht betragen.

15 Amsterdam Sloterdijk, soziale Sicherheit mit Beleuchtung verbessern

Amsterdam Sloterdijk ist ein Bahnhof des Typs Mega. Er besteht aus einer Bahnhofshalle, die direkt vom Orlyplein aus zugänglich ist, mit Aufzügen, Treppen und einer Fußgängerbrücke auf der anderen Seite. Auf der Bodenoberfläche befinden sich 3 Bahnsteige (Gleise 3–4, 5–6, 7–8), oben in der Halle 2 befinden sich zwei hochgelegene Bahnsteige (Metrogleise 1–2 und NS-Gleise 11–12). Der Bahnsteig 9–10 (Hemboog) hat einen eigenen Eingang vom Orlyplein aus.

Die 3 vollständig umschlossenen Bahnsteige auf der Bodenoberfläche fühlen sich dunkel und sozial unsicher an. Es gab viel Licht, aber die graue Betonkonstruktion ließ es düster und dunkel erscheinen. Die Tagesbeleuchtungsstärke im vollständig umschlossenen Bereich lag bei über 400 Lux und damit doppelt so hoch wie die Norm von 200 Lux für vollständig umschlossene Bahnsteige. Da die Tag-Nacht-Sensoren nicht stabil waren, betrug die Beleuchtungsstärke in der Nacht auch oft 400 Lux. Triebfahrzeugführer wurden geblendet, wenn sie aus der Dunkelheit in den Bahnhof fuhren. Der Übergang von den 400 Lux zum offenen

Bahnsteig mit 20 Lux ist sehr groß. Es sieht so aus, als ob das Ende des geschlossenen Bahnsteigs völlig dunkel ist, ein Ort, an dem sich unerwünschte Personen verstecken können.

Die Leuchtstoffröhren wurden durch LED-Leuchten ersetzt, die tagsüber 400 Lux und nachts 200 Lux auf dem Bahnsteig bieten. Die Sensoren und die Beleuchtungssteuerung wurden ausgetauscht, so dass tagsüber 2 x mehr Lux auf den Bahnsteig fallen als abends. Am Übergang nach draußen werden die Leuchten gedimmt, um einen Übergang von 1:3 zu schaffen (gemäß RLN00012).



Die vollständig überdachten Bahnsteige des Bahnhofs Amsterdam Sloterdijk bei 200 Lux am Abend nach dem LED-Austausch.



Die wiederhergestellte Lichtkunst.

Die Lichtlinie entlang der Bahnsteigkante hängt in Zone B. Die Leuchten können nur während eines Außer-Dienst-Betriebs ausgetauscht werden. Daher wurde die Lichtlinie auch lange nicht gestrichen. In der Lichtlinie sind auch Lautsprecher für die Bahnhofsdurchsagen und für Räumungen angebracht. Im Rahmen des Programms „Verlichting“ wurden während einer Außer-Dienstsetzung alle Leuchten und auch die Lautsprecher erneuert sowie die Lichtleitung entrostet und gestrichen.

So wird der Bahnsteig noch 10 Jahre lang ordentlich und sicher aussehen. Auf den Bahnsteigen wurde früher viel mit Licht und Farbe gearbeitet, um die Atmosphäre zu verbessern. Die Lichtkunst war defekt und wurde nun dauerhaft repariert. An den Säulen sind Deckenfluter angebracht, die das Dach beleuchten. Diese waren oft defekt und sind ebenfalls mit LED-Lichtquellen versehen. Das Dach ist jetzt besser beleuchtet und sieht weniger düster aus.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Eine nachhaltige Beleuchtung (die lange hält) kann einen düsteren Bahnhof erheblich aufwerten.
- Eine Lichtlinie in Zone B muss nicht unbedingt in Zone C übergehen, wenn die Leuchten 10 Jahre halten.
- Entscheiden Sie sich für langlebige LEDs, damit diese Verbesserung über einen langen Zeitraum erhalten bleibt.
- Verlassen Sie sich nicht zu sehr auf eine zwischenzeitliche Wartung.



Die Strahler zwischen den Dreiecken wurden mit einem neuen LED-Innenleben ausgestattet.

16 Amsterdam Duivendrecht, Retrofits und Lichtkunstwerke

Amsterdam Duivendrecht ist ein Bahnhof mit 2 Ebenen. Unten 2 Gleise von Weesp in Richtung Flughafen Schiphol, oben die Gleise von Amsterdam nach Utrecht und die Metrogleise. Der Bahnhof wurde von dem Architekten Peter van Kilsdonk entworfen, der auch die Bahnhöfe in Almere, Zaandam, Oss und Doetinchem entworfen hat.

Die Bahnsteige werden von Scheinwerfern beleuchtet, die jeweils zwischen zwei dreieckigen Trennwänden angebracht sind. Die Dreiecke sind charakteristisch für die Architektur von Van Kilsdonk. Das Programm „Verlichting“ hat die Strahler zwischen den Dreiecken auf LED umgerüstet mit einem neuen LED-Innenleben (Retrofit).

Im Bahnhof gibt es einige Lichtkunstwerke wie die Rutsche unter der Treppe und das runde Oberlicht, siehe nächste Seite. Die Kunstwerke werden von innen mit Leuchtstoffröhren beleuchtet. Diese waren jedoch für Wartungsarbeiten nur schwer zugänglich. Infolgedessen blinkten sie oft, was bedeutete, dass das Kunstwerk eher einen negativen als einen positiven Effekt auf das Erlebnis hatte.

Wir ersetzen die Leuchtstoffröhren in den Kunstwerken durch Standard-LED-Aufbauleuchten. Die Opalplatten wurden gereinigt. Die Lichtkunstwerke sind wieder sauber sowie heil und wirken als Orientierungspunkt im Bahnhof.

Auch die Einbauleuchten in der Paneeldecke wurden auf LED umgestellt. 3 dreieckige Aufbauleuchten sind mit Retrofits ausgestattet.

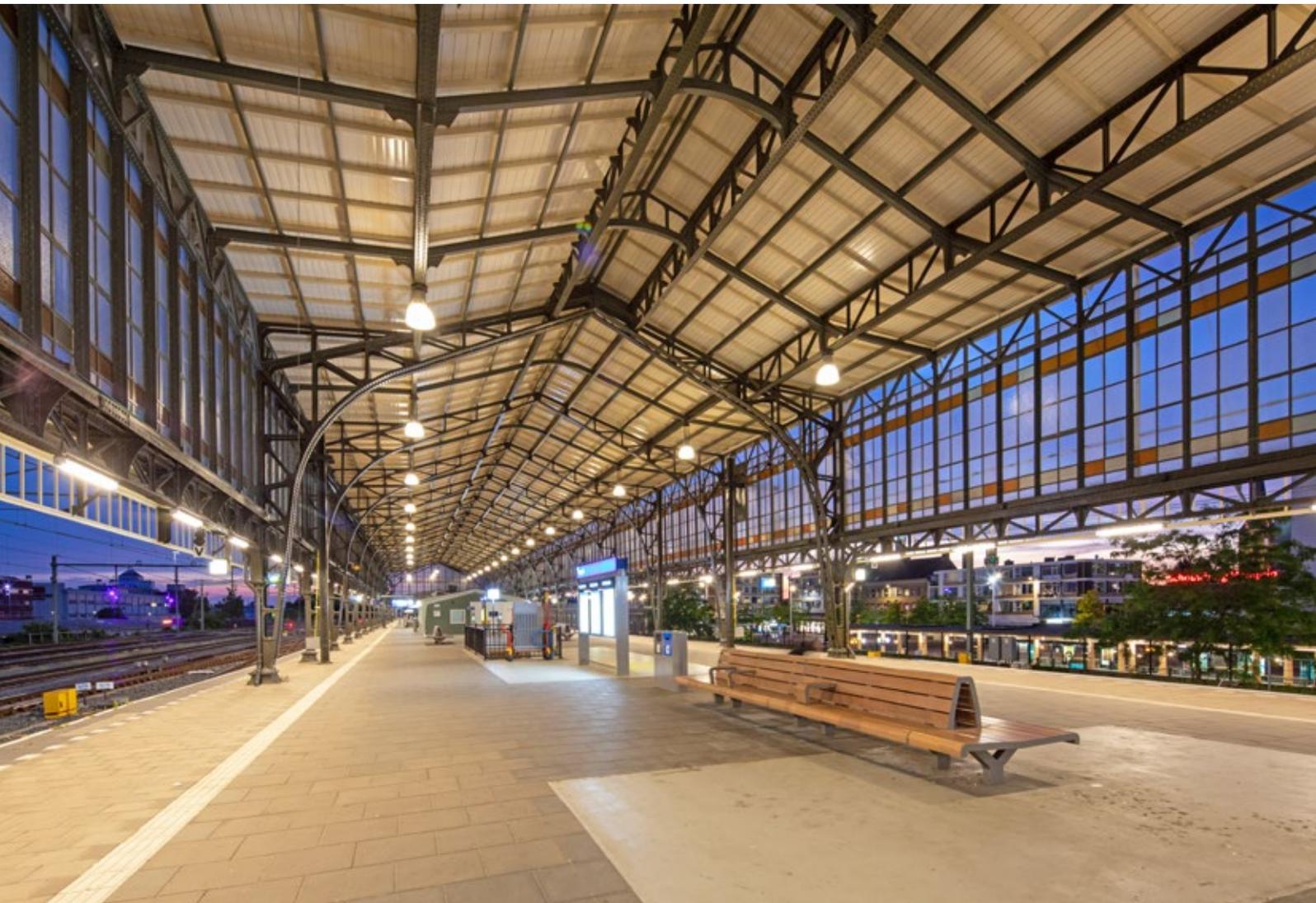
Tipps und Schlussfolgerungen:

- Maßgeschneiderte Leuchten sind Teil der Architektur und können nicht einfach durch Standardleuchten ersetzt werden.
- Lichtkunstwerke funktionieren nur, wenn sie sauber und heil sind.
- Mit LEDs bleiben Lichtkunstwerke für weitere 10 Jahre heil.
- Achten Sie darauf, dass auch die Kunstwerke mindestens einmal im Jahr gereinigt werden.



Lichtkunst am Bahnhof Duivendrecht. Die drei Dreiecksleuchten im Vordergrund sind ebenfalls auf LED umgerüstet.





17 Hengelo, Retrofits in Kelchleuchten

In Hengelo wie auch in Amersfoort, Den Bosch, Nijmegen und Den Haag HS, hängen zahlreiche Kelchleuchten unter der monumentalen Überdachung. In Amersfoort und Deventer haben wir die Kelchleuchten durch eine neue LED-Leuchte ersetzt. In Hengelo wurden die vorhandenen Glasschirme gereinigt, wiederverwendet und mit einer LED-Umrüsteinheit versehen (Retrofit). Da wir den Glasschirm wiederverwenden, ist die Nachrüstung eine nachhaltigere Lösung als der Austausch der gesamten Leuchte. Retrofit war 2015 noch nicht zuverlässig. Jedoch konnte der Lieferant 2019 ausreichend garantieren, dass er die Kelche zuverlässig einbauen könne.

Die Leuchten sind jetzt sauber und geben mehr Licht als die alten Lichtquellen. Durch die bessere Farbsättigung der LED-Lichtquellen (R_a80) kommen auch die Farben der monumentalen Überdachung und der Glasmalereien besser zur Geltung.

In der Bahnhofshalle in Hengelo hingen ebenfalls einige Kelchleuchten. Diese wurden inzwischen auch mit LED-Umrüsteinheiten umgerüstet (50 % der Kosten einer neuen Leuchte).

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Bei großen Stückzahlen lohnt es sich, eine LED-Umrüstung zu entwickeln.
- Die Anforderung bei Retrofits/Umrüsteinheiten lautet, dass diese auch stets der RLN00012 entsprechen.
- Retrofits sind oft 20 bis 50 % billiger als komplett neue Leuchten.
- Die Umrüstung alter Gehäuse kostet zusätzliche Montagestunden.
- Nachhaltigkeitsgewinne liegen vor allem bei der Wiederverwendung der Gehäuse/Kappen.





MP-Masten auf dem Bahnhof Hardinxveld-Giessendam



Prototyp eines MP-Masts im Innenhof von ProRail.



„Totempfahl“ in Zuidhorn: ein Mast mit einem Beleuchtungskörper, 2 Lautsprechern, einer Kamera und einem Strahlensender.

18 Hardinxveld-Giessendam und Blerick, Mehrzweckmasten

Als wir mit dem Programm „Verlichting“ begannen, wollte das Bureau Spoorbouwmeester, dass wir idealerweise alle Lichtmasten auf den Bahnsteigen in den Niederlanden durch ein Modell ersetzen, das besser zu der neuen grauen Bahnsteigausstattung (Bänke, Sitzhocker und Abfallbehälter) passt. Seit den 1970er Jahren ist die ProRail-Ausstattung schwarz (RAL9006). Die neue Ausstattung ist grau (RAL9007). Außerdem ist die alte Ausstattung rund und elegant, während die neue eckiger und robuster ist. Ein neuer Mast muss daher auch grau und robust sein.

Auf den derzeitigen schwarzen NS4000-Lichtmasten werden zusätzliche Funktionen wie Lautsprecher und Antennen als Aufbauten angebracht. Dadurch entstehen unansehnliche Totempfähle. Spoorbouwmeester will keinen Aufbau, sondern einen Einbau. Alle Funktionen wie Beleuchtung, Lautsprecher, Schilder, Messmikrofone, Uhren und Wi-Fi-Antennen müssen im Voraus einen Platz im Entwurf reserviert haben. Es darf kein Beleuchtungsmast, sondern soll ein Multi Purpose Mast (MP-Mast) werden.

Im Rahmen des Programms „Verlichting“ wurden mehrere Sitzungen mit Telekommunikationsfachleuten, Managern und dem Bureau Spoorbouwmeester einberufen, um ein Anforderungsprogramm für den neuen Mast zu entwickeln. Eine wichtige Anforderung von der Durchsage war, dass nur eine von ProRail zugelassene Lautsprecherbox verwendet werden durfte, da sonst keine Klangersimulation berechnet werden konnte. Der Einbau eines separaten Lautsprechers in einen Mast ist keine Option, da der Mast als Resonanzkörper in einem zuverlässigen Modell nicht simuliert werden kann. Freigegebene Lautsprecherboxen sind der Elomet X6-Lautsprecher und der Bosch LA1-UM20E-1 (siehe Abbildung).



Bosch-Lautsprecherbox mit 4 Lautsprechern, die im MP-Mast angebracht ist.

Der Fachmann der Telekom möchte den Lautsprecher waagrecht im Ausleger des Mastes haben, da so der Schall besser über den Bahnsteig abgestrahlt wird. Bei einem vertikal ausgerichteten Lautsprecher geht der Schall horizontal aus, wodurch die Umgebung um 7 dB mehr belästigt wird (siehe OVS00082). Der Elomet-Lautsprecher ist zu groß, um in den horizontalen Ausleger des Mastes zu passen. Der Bosch-Lautsprecher passt gerade noch in ein

100x200-Rohr. Daher wurde ein MP-Mast aus Stahlrohr 100 x 200 x 4 gewählt.

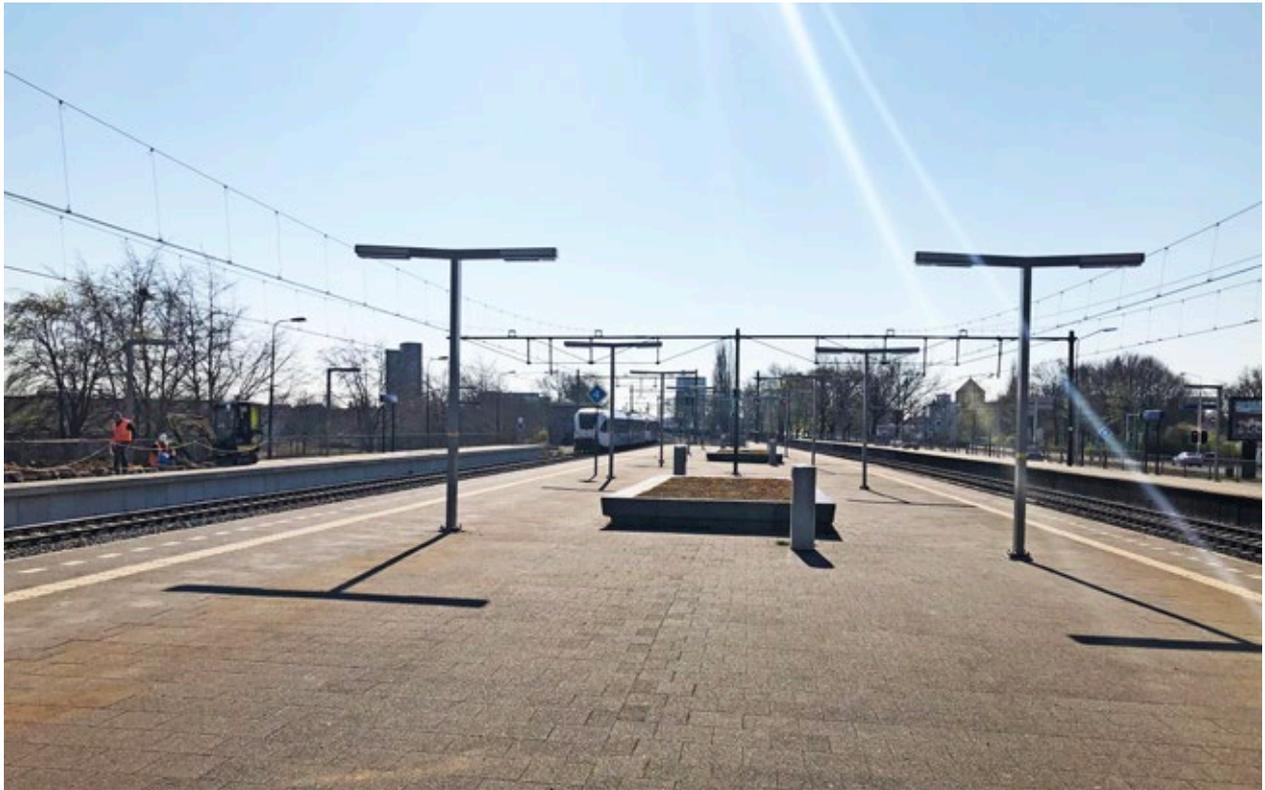
Die Beschichtung des MP-Mastes entspricht den Beschichtungsanforderungen aus SPC00178 des NS4000-Mastes und die Fahrradständer (verzinkt 90 mu und doppelt pulverbeschichtet, beständig gegen Salzsprühstest, kratztest mit Klebeband).

Wegen des Lautsprechers gibt es keinen Platz für eine Leuchte im Ausleger. Daher wurde eine sehr flache LED-Leuchte unter dem Ausleger gewählt.

In Absprache mit einem Masthersteller wurde ein Prototyp aus Rohr 250 x 100 x 4. Dieses Rohr ist breit genug, um 2 Lautsprecher (Rücken an Rücken) im Ausleger unterzubringen. Es wurde im Innenhof des ProRail-Gebäudes De Inktpot aufgestellt und angeschlossen. Der Ausleger wurde hier an den Mast geschweißt. Dadurch wurde er so schwer, dass er gemäß den Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften nicht ohne Kran aufgestellt werden konnte.

Mit allen Beteiligten haben wir den Prototyp überprüft und Anpassungen vorgenommen. Ein zweiter Prototyp wurde anschließend aus einem etwas weniger klobigen Rohr 200 x 100 x 4 und einem separaten Ausleger gefertigt, der ebenfalls im Innenhof von Inktpot steht. In das Rohr von 200 x 100 passt nur ein Lautsprecher in den Ausleger. Der Mast wurde anschließend von einem Planungsbüro detailliert gezeichnet, damit er in SPC000178 aufgenommen werden konnte. Dieser erste Entwurf wurde am Bahnhof Hardinxveld-Giessendam aufgestellt.

In Hardinxveld-Giessendam sind die Seitenbahnsteige mit Masten und einseitigen Auslegern ausgestattet. Diese ist der Standardmast (200 x 100) mit einem Lautsprecher an einer Seite. Daher wurde entschieden, alle 16 Meter einen Lautsprecher anzubringen. An der Rampe wurden außerdem Masten mit doppelten Auslegern installiert. Wir besuchten Hardinxveld-Giessendam an einem Abend mit den Verwaltern und Spoorbouwmeester. Danach wurden einige weitere Lernpunkte in die Zeichnungen eingearbeitet und der Mehrzweckmast (MP4000-Mast) wurde in SPC00178-V002 freigegeben. Anschließend wurden auch an Bahnhöfen wie Blerick, Vorden und entlang der Kolenstrecke MP-Masten errichtet.



Bei der Inspektion im April 2020. Oben waren die Dämmerungssensoren noch nicht installiert worden.



Bis zur endgültigen Übergabe im Juni 2020 werden die grauen Dimmsensoren installiert sein. Oben sehen Sie 2 Lautsprecher in einem Mast mit jeweils zwei Auslegern. Aufgrund des fortschreitenden Verständnisses würden wir nun einen Lautsprecher pro Mast auf der Gleisseite anbringen.

Blerick hat einen sehr breiten Mittelbahnsteig und zwei Seitenbahnsteige. Auf dem breiten Mittelbahnsteig haben wir 2 Reihen mit Masten und doppelten Auslegern aufgestellt. In jedem Mast befindet sich links und rechts ein Lautsprecher. Wenn man darüber nachdenkt, hätte man sich auch dafür entscheiden können, nur einen Lautsprecher pro Mast entlang der Strecke aufzustellen. In einer Optimierungsübung wurde auch berechnet, ob es möglich ist, die Lautsprecher abwechselnd (links und rechts) auf einem Standard-Mittelbahnsteig von etwa 6 m Breite aufzustellen. Auf Mittelbahnsteigen, die nicht breiter als 6 Meter sind, ist dies laut Berechnung möglich. Das wurde in OVS00178 hinzugefügt (siehe die Pfeile im nachfolgenden Plan).

Tipps und Schlussfolgerungen:

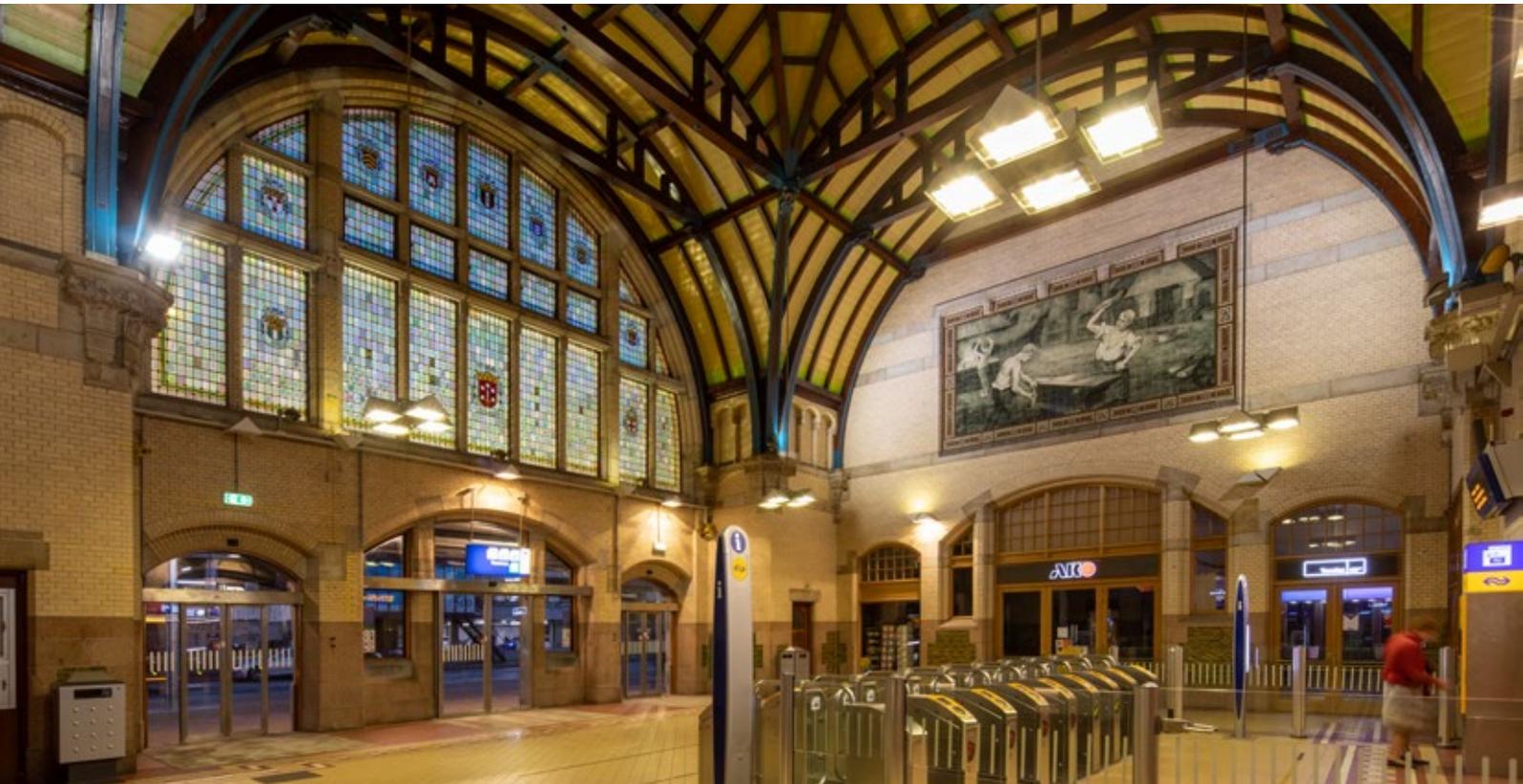
- Die Entwicklung neuer Produkte ist keine Aufgabe für ein Programmteam, sondern eine lohnende Arbeit.
- In Absprache mit Spoorbouwmeester und dem Produktmanager ist vieles möglich.
- Bei einem Produkt wie einem Lichtmast gibt es mehr Gestaltungsmöglichkeiten, als man auf den ersten Blick vermuten könnte.
- Beachten Sie, dass bei der Verwendung von MP-Masten graue Sensoren vorgeschrieben sind.
- MP-Masten sind weniger Standard als es scheint, es gibt eine große Anzahl von Optionen und Kombinationen.
- Wählen Sie eine kostengünstige Lautsprecherprojektion pro Bahnsteig.



Die Sensoren auf den schwarzen NS4000-Masten sind ProRail schwarz (RAL9006). Für die Sensoren für die grauen MP4000-Masten gilt die Vorschrift (bestellen lassen) Grau (RAL9007).



Der Eingang zur Empfangshalle ist jedoch bereits mit einer neuen LED-Beleuchtung ausgestattet.



Die Halle mit alten Leuchten. Fliesentableaus und Decken sind ungleichmäßig beleuchtet (als dieses Buch gedruckt wurde, war die neue Beleuchtung noch nicht installiert).

19 Haarlem, monumentale Halle mit maßgeschneiderten „Tunable White“-Pendelleuchten

Im Bewertungsdokument über den monumentalen Haarlemer Bahnhof, von der Firma Crimson, steht Folgendes:

Der heutige Bahnhof stammt aus dem Jahr 1906 und wurde von D.A.N. Margadant entworfen. Der Bahnhof besteht aus einem separaten Eingangsgebäude (gegenüber) und einem separaten Ausgangsgebäude, mit einem Vordach dazwischen. Wie in Den Haag HS wurde das Gleis erhöht und ein Teil der Anlagen auf einer Bahnsteiginsel untergebracht. Unter der großen Überdachung befinden sich nicht nur die Warteräume und die Gaststätte, sondern auch ein wundervolles Holzstellwerk. Die Bahnstüberdachung wurde von H.W.M. Worker entworfen und gilt als der Höhepunkt seiner Arbeit für die „Hollandsche IJzeren Spoorweg-Maatschappij“. Der Bahnhof Haarlem ist ein Bahnhof mit vielen besonderen Details, sowohl bei seiner Außenausstattung als auch bei der Innenausstattung. Gemeinsam mit dem Bahnhof Deventer ist er eines der am besten erhaltenen Bahnhofsensembles. Das Bahnhofsgebäude, die Eisenbahntunnel, die Gebäude auf den Bahnsteigen und die Bahnsteigüberdachung bilden ein Gesamtkunstwerk, welches die Größe, Modernität und Erhabenheit der Eisenbahngesellschaft von vor einem Jahrhundert widerspiegelt.

Für die Erneuerung der Beleuchtung ist eine denkmalschutzrechtliche Genehmigung erforderlich. Der Antrag wurde im November 2018 bei der städtischen Denkmalschutzkommission eingereicht. Diese wurde zunächst abgelehnt, da zu wenig erläutert wurde, wie die neue Beleuchtung mit der alten Architektur zusammenpasst und diese, wo möglich, aufwertet. Als Antwort darauf, haben R.J. Vos und M.M. Pigeaud das Memorandum zur Unterstützung der Lichtplanung eingehender ausgearbeitet.

Auf dem Vordach vor dem Eingang wird eine gleichmäßigere Fassadenbeleuchtung installiert. Das Halbbogenfenster in der Halle ist von innen beleuchtet, sodass es auch in der Nacht sichtbar ist.



Dachkonstruktion der Halle.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Buches war Haarlem noch nicht fertig. Es sind daher keine Fotos der Halle in der endgültigen Fassung hinzugefügt.

In der Eingangshalle A werden die Dreiecksleuchten gegen Kelchleuchten ausgetauscht (wie in Deventer und Den Haag HS). Die Leuchten werden mit Pendeln und Spanngurten (ohne Schrauben) an den hölzernen Dachbalken befestigt.

Die Kacheltableaus werden von unten mit einer schmalen Lichtlinie beleuchtet. In den Tunneln versehen wir die bestehenden Schächte mit einer neuen indirekten LED-Beleuchtung.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Halten Sie frühzeitig Rücksprache mit dem Denkmalausschuss (Monumentencommissie) der Gemeinde.
- Verwenden Sie bei der Beratung einen gut begründeten Plan eines Lichtplaners.
- Bevor Sie sich an den Denkmalausschuss wenden, lesen Sie die Bewertungsunterlagen des Bureau Spoorbouwmeester.
- Seien Sie vertraut mit den charakteristischen und wertvollen Details.

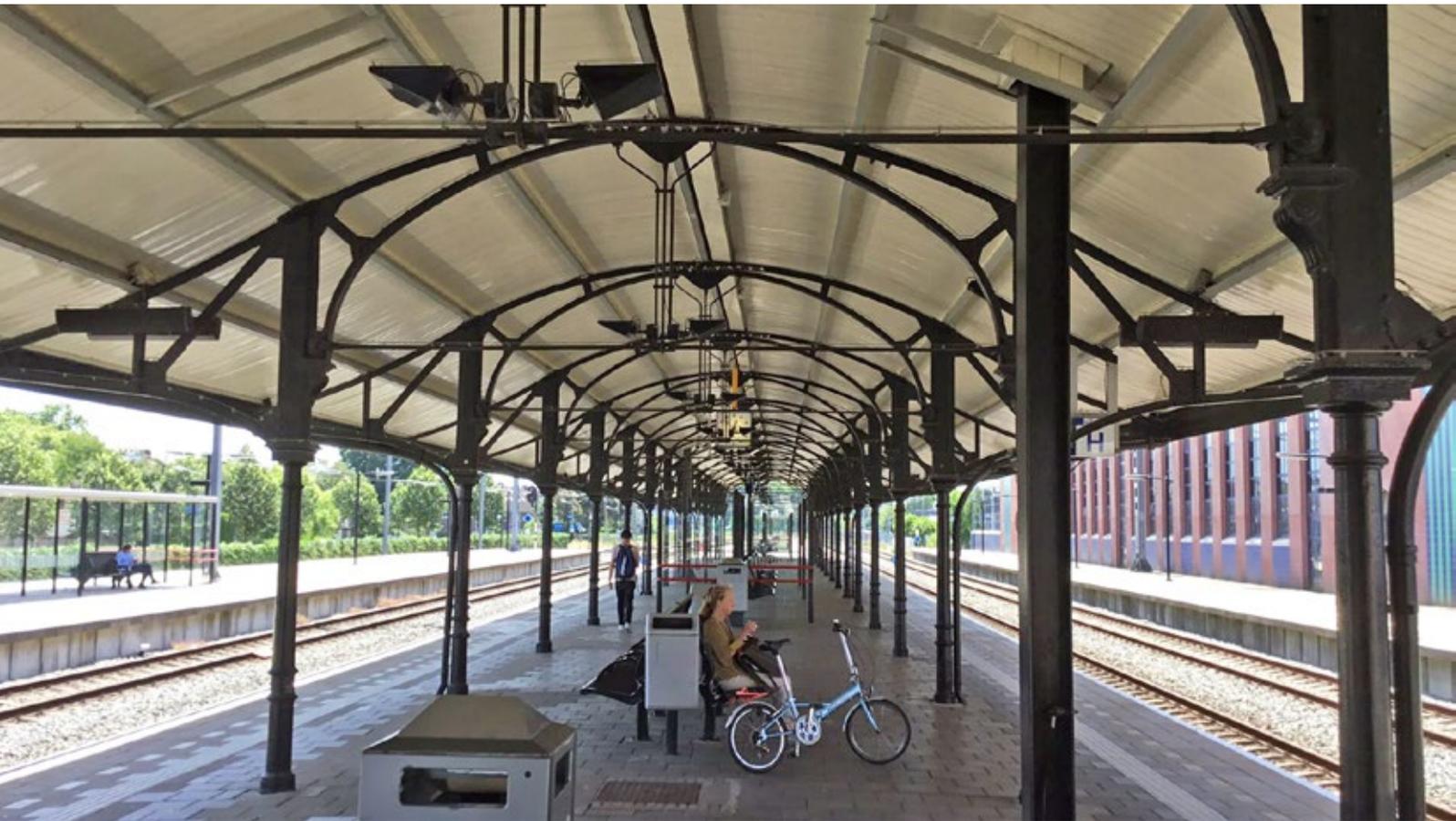


Buntglasfenster von der Innenseite (vorher wirkte dies am Abend sehr dunkel).



Die indirekte LED-Beleuchtung im Personentunnel macht das ungewöhnliche Mauerwerk und die Fliesen schön sichtbar (hier wurde die Beleuchtung bereits durch LED ersetzt).





Die alten Uplights am Bahnhof Hilversum mit horizontaler Scheibe und Taubenschreckdrahtinstallation.



Neue Uplights unter der Überdachung des Bahnhofs Hilversum mit schräger Scheibe, an der Tauben abrutschen. An der Seite der Überdachung sind die hinzugefügten Leuchten oberhalb der Leitlinie zu sehen.

20 Hilversum, maßgeschneiderte Überdachungsbeleuchtung, an denen Tauben abrutschen

Bahnhof Hilversum verfügt, genau wie Amersfoort Centraal, über eine historische Überdachung und eine dazu passende moderne Überdachung. Die Überdachungen und Bahnsteige in Hilversum sind durch Taubenkot und Taubenester stark verschmutzt. Der Bahnsteig unter den Überdachungen wird mit indirektem Licht von Scheinwerfern beleuchtet, welche die Überdachung anleuchten.

Hilversum hat sich aufgrund des Fahrgastzuwachses von einem Plus-Bahnhof zu einem Mega-Bahnhof entwickelt. Die Beleuchtung entsprach nicht der Norm von 70 Lux auf dem überdachten Bahnsteig. Um die Beleuchtungsstärke um die Leitlinie herum zu erhöhen, fügten wir oberhalb der Leitlinie Linienleuchten hinzu. Die Linienleuchten sind auf den schwarzen Längsprofilen angebracht. Die Kabel sind im Profil versteckt.

Auf den Uplights unter der Überdachung waren einst Taubenabwehrspitzen an-gebracht, um Verschmutzung durch Tauben zu verhindern. Die Uplights ziehen Mücken und Spinnen an. Die Spinnweben um die Taubenabwehrspitzen waren im Licht der Uplights sehr gut sichtbar und sorgten für ein unschönes Bild am Abend. Es ist sogar schon vorgekommen, dass eine tote Taube von den Spitzen aufgespießt wurde, was natürlich nicht gut für das soziale Sicherheitsempfinden ist.

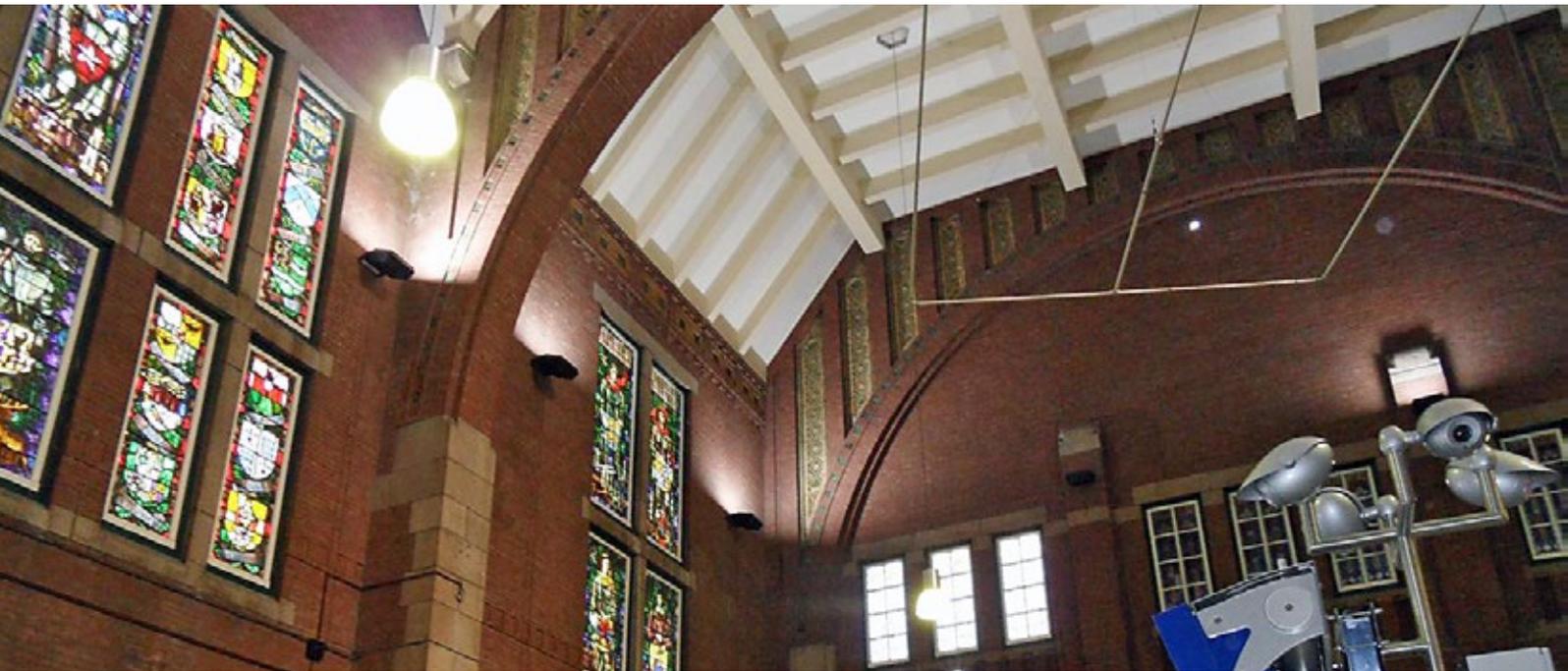
Die Spitzen wurden anschließend entfernt und durch ein Anti-Tauben-System mit 2 elektrischen Leitern ersetzt, die den Tauben einen Schock versetzen. Dieses System wurde an allen Dachbindern und an allen Leuchten entlang installiert. Dies erfordert eine zusätzliche Verwaltung, und wenn es zu einer Störung kommt, wird die Taubenplage schnell wieder auftreten.

Als wir die alten Uplights austauschten, entschieden wir uns, das Fenster des Uplights um 30 Grad zu neigen, damit die Tauben daran abrutschen (siehe Foto).

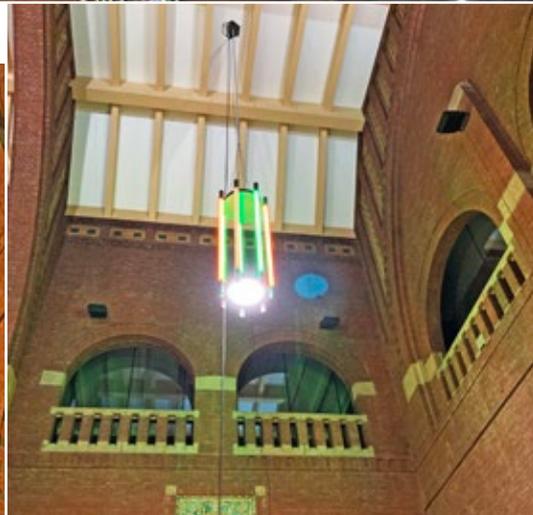
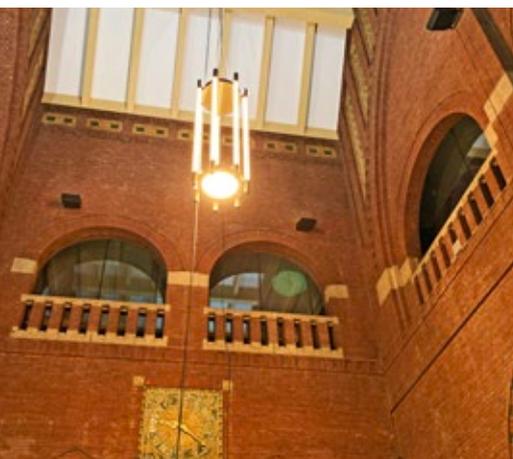
Der Lichtstrahl des Uplights strahlt immer noch nach oben und nur die Scheibe ist schief, sodass die Leuchte an sich sauber bleibt.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Das Taubenproblem wurde erst mit Taubenabwehrspitzen und anschließend mit Schockdraht gelöst. Beim Austausch der Leuchten konnten wir das Problem besser lösen, indem wir die Form der Leuchte angepasst haben. Schlussfolgerung: Intelligentes Design ist besser als jede Art von Behelfsmaßnahmen.
- Wenn ein Bahnhof von Plus auf Mega wechselt, ist es oft nicht möglich, die Beleuchtung sofort auf den Standard zu bringen. In Hilversum konnte das Programm „Verlichting“ dies glücklicherweise aufgreifen.



Zuvor fleckig beleuchtete Wände.



Kronleuchter mit Farbszenarien.



16 Treiber im Kronleuchter. Die 2 x 100 W TW Treiber in der Mitte befinden sich jetzt außerhalb der Leuchte auf dem Dachboden.



Lichtsteuerung im Dachgeschoss über der Halle.

21 Maastricht, Kronleuchter mit Farbszenarien und Tunable White in der Halle

Bahnhof Maastricht wurde, genau wie das Hauptgebäude von ProRail, der Inkpot, von dem Architekten G.W. van Heukelom entworfen. Die Halle besteht aus monumentalen hohen Gewölben. Bisher hingen dort Downlights, die den Boden beleuchteten. An den Wänden waren Strahler angebracht, aber die Decke war nicht gleichmäßig beleuchtet. Dadurch wirkte die Halle abends fleckig und etwas gespenstisch.

In der hohen Halle (17 Meter) hängen acht Kronleuchter ca. 7 m über dem Boden (siehe Abbildung). Die Kronleuchter sind mit einem starken Deckenleuchte ausgestattet, wovon ein Teil zum Boden und eines zur Decke strahlt. Zwischen diesen Deckenleuchten sind sieben Röhren montiert, welche die Wände anleuchten. Die Kronleuchter sind Tunable White (TW; kühles Weiß am Morgen und warmes Weiß am Abend, mit Lichtfarbe 2100 K bis 6000 K).

Die 7 Röhren können auch farbgesteuert werden. Beim Karneval kann also ein bestimmtes Szenario gewählt werden und wenn MVV gewinnt ein anderes Szenario.

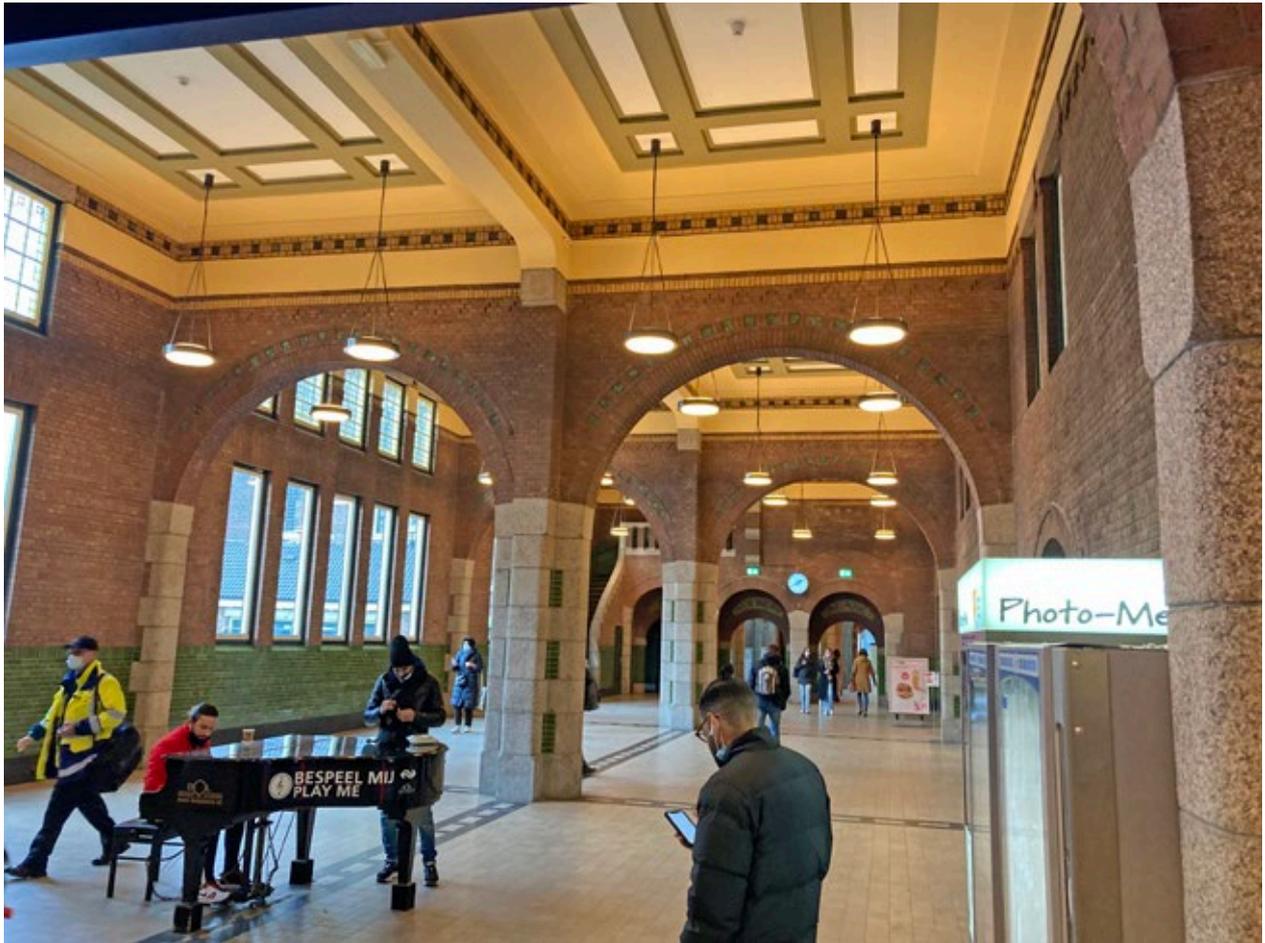
Die Farbsteuerung macht die Röhren sehr komplex. Jede Röhre enthält 4 LED-Streifen, die rundherum gleichmäßiges Licht ausstrahlen. Jeder LED-Streifen besteht aus 2 TW-Farben (2100 K und 6000 K mischbar) und 4 RGBA-Farben Rot, Grün, Blau und Amber, ebenfalls mischbar). Jede Farbe muss separat an den Treiber angeschlossen werden. Infolgedessen sind die folgenden Treiber erforderlich:

- 2 x 100 W TW Treiber für die Up- und Downlights befinden sich auf dem Dachboden außerhalb der Leuchte.
- 7 x 50 W TW Treiber für die Röhren.
- 7 x 50 W RGBA Treiber (DMX-Protokoll) für die Farbsteuerung der Röhren.

Also insgesamt 16 Treiber (900 W) pro Kronleuchter.

Die 8 Kronleuchter werden mit einer Winde durch 8 Löcher im Dachboden hochgezogen. Auf dem Dachboden sind die 2 Helvar-Steuergeräte, die Stromversorgung und die Steuerkabel angebracht. Die Steuerungen erwiesen sich komplexer als erwartet. Tunable White wird über das Dali8-Protokoll gesteuert. Eine Helvar-Steuerung kann 128 Dali-Adressen und 128 DMX-Adressen (Farbe) steuern. Die 8 Kronleuchter enthalten 2 Treiber für die Deckenleuchten und 7 für die Röhren. Das sind also $8 \times 9 = 72$ Adressen. Neben den Kronleuchtern gibt es in der Seitenhalle 43 Deckenleuchten mit je 2 Treibern (oben und unten), also 86 Treiber.

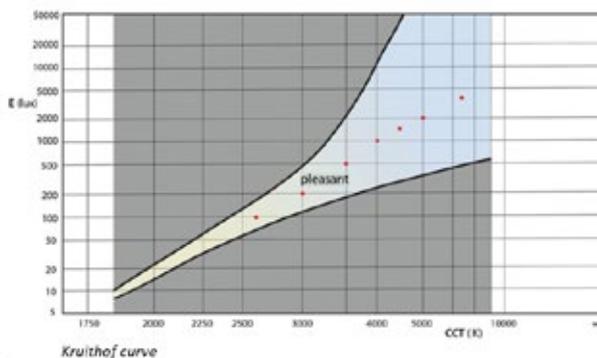
Auf dem Dachboden ist ein kleines DMX-Netzwerk (cat7-Kabel) zwischen den 8 Kronleuchtern für die Farbsteuerung der 8×7 Röhren angebracht. Auf dem Dachboden wurden ebenfalls Dali8-Steuerungskabel zwischen den Kronleuchtern für die TW verlegt.



Deckenleuchten an einem dünnen Pendel, die auch die Decke beleuchten.

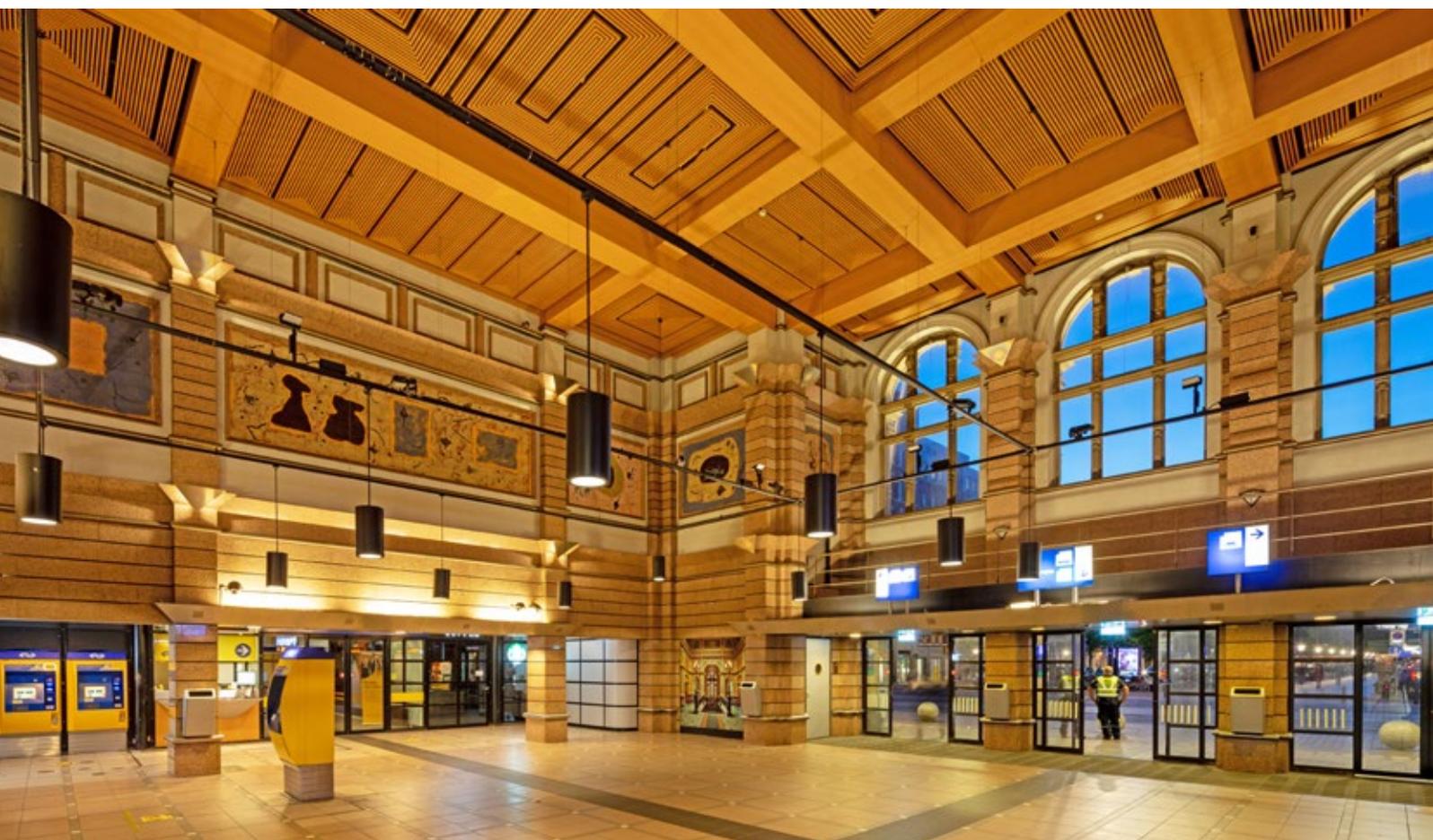
In den anderen Teilen der Halle hängen maßgeschneiderte Deckenleuchten an dünnen Pendeln, die gleichzeitig die Decke und den Flur anstrahlen. In der Passage-hoch (6 m), die Passage niedrig (zu Gleis 1, 4 m hoch) und unter dem Rundgang (bei den Tickets und dem Service) hängen 43 dieser Leuchten. Die Deckenleuchten an dünnen Pendeln beleuchten die Decke wunderschön. Dadurch werden das Gebäude und die Architektur für die Fahrgäste viel besser sichtbar. Der Anstrich wurde vor kurzem in den Originalfarben erneuert, was jetzt viel besser zur Geltung kommt. Auf dem nebenstehenden Foto sind die Deckenleuchten auf Warmweiß (3000 K) eingestellt.

In den Stromkabeln, die zu den Steckdosen in der Decke verlegt sind, hat der Auftragnehmer bereits im Vorfeld 2 zusätzliche Dali-Steuerungsadern aufgenommen. Wenn diese Kabel auf dem Dachboden mit dem Steuergerät verbunden werden, können alle Leuchten gesteuert werden. Bei einer kleinen Anzahl Leuchten an der Notstromversorgung mussten die Steuerleitungen weitergezogen werden. Die Steuerung des TW kann über die Zeit eingestellt werden. Nur dann wird die tatsächliche Lichtfarbe draußen nicht berücksichtigt. Um die Lichtfarbe drinnen und draußen gleich zu gestalten, wurde ein Tageslichtsensor mit der TW-Steuerung in Maastricht verbunden. Der Sensor misst nicht die Tageslichtfarbe, sondern den Lux-Wert des Tageslichts. In der Steuerung werden die Lux-Werte in Lichtfarben (2200 K – 5000 K) gemäß der nachstehenden Grafik (Kruithof-Kurve) umgerechnet. Wenn der Sensor tagsüber draußen 2000 Lux misst, muss die Lichtfarbe drinnen 5000 K betragen. Wenn der Sensor abends draußen 50 Lux misst, muss die Lichtfarbe drinnen 2200 K betragen.

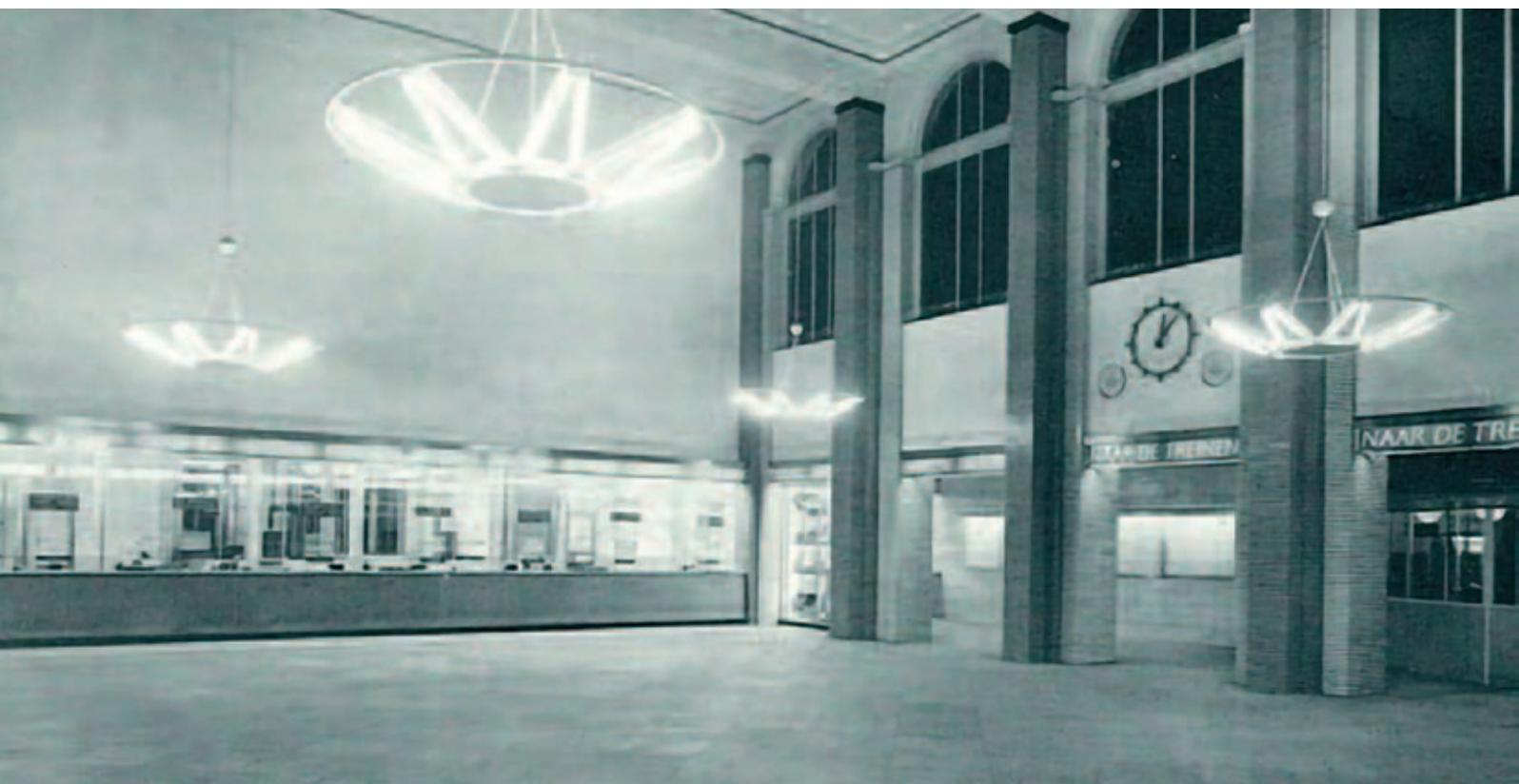


Tipps und Schlussfolgerungen:

- Die Steuerung von Tunable-White-Leuchten auf der Grundlage eines Tageslichtsensors ist komplex (in Amersfoort machen wir es einfach mit Zeitblöcken).
- Die Dali-Steuerung wurde bereits im Stromkabel aufgenommen. Damit hatten wir mehr als 128 Dali-Leuchten im Netzwerk. Wir mussten daher einige der Steuerkabel abklemmen und ein separates Dali-Netzwerk auf dem Dachboden einrichten.
- Die DMX-Farbsteuerung ist nicht über 2 Dali-Controller möglich, sondern erfordert ein DMX- oder UTP-Kabel. Diese mussten wir noch auf dem Dachboden installieren.
- An jeder Verzweigung des DMX- oder UTP-Kabels wird ein DMX-Splitter benötigt. Dies war nicht vorgesehen, sondern wurde nachträglich gekauft.
- Die 2 Helvar-Steuerungen müssen mit einem UTP-Kabel verbunden werden, um sicherzustellen, dass sie synchron schalten. Zunächst war eine Steuerung im unteren Stromversorgungsraum und eine oben vorgesehen. Aufgrund des UTP-Kabels haben wir sie beide oben auf dem Dachboden untergebracht.
- Die Kombination von TW mit RGBA erhöht die Komplexität. Dies macht die Leuchten und Steuerungen weniger robust. RGBA ist eine nette Sache, aber es ist besser, es nicht mehr zu verwenden.
- Wir bestellten ein funktionierendes System (Sonderanfertigung) beim Hersteller der Vorrichtung und ließen es von unserem Bauunternehmer installieren. Der Hersteller hat zwar geliefert, fühlte sich aber nicht dafür verantwortlich, dass das Gerät funktioniert. Infolgedessen musste das RSE zahlreiche Anpassungen vornehmen und die Arbeiten wurden mit einem Jahr Verspätung abgeschlossen. Lassen Sie in Zukunft immer den Auftragnehmer die gesamten Arbeiten beschaffen und ausführen (auch wenn es sich um Maßarbeit handelt).



Gegenwärtige Situation: die monumentale Halle, die aufgrund der Downlights wie eine abgehängte Decke wirkt.



Der Saal mit den ursprünglichen Kronleuchtern um 1930.

22 Den Haag HS, Tunable White in der Halle

Die Halle Den Haag HS wurde genau wie der Bahnhof Haarlem vom Margadant gebaut, ist jedoch weniger gut erhalten geblieben. Die Halle ist einmal ausgebrannt. Es wurde eine neue Holzimitatdecke eingezogen. An der Zierdecke hängt ein Quadrat (schwarze Profile) mit Downlights und einigen Strahlern, welche die Wände anleuchten. Die Strahler sind oft defekt oder nicht richtig ausgerichtet (aufgrund von Vibrationen durch das Bahngleis). Das Quadrat mit den Downlights wirkt wie eine abgesenkte Decke, wodurch die Fahrgäste die Höhe der monumentalen Halle nicht mehr so mitbekommen.

NS und ProRail beauftragten das Architekturbüro Ruland mit der Ausarbeitung eines Plans zur Qualitätssteigerung von Halle und Tunnel. Zu diesem Plan gehört auch die Wiederherstellung der Beleuchtung in der Halle im Zustand von 1930.

Das Quadrat wird entfernt und durch 4 große Kronleuchter (mit einem Durchmesser von etwa 2,5 m) ersetzt. Die LED-Röhren in den Kronleuchtern leuchten rundherum und beleuchten nicht nur den Boden, sondern auch die Wände und die Decke. Ein Prototyp des Kronleuchters wurde im Jahr 2022 in der Fabrik getestet. Eine Beleuchtungsberechnung wurde durchgeführt und die 4 Kronleuchter mit je 15 LED-Röhren (2500 Lm / 25 W pro Röhre ergibt 375 W pro Kronleuchter) haben eine ausreichende Lichtausbeute, um den Hallenboden gemäß RLN00012 mit 100 Lux zu beleuchten.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- In den 1970er und 1980er Jahren wurden monumentale Bahnhöfe häufig überladen.
- Eine Entrümpelung schafft Ruhe und Ordnung.
- Einige wenige große Vorrichtungen sind viel spannender als viele kleine Vorrichtungen.



Das beabsichtigte Bild im Visual von Ruland Architects.



Masten außerhalb der Überdachung.

23 Rotterdam Centraal, Bahnsteige und Tunnel

23.1 Rotterdam Centraal, 154 Scheinwerfer auf den Bahnsteigen ausgetauscht

Im Bahnhof Rotterdam Centraal spielte sich auf den Bahnsteigen ein ähnliches Problem wie in der Halle von Den Haag Centraal ab. Die Halogenstrahler wurden zu heiß. Alle 2 Jahre wurden die Lampen ausgetauscht, aber aufgrund der Wärmeentwicklung in der Leuchte kam es zu vielen zwischenzeitlichen Ausfällen.

Im Jahr 2015 zerbrach zweimal eine Scheibe eines Scheinwerfers und fiel auf den Bahnsteig. Die Scheiben sind aus Sicherheitsglas und zerfallen zum Glück in Stücke. Also keine herabfallenden Scherben, aber oberhalb der Treppe entstand eine Stolperfalle. Die Untersuchung ergab, dass die Ursache Hitze in der Leuchte und Vibrationen waren. Die Leuchten im Bahnhof Rotterdam hängen an ca. 4 m langen Pendeln (umgekehrte Lichtmasten) an der Überdachung. Wenn ein schwerer Güterzug durch den Bahnhof fährt, vibriert die Überdachung und die Pendel mit. Die Vibrationen treten hauptsächlich auf, wenn der Zug den Fahrgasttunnel passiert.

Nach der Untersuchung ersetzte NS im Jahr 2016 alle Scheiben durch Kunststoffscheiben. Das Programm „Verlichting“ tauschte die vorhandenen SIL-Leuchten über der Treppe gegen LED-Leuchten aus, die nicht heiß werden und keine Glasscheiben (sondern klares Polycarbonat) haben. Für den Austausch über den Treppen haben wir 2016 einen Test mit 3 verschiedenen LED-Leuchten (1 x SIL-LED-Leuchten, 1 x SIL-Retrofit-Umrüsteinheit und 1 x LED-Leuchte von EWO). Die Umrüsteinheit erwies sich als die am wenigsten schillernde. Dieses Modell war auch das nachhaltigste, weil wir das Originalgehäuse wiederverwenden konnten.

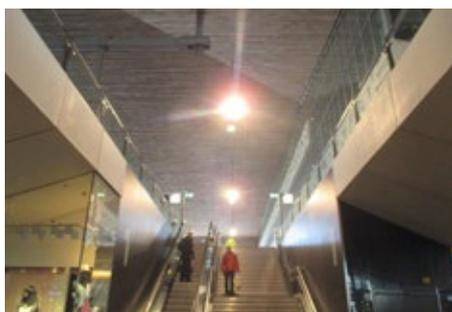
2021 rüsteten wir die restlichen 154 Leuchten an der Überdachung mit den SIL-LED-Umrüsteinheiten um. Die 2016 als Notmaßnahme installierten Kunststoffscheiben waren bis 2022 alle durchgebrannt.

Der grau-rote Naturstein auf den Bahnsteigen in Rotterdam ist ziemlich dunkel. In einem Bahnhof vom Typ Kathedrale wie Rotterdam Centraal muss die Beleuchtungsstärke auf dem überdachten Bahnsteig 100 Lux betragen. Es ist umstritten, ob Rotterdam einen vollständig umschlossenen Bahnsteig hat (Standard 200 Lux), aber da es viel Tageslicht gibt, sind wir immer von einem überdachten Bahnsteig ausgegangen. Allerdings hatte der Architekt einst 200 Lux auf dem Bahnsteig vorgesehen, um die dunklen Farben auszugleichen. Beim Programm „Verlichting“ wollten wir die Beleuchtungsstärke mit LED nicht reduzieren, um Beschwerden zu vermeiden. Die neuen LED-Leuchten sind daher auch für 200 Lux auf dem Bahnsteigboden.

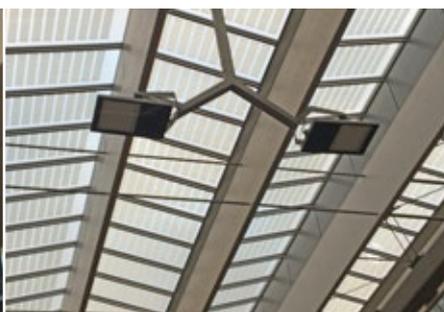
Auf den offenen Bahnsteigen außerhalb der Überdachung befinden sich ebenfalls Lichtmasten mit 138 SIL-Leuchten, die dort nur 20 Lux haben. Beim Bau wurden hier die gleichen Leuchten wie unter dem Überdach verwendet. Auf dem offenen Bahnsteig war die Beleuchtungsstärke daher mit 200 Lux 10 x zu hoch. Die Leuchten an den Masten außerhalb des Vordachs wurden nun mit LED-Innenleuchten umgerüstet, die für 20 Lux ausgelegt sind. Außerhalb des Überdachs wird dadurch die Lichtverschmutzung um das 10-fache reduziert. Aufgrund des 10-fach niedrigeren Lux-Wertes in Kombination mit LED ist der Energieverbrauch außerhalb der Überdachung mehr als 10-fach geringer.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Verwenden Sie Retrofits, die von der Marke des Originalgehäuses garantiert werden.
- Verwenden Sie keine Notbehelfsmaßnahmen, wie z. B. Kunststoff-Notscheiben, die schmelzen.
- Warten Sie nicht unnötig lange, wenn die Armaturen ersetzt werden müssen.



Blendende Leuchten beim Begehen von Treppen.



So sehen die Leuchten aus, wenn das Licht ausgeschaltet ist.



Kunststoffscheiben aus dem Jahr 2016, die im Jahr 2022 kaputtgeschmolzen sind.



Die dunkle Halle am Tag.



In der Passage befinden sich dunkle Flecken zwischen den Säulen.

23.2 Rotterdam Centraal, Tunable White in der Halle und im Tunnel

Wenn man tagsüber vom Tunnel in die Halle des Rotterdamer Hauptbahnhofs geht, wird man oft vom Tageslicht der Glasfassaden geblendet. Daher ist mehr Beleuchtung im Tunnel und mehr Tageslicht im Bereich des Tunnelausgangs erforderlich. Außerdem gibt es dunkle Stellen zwischen den Säulen im Tunnel, und der Tunnel fühlt sich jetzt kalt an.

NS, die Gemeinde und ProRail sind gemeinsam Eigentümer der Passage (Tunnel) und der Halle. Seit 2020 lässt das Betreiberteam einen Optimierungsplan ausarbeiten, um mehr Atmosphäre und Tageslicht in die Halle und den Tunnel zu bringen. Die Oberlichter in der Halle funktionieren nicht richtig. Das Tageslicht wird durch die in den Dachfenstern montierten Scheinwerfer blockiert.

Die Flutlichter sollen auf Wunsch außerhalb der Dachfenster angebracht werden, damit tagsüber mehr Tageslicht einfallen kann. Bis 2022 hatte sich das Kundenteam noch nicht auf den Optimierungsplan geeinigt, was leider verhinderte, dass das Programm „Verlichting“ den LED-Austausch in der Halle vorsah. Eine nachhaltigere Beleuchtung der Halle wurde daher aus dem Programm gestrichen.

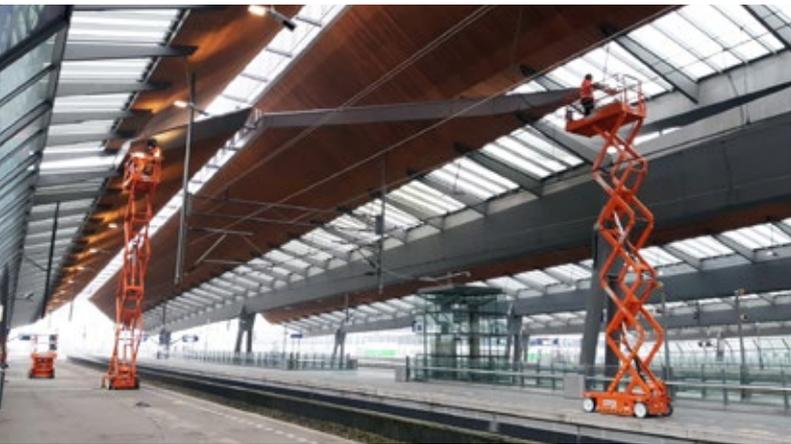
Im Tunnel möchte das Auftraggeberteam die dunklen Stellen zwischen den Säulen besser ausleuchten, indem zum Beispiel eine Lichtlinie zwischen den Säulen angebracht wird. Außerdem soll Tunable White dem Tunnel mehr Tageslichtcharakter verleihen.

Im Jahr 2022 wurden im Rahmen des Programms „Verlichting“ die bestehenden Leuchten im Tunnel durch eine LED-Beleuchtung in Tunable White und die entsprechende Dimmsteuerung ersetzt. Die LED-Leuchten haben eine bessere Optik als die derzeitigen PL-Leuchten, wodurch der Boden weniger fleckig aussieht. Dadurch wurde der Tunnel für die Optimierung vorbereitet, ohne dass wir auf den Optimierungsplan warten mussten.

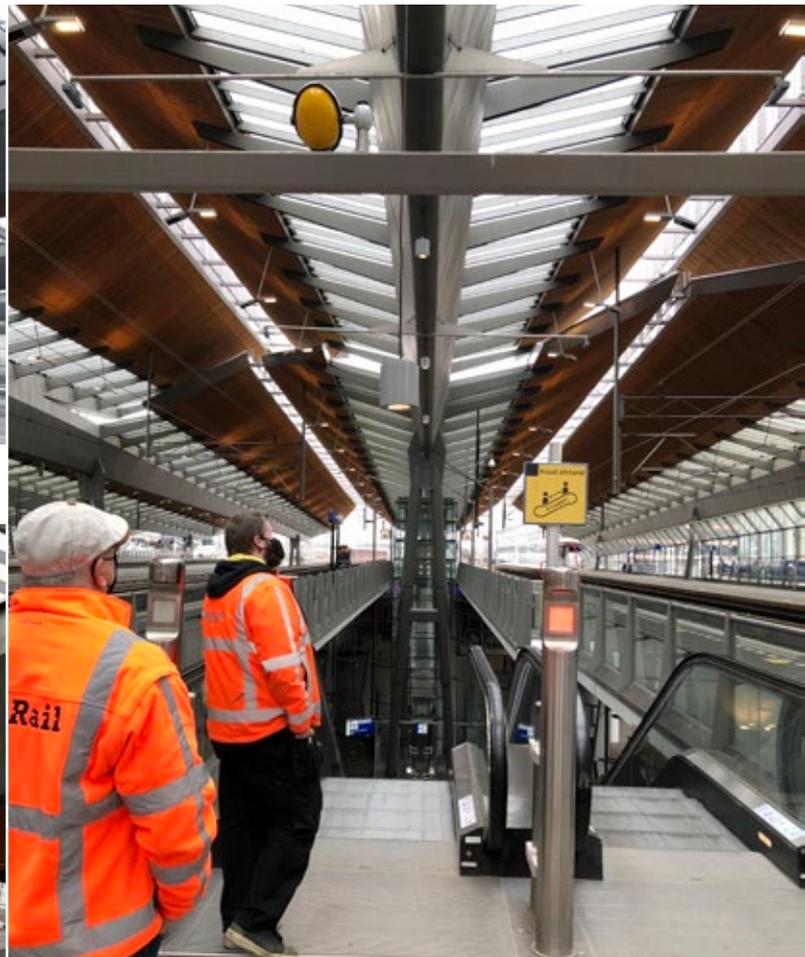
Tipps und Schlussfolgerungen:

- Wenn der Umfang einer Komponente ungewiss ist, dann streichen Sie diese in Absprache mit dem Auftraggeber.
- Wir könnten das gestrichene Budget für die Halle hier für Tunable White im Tunnel verwenden.
- Wir konnten fortfahren und der Auftraggeber hatte so mehr Zeit für den Optimierungsplan.

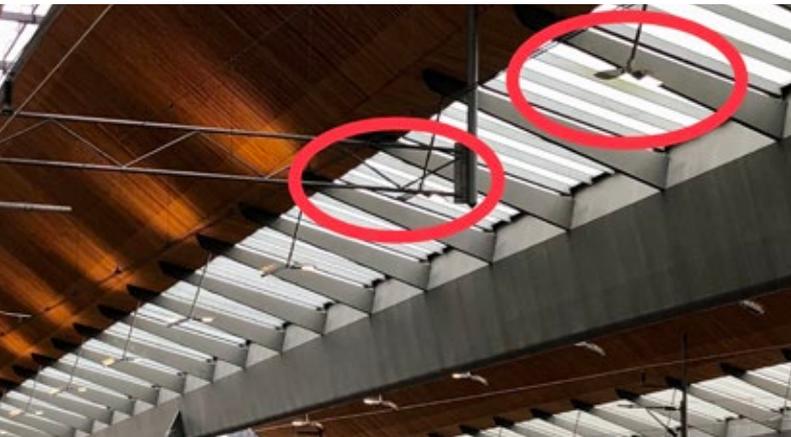




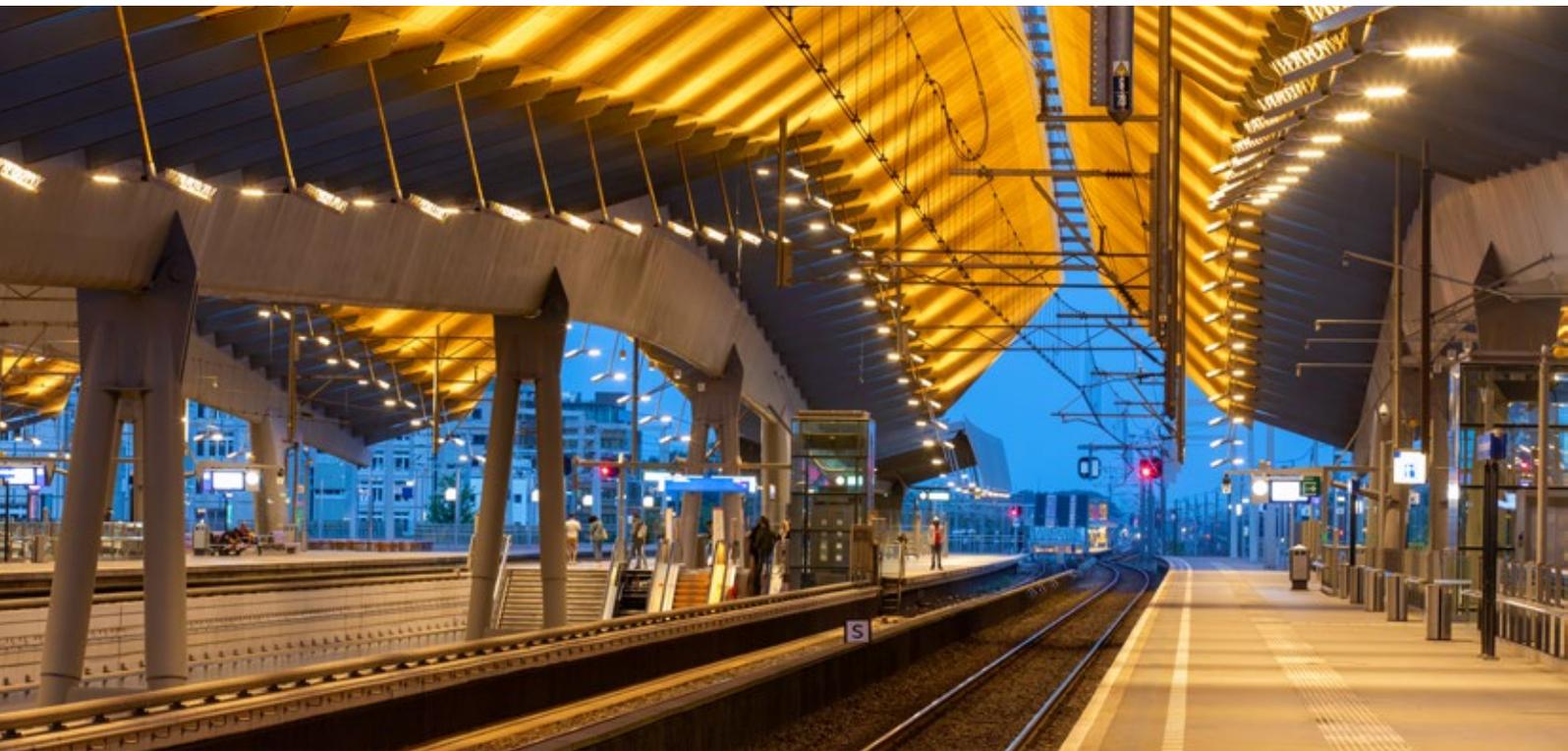
Austausch der 444 Ober- und Unterlichter über den Bahnsteigen in der 52. Kalenderwoche 2020 in einer Höhe von 17 Metern.



Strahler über der Rolltreppe mit einer Markisenwinde absenken, da auf der Rolltreppe keine Hebebühne eingesetzt werden kann.



Rot eingekreist sind 2 weitere defekte Uplights über 20 Meter über der Empore. Anfang 2021 mussten diese noch durch einen Teleskopklader durch die Treppenöffnung ersetzt werden.



Das wellenförmige Dach mit seinen Up- und Downlights ist nach dem LED-Austausch wieder deutlich sichtbar.

24 Amsterdam Bijlmer Arena, 4 zugfreie Zeiten mit LED aussparen

Im Bahnhof Amsterdam Bijlmer Arena hat der Installateur im Auftrag von ProRail und GVB die neue, nachhaltige LED-Beleuchtung installiert. Ein Viertel des Bahnhofs ist eine Metrohaltestelle von GVB. Gemeinsam mit GVB haben wir unser Bestes getan, um die kultige Lichtlandschaft des Architekten Grimshaw & Partners wieder aufleben zu lassen.

Die Leuchten sind unter dem 17 Meter hohen, wellenförmigen Überdach und über den hohen Zwischenräumen schwer zu erreichen. Die an Pendeln auf dem Dach hängenden Up- und Downlights können nicht ersetzt werden, ohne außer Betrieb genommen und stromlos geschaltet zu werden. Der Austausch der Halogenlampen erfolgte alle 2 Jahre, wenn sie außer Betrieb waren, und kostete damals rund 200.000 €. Wenn die Lampen zwischendurch ausfielen, konnten sie nicht ersetzt werden. Infolgedessen gab es im Jahr 2020 eine Menge überfälliger Wartungsarbeiten.

Die Uplights, die das gewellte Dach am Abend sichtbar machen sollten, waren oft verschmutzt. Mit den neuen Uplights ist die schallisolierte Holzdecke jetzt abends wieder wunderschön bernsteinfarbig beleuchtet und die Architektur wieder sichtbar.

Oberhalb der Rolltreppen kann keine Hebebühne eingesetzt werden. Mit einer Markisenwinde auf dem Dachboden der Überdachung können wir nun die Downlights zu Wartungs- und Reinigungszwecken ganz einfach herunterlassen.

Die neuen LED-Leuchten haben eine Lebensdauer von mehr als 10 Jahren, sodass sie in den nächsten 10 Jahren wie geplant aussehen und 4 Mal eine Betriebsunterbrechung einsparen werden.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Up- und Downlights wurden hier in Zone A belassen, weil LED 10 Mal länger halten.
- Der architektonische Grundriss und die Struktur der Aufhängung haben sich dadurch nicht verändert.
- An schwer zugänglichen Stellen können die Leuchten jetzt mit einer Handwinde abgesenkt werden.
- Verwenden Sie keine elektrischen Winden, da diese oft nach 2 Jahren kaputtgehen.
- Wählen Sie eine besonders lange Lebensdauer (z. B. 100 000 Stunden). Die Mehrkosten machen sich durch geringere Wartungskosten bezahlt.



Die Situation vor dem Austausch der LED. Ein großer Teil der Uplights war fehlerhaft.



Alte Situation in Tilburg im Jahr 2016. Aufgrund der ungleichmäßigen Beleuchtung wirkte die Überdachung unübersichtlich und unruhig.

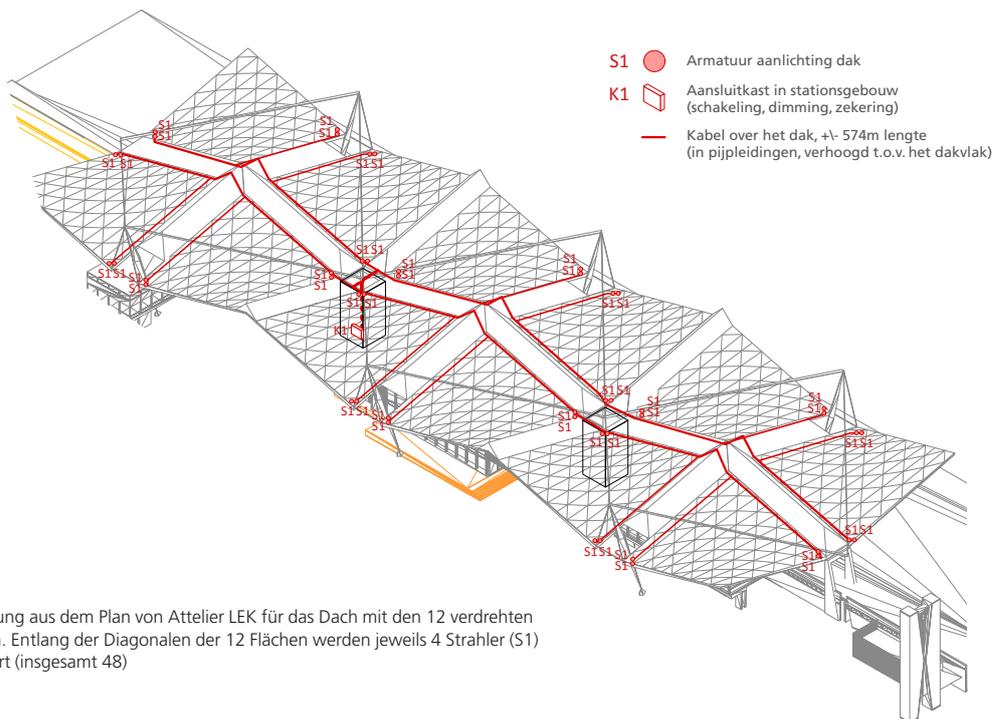


Abbildung aus dem Plan von Atelier LEK für das Dach mit den 12 verdrehten Ebenen. Entlang der Diagonalen der 12 Flächen werden jeweils 4 Strahler (S1) montiert (insgesamt 48)

25 Tilburg, architektonische Beleuchtung wellenförmige Überdachung

Das Bahnhofsumfeld in Tilburg wurde um das Jahr 2020 herum qualitativ stark verbessert. Der alte Tunnel war zu eng für die großen Fahrgastströme und wurde deshalb verbreitert. Der neue Tunnel ist auch sofort zu einer Verbindung zwischen den Bezirken geworden. Die Bewohner können den Tunnel durchqueren, ohne sich an- und abzumelden. Die Beleuchtung auf den überdachten Bahnsteigen ist noch verbesserungswürdig. Die Beleuchtungsstärke war zu gering (40 Lux, bei einem Mega-Bahnhof müssen es 70 Lux sein), und die Überdachung war fleckig und ungleichmäßig beleuchtet. Dies ergab ein chaotisches und unruhiges Bild.

Die Überdachung wurde in den Originalfarben neu gestrichen: weiße Sparren unter einer schwarzen Dachschalung. Bei der Erhaltung der Beleuchtung wollten die Gemeinde und das Bureau Spoorbouwmeester eine architektonische Beleuchtung einsetzen, um die spektakuläre Überdachung besser sichtbar zu machen.

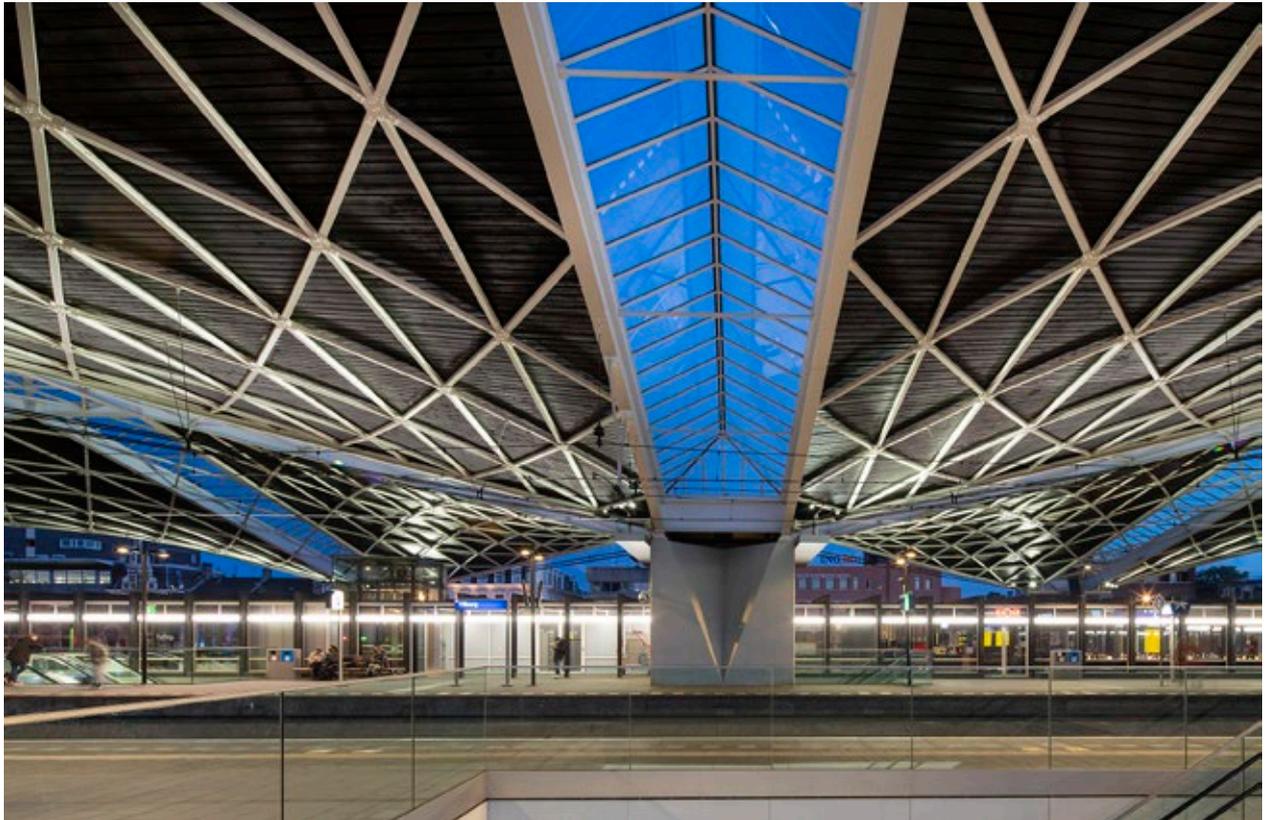
Die Überdachung besteht aus 12 verdrehten Rechtecken. Zwischen den Rechtecken befinden sich Oberlichter. Beim Anstreichen der Überdachung wurden diese erneuert und gereinigt. Die Überdachung befindet sich über dem Seitenbahnsteig und dem Mittelbahnsteig. Die Überdachung war am Abend hier und da vom Bahnsteig aus beleuchtet, aber an anderen Stellen lag sie wie eine dunkle Wolke über dem Bahnsteig. Der Lichtarchitekt von Atelier LEK (Licht und Farbe) hat in Zusammenarbeit mit der Gemeinde, ProRail und dem Bureau Spoorbouwmeester einen Plan ausgearbeitet, um die Überdachung besser sichtbar zu machen.

Mit dem Atelier LEK, der Gemeinde, NS, Spoorbouwmeester und dem Auftragnehmer haben wir eine Testbeleuchtung mit 4 Strahlern unter einer Dachfläche angebracht und beurteilt. Atelier LEK schlug vor, zwischen drei Strahlertypen zu wählen: 40 W, 75 W und 110 W. Während des Testlaufs haben wir den mittleren mit 75 W bewertet. Um den Kontrast zwischen den weißen Sparren und dem schwarzen Hintergrund der Überdachung zu betonen, wählte Atelier LEK die Lichtfarbe 5500 K (Kaltweiß). Während des Testlaufs haben wir auch geprüft, ob es warmes Weiß (3000 K) oder kühles Weiß (4000 K) werden muss. Außerdem haben wir vom Seitenbahnsteig 1 aus festgestellt, dass die Strahler die Triebfahrzeugführer nicht blenden. Nach dem Testlauf haben wir uns für den 75-W-Strahler in der Farbe 5500 K aus dem Testlauf entschieden. Es wurde jedoch beschlossen, die Blendenschutzkappen aus dem Testlauf um zwei weitere Male zu verlängern (siehe Abbildung unten). Außerdem wurde beschlossen, die Strahler dimmbar zu machen, um Lichtbelästigungen für die Anwohner zu vermeiden und das Dach nach der Hauptverkehrszeit auf 30 % der normalen Stärke zu dimmen. Die Montage von 4 Strahlern auf dem Mittelbahnsteig neben dem Treppenhaus musste während eines Außer-Dienst-Betriebs durchgeführt werden.





Der Bahnhof Tilburg am Abend nach der Installation der Architekturbeleuchtung (48 Strahler) (Lichtplaner Atelier LEK / Fotograf Frank Hanswijk).

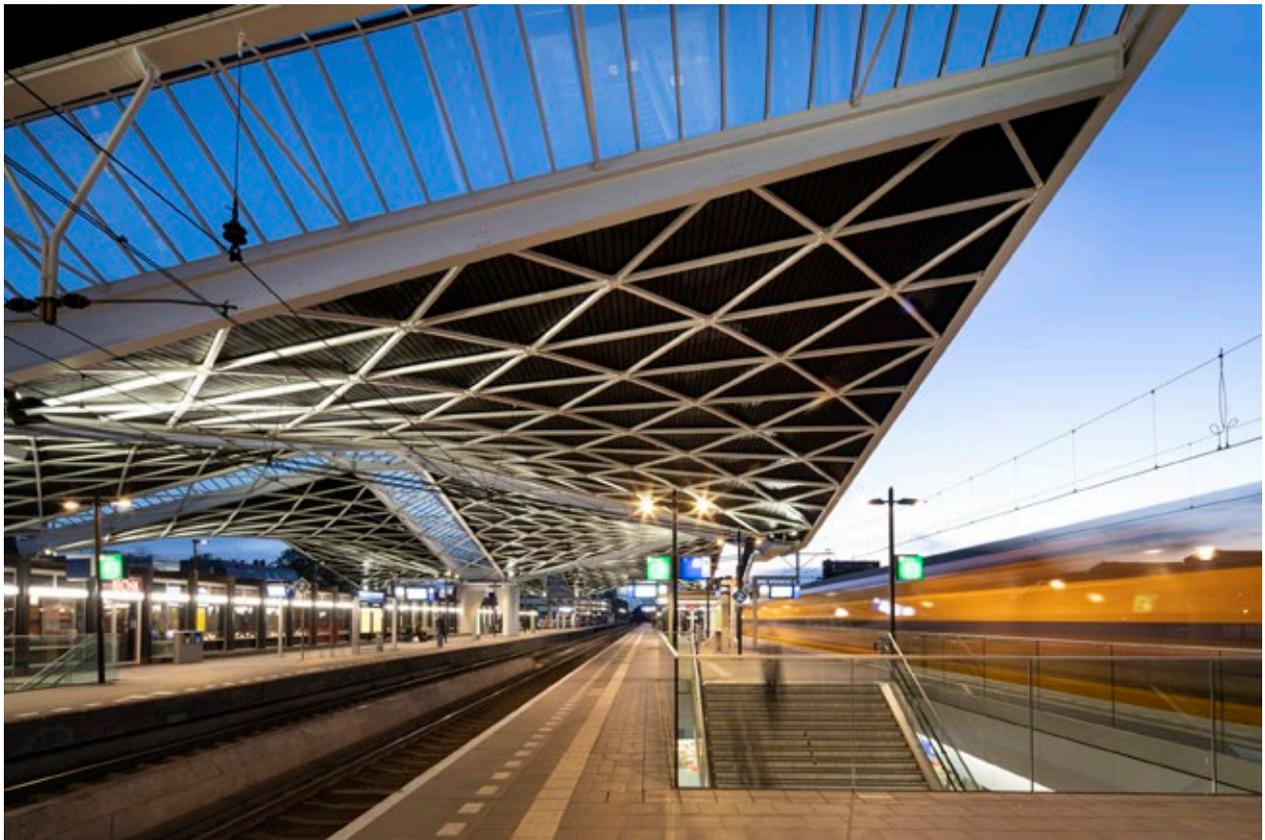


Vom Bahnsteig aus bietet die architektonische Beleuchtung einen schönen Blick auf das Gebäude. Das Dach wird von unten viel gleichmäßiger beleuchtet. Man kann auch sehen, dass man wegen der Abschirmkappen nirgendwo in die Scheinwerfer schauen kann (Lichtplaner Atelier LEK / Fotograf Frank Hanswijk).

Der Architekt wollte einst die Form der Überdachung nicht durch Leuchten stören. Unter der Überdachung befinden sich daher Lichtmasten auf dem Bahnsteig (siehe Foto unten). Wir haben die Masten mit neuen LED-Leuchten ausgestattet, sodass der überdachte Bahnsteig wieder die Anforderung von 70 Lux am Boden erfüllt. LED-Mastleuchten auf einem offenen Bahnsteig einer Haltestelle haben normalerweise etwa 1000 Lumen (etwa 10 W). Unter der Überdachung von Tilburg mussten wir auf 7000 Lm (70 W) gehen. Um die Gefahr der Blendwirkung bei dieser Helligkeit zu verringern, haben wir uns für Leuchten mit 48 LEDs (normalerweise 12) entschieden. Da die Masten höher als normal sind (5 statt 4 Meter), kommt es auch zu weniger Blendwirkung.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Immer Testbeleuchtung bei Architekturbeleuchtung durchführen.
- Beurteilen Sie die Testbeleuchtung mit Spoorbouwmeester, dem Architekten und den Anwohnern.
- Die Wahl der mittleren Leistung und der weißesten Farbe für den Versuch hat sich bewährt.
- Das Dimmen nach der Hauptverkehrszeit macht das Licht für die Umgebung akzeptabel.



Die 5-Meter-Masten mit LED-Leuchten und 70 Lux auf dem Boden unter der Überdachung (Fotograf Frank Hanswijk).



Signify Solarleuchte und -module bei der Inbetriebnahme im Hilversum Sportpark (der Autor in der Mitte).

26 Hilversum Sportpark und Blerick, Solarmasten

26.1 Zeitweise Solarmasten an der Rampe Blerick

Am Bahnhof Blerick (siehe auch Kapitel 18) wurde die Beleuchtung erneuert und die Rampe sowie die Treppe sollten etwa zwei Jahre später ersetzt werden. An der vorhandenen Treppe und Rampe waren keine Leuchten angebracht. Das Programm „Verlichting“ installierte eine provisorische Beleuchtung an der bestehenden Treppe und Rampe. Bei der Installation von Beleuchtungsmasten sind die Aushubarbeiten für die Pfähle und Kabel am kostspieligsten (etwa 200 € pro Meter Kabelgraben). Um teure Aushubarbeiten zu vermeiden, haben wir vorübergehend Solarmasten von InfraMarks in Blerick installiert (siehe Foto unten). Die Masten sind mit einem Solarmodul sowie einer Batterie ausgestattet und benötigen kein Stromkabel. Der Betonsockel ist sehr schwer, um ein Umkippen des Mastes und des Moduls zu verhindern. Auf dem Betonsockel befindet sich der Schaltschrank mit der Batterie und den Bedienelementen. Wir haben erwogen, die Masten zu mieten, aber da nicht bekannt ist, wie lange „vorübergehend“ ist, wäre es besser, zu kaufen und anschließend wieder zu verkaufen.



Provisorische Solarmasten entlang der Treppe und der alten Rampe des Bahnhofs Blerick.

26.2 Feste Solarmasten im Hilversum Sportpark

Signify hat eine Mastleuchte mit integrierter Batterie und Solarmodul für den Einsatz in Indien entwickelt. Das Modul auf der Halterung für Indien ist zu klein, um in den Niederlanden tagsüber eine ausreichende Aufladung zu gewährleisten. Für Europa hat Signify Solarmodule entwickelt, die wie eine Manschette um einen bestehenden Mast gelegt werden.

Sie sind vertikal und verschmutzen daher kaum. Die runde Form der Module sorgt dafür, dass sie wenig Wind

abfangen und der Mast nicht umkippt. Wir haben sie auf dem Bahnsteig 2 im Sportpark Hilversum getestet (siehe Foto links).

An einem dunklen Dezembertag mit nur 4 Stunden Sonnenschein erreicht das Modul nur 30 % seiner Kapazität. An einem Sommertag liefert die Sonne 1000 W/m². Mit einem guten PV-Modul können daher 200 W/m² in Strom umgewandelt werden. Die PV-Module rund um den Mast sind 2 Meter lang und 0,2 Meter breit (0,4m²). In den 4 Sonnenstunden pro Wintertag kann ein Ertrag von 60 W/m² x 4 Stunden x 0,4 m² = 96 Wh erreicht werden. ProRail verlangt LED-Leuchten mit einer Effizienz von mindestens 100 Lm/W. Die Solar-Leuchte mit 7 W ist besser und erreicht bereits 150 Lm/W. Bei 96 Wh erzeugter Energie pro Tag kann eine Leuchte von 7 W also fast 14 Stunden lang brennen. Wenn nach 20:00 Uhr auf 50 % gedimmt wird, sind das sogar noch mehr Brennstunden. Die Bahnsteigbeleuchtung geht eine halbe Stunde nach dem letzten Zug bis eine halbe Stunde vor dem ersten Zug aus (normalerweise von 01:00 bis 05:00 Uhr). Lichtmasten auf Bahnsteigen brennen also 4 Stunden pro Nacht weniger als öffentliche Beleuchtung.

Die Brennstundenanzahl pro Nacht beträgt im Winter von 17:00 bis 01:00 Uhr und von 05:00 bis 08:30 Uhr, also 8 + 3,5 = 11,5 Stunden pro Nacht (= 11,5 x 7 = 80 Wh). Wir haben berechnet, dass wir im Winter immer noch 96 Wh pro Tag erzeugen können. Mit einem Verbrauch von 80 Wh pro Nacht läuft es immer noch gut. Signify rechnet sehr konservativ und geht daher von einer 640-Wh-Batterie aus (statt der 96-Wh, auf die wir gekommen sind).

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Solarmasten mit aufgesetztem Modul wehen schnell um.
- Vertikale Solarmodule scheinen ineffizient zu sein, sind aber in Bezug auf die Verschmutzung vorzuziehen.
- Die Batterie der Signify Solarmasten ist 8 x zu groß.
- Mit dem Überwachungssystem werden wir die Signify-Masten weiter beobachten.
- Wir sehen gute Möglichkeiten für Solarmasten, z. B. für Bahnsteigverlängerungen.
- Solarleuchten mit integrierter Batterie und Modul sind die Herausforderung für die Zukunft.



Der neue Mast wurde bereits aufgestellt, während der alte noch abgerissen werden muss.



Mast-Schienen-Verbindung (Erdnetz zwischen den alten Lichtmasten) im Werk saniert.



Das alte Kabel wurde am alten Mast aufgerissen.

27 Eindhoven und Breda Prinsenbeek, Sanierung von schlechten Erdkabeln

27.1 Eindhoven

Im Bahnhof Eindhoven wurden die alten Lichtmasten außerhalb der Überdachung ausgetauscht. Die alten Lichtmasten waren in einem 16-Meter-Raster angeordnet. Die vorhandenen Kabel können je nach Wunsch wiederverwendet werden. Allerdings wurde auf dem offenen Mittelbahnsteig auf der Südseite bei der Nullmessung festgestellt, dass der Isolationswert der Stromkabel nicht der NEN3140 (Verwaltungsnorm) entspricht.

Die NEN3140 schreibt vor, dass der Widerstand des Kabels im Falle eines Kurzschlusses nicht zu hoch sein darf und dass der Isolationswiderstand zwischen den Leitern ausreichend ist. Bei alten Kabeln in Bahnsteigen mit langen Kabelwegen kann der Stromkreiswiderstand eines Stromkreises schnell ansteigen und der Isolationswiderstand abnehmen. Wenn der Widerstand des Stromkreises zu hoch ist, löst die Sicherung nicht aus, wenn der letzte Pol unter Spannung steht (Kurzschluss). Wenn der Isolationswiderstand zu niedrig ist, kann es zu einem Kurzschluss im Kabel kommen. Die Neubaunorm NEN1010 ist sogar etwas strenger als die Verwaltungsnorm, sodass die neuen Masten mit den alten Kabeln definitiv nicht dieser Norm entsprechen würden. Die alten Kabel in Eindhoven sind daher bereits erneuert worden. Es stellte sich heraus, dass es sich um bleiummantelte Kabel aus dem Jahr 1950 handelte.

Der Austausch von Erdkabeln ist teuer (ca. 100.000 € pro Haltestelle mit 2 Seitenbahnsteigen), da der Bahnsteig aufgegraben werden muss (oft in einer Nacht, wobei der Betrieb eingestellt ist). Die Öffnung der Südseite der beiden Mittelbahnsteige im Bahnhof Eindhoven kostete etwa 0,9 Tonnen. Da es sich um einen breiten Mittelbahnsteig mit wenigen Fahrgästen handelt, war dies glücklicherweise ohne Außer-Dienstsetzung möglich. Da es jedoch viele Seitenverzweigungen mit alten Mast-Schienenverbindungen zum zentralen Kabelgraben gab, wurde mehr als nur der Graben ausgehoben.

27.2 Breda Prinsenbeek

Auch im Bahnhof Breda Prinsenbeek wurde nach der Fertigstellung festgestellt, dass die Installation nicht der NEN3140 entspricht. Hier wurden die Masten und Kabel aus dem Jahr 1988 wiederverwendet und nur die Leuchten ersetzt. Aus alten NEN3140-Berichten ging hervor, dass ein Teil der Installation vor dem LED-Austausch ebenfalls unzureichend war. Häufig sind solche Fehler in den offenen Klemmleisten oder Kabeln in den Masten zu finden. Nach dem Austausch von Klemmenleisten durch dichte Mastkästen und neue Mastkabel lassen sich derartige Störungen oft beheben. Um den Bahnhof dennoch wieder in Betrieb nehmen zu können, wurde in Absprache mit der Bahnverkehrsverwaltung beschlossen, die Störung dennoch zu beheben und die Kabel teilweise zu ersetzen. Um den unnötigen Austausch von guten Kabeln zu vermeiden, wurde der Fehler zunächst lokalisiert. Der Niederspannungsraum befindet sich auf dem Seitenbahnsteig 1. Der Außenbahnsteig 2 wird über einen Gleisübergang gespeist. Als Nächstes haben wir den NS-Hausinstallateur folgende Maßnahmen durchführen lassen:

1. den Bahnübergang abzuschalten.
2. die Bahnsteige getrennt durchzumessen; der Fehler schien bei Bahnsteig 2 zu liegen.
3. Anschließend den hintersten Mast abzuklemmen und zu messen, ob der Fehler behoben ist.
4. Als er noch auftrat, haben wir den zweiten hinteren Mast abgeklemmt.
5. Schließlich stellte sich das Kabel zwischen den 5 hintersten Mast auf Bahnsteig 2 als schlecht heraus.
6. Dieses Stück Erdkabel (4 x 16 m = 64 m) wurde ausgetauscht.
7. 2 Seitenbahnsteigen aufgraben und Kabel erneuern kosten ca.100.000 €.
9. Jetzt waren wir für 18.000 € fertig.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Es lohnt sich, einen Blick auf NEN3140- oder NEN1010-Fehler zu werfen (und nicht alles sofort zu ersetzen).
- Erdungskabel aus dem Jahr 1980 beispielsweise lassen sich oft einfach wiederverwenden (an Ort und Stelle belassen).
- Erdungskabel aus dem Jahr 1950 (oft noch mit Bleiummantelung) müssen immer ersetzt werden.



Nach den Erfahrungen in Olst wurde auch die Schaltanlage in Blerick mit 5 Einschaltspitzenbegrenzern ausgestattet. Oben, noch die alten Schmelzsicherungen. Der schwarze und der rote Knopf auf der linken Seite sind für die manuelle Überbrückung (um die Beleuchtung tagsüber zu testen).

28 Olst, Einschaltspitzenbegrenzer (danach überall in den Niederlanden)

Der Bahnhof Olst war einer der ersten Bahnhöfe, die 2017 mit LED-Beleuchtung ausgestattet wurden. Es stellte sich heraus, dass in einer Gruppe mehr als 20 LED-Leuchten eingeschaltet waren. Jede LED-Leuchte hat ihren eigenen Treiber (elektronischer Transformator). Und diese Treiber haben eine nachteilige Eigenschaft, nämlich einen hohen Einschaltstrom. Während der ersten (zehn) Millisekunden kann er so hoch sein, dass der Schutzschalter den Einschaltstrom als Kurzschlussstrom „ansieht“ und deshalb auslöst. Je mehr Leuchten an einem Schutzschalter angeschlossen sind, desto größer wird der Spitzenwert und desto früher löst der Schutzschalter aus.

Einige Leuchtenhersteller geben die Richtlinie an, dass nur 10 Leuchten an einen Leitungsschutzschalter angeschlossen werden können. In unseren Bahnhöfen, wie z. B. im Bahnhof Olst, sind oft 20 oder mehr Leuchten an einen Stromkreisunterbrecher angeschlossen.

Die Lösung für dieses Problem kann sein:

- Weniger Leuchten an einem Leitungsschutzschalter. Das erfordert aber viel mehr Stromkabel und ist daher eine teure Lösung.
- Einbeziehung eines Einschaltspitzenbegrenzers in den Stromkreis. Ein Auslösespitzenbegrenzer dämpft den Strom während der ersten 300 Millisekunden auf einen Wert ab, bei dem der Leistungsschalter nicht auslöst. Danach hat die Einschaltwirkung der Treiber weit genug abgenommen und der Einschaltspitzenbegrenzer kann den Strom wieder ungedämpft durchlassen.

Wir haben uns für den Camtec ESB101 Überspannungsbegrenzer entschieden.

Übrigens ist eine „altmodische“ Sicherung (Sicherungspatrone) davon weniger betroffen, da sie eine andere Auslösecharakteristik hat. Ein moderner Stromkreisunterbrecher reagiert schneller. In Bahnhöfen mit Sicherungen in der Schalttafel und wenig freiem Platz in der Schalttafel (z. B. in den Bahnhöfen Eindhoven Centraal und Valkenburg) entschied man sich, die Sicherungen beizubehalten und keine Spitzenbegrenzer anzuwenden.



Schmelzsicherung



Stromkreisunterbrecher

Schmelzsicherungen sind auch keine schlechte Lösung, nur eine Sicherung ist nach dem Auslösen defekt und muss ersetzt werden. Außerdem müssen sie in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden, da sie altern und der Auslösestromwert dann unzuverlässiger wird. Im Kontrollturm Schiphol sind Leistungsschalter sogar verboten, weil sie beim Einschalten der Elektronik zu schnell ausfallen und damit die Kontinuität unnötig gefährden.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Bei mehr als 20 LED-Leuchten in einer Gruppe ist immer ein Überspannungsbegrenzer einzusetzen.
- Um auf Erweiterungen vorbereitet zu sein, verwenden Sie einen Spitzenwertbegrenzer an jeder Gruppe mit LED-Beleuchtung.
- Der Überspannungsbegrenzer verbraucht etwa 1 W. Das übertrifft die Einsparungen durch LED bei weitem.
- Stellen Sie die Überspannungsbegrenzer nicht zu dicht aneinander, da sie sonst zu heiß werden.
- Bei Sicherungen ist ein Spitzenstrombegrenzer nicht erforderlich, sofern das Relais für die Einschaltspitze geeignet ist und die Kontakte nicht durchbrennen.



In accordance with IEC60950-1

Der vorgeschriebene Camtech Einschaltspitzenbegrenzer



Eleq berührungssicherer, spritzwassergeschützter Verteilerkasten im Mast am Bahnhof Helmond.



Sogexi berührungssicherer geschlossener Verteilerkasten im Bahnhof Oss.

29 Bilthoven, lange Kabelwege und zu hoher Leitungswiderstand

In Bilthoven wurde in der Nähe des Endes des Mittelbahnsteigs ein neuer Parkplatz gebaut. Die Stromversorgung des Parkplatzes ist mit dem Bahnsteig verbunden. Der Straßenschaltschrank befand sich auf der anderen Seite des Mittelbahnsteigs. Dadurch waren die Kabelwege so lang geworden, dass die Sicherung bei einem Kurzschluss auf dem Parkplatz nicht mehr auslöste. Im Falle eines Kurzschlusses (oder Fehlerstrom) in den letzten Masten fließt dann ein Strom, der aufgrund der großen Kabellänge zu gering ist und der Schutzschalter oder die Sicherung nicht auslöst (zu hoher Leitungswiderstand).

Der letzte Mast kann dann unter Spannung gesetzt werden, ohne dass die Sicherung ausfällt. Um dieser gefährlichen Situation vorzubeugen, wird die Stromkreisimpedanz (Widerstand) jährlich gemäß der Verwaltungsnorm NEN3140 geprüft.

Die Impedanz bzw. der Widerstand des Stromkreises darf in den meisten Fällen auf dem Bahnsteig höchstens 2,4 Ohm betragen (bei einem Stromkreisunterbrecher mit 16 Ampere B-Charakteristik).

In Bilthoven haben wir die Kabellängen verkürzt, indem wir einen zusätzlichen Straßenschrank in der Nähe des Parkplatzes auf dem mittleren Bahnsteig aufgestellt haben. Zu diesem Schrank ist ein dickes Stromkabel eingegraben. In dem Schrank sind die Installationsschalter für den Parkplatz untergebracht, und die Kabelwege sind nicht mehr allzu lang. Aufgrund von Aushubarbeiten im Mittelbahnsteig war dies eine kostspielige Anpassung (ca. 30.000 €).

Bei einigen kleinen Bahnhöfen, bei denen keine Kabel ausgetauscht wurden, ergab die NEN3140-Abschlussprüfung, dass die Stromkreisimpedanz nach dem LED-Austausch etwas mehr als 2,4 Ohm betrug.

Um sicherzustellen, dass die Sicherung auch im Falle eines Kurzschlusses am letzten Mast auslöst, wurden dort in Absprache mit der Prüfstelle 12-Ampere- statt 16-Ampere-Sicherungen eingesetzt. Diese Möglichkeit besteht, weil der Stromverbrauch der LED-Beleuchtung viel niedriger ist als der der alten Beleuchtung.

Um Kurzschlüsse und Fehlerströme in den Masten zu vermeiden, haben wir uns außerdem dafür entschieden, die offenen Anschlusskästen in allen Beleuchtungsmasten durch geschlossene, berührungssichere Mastkästen zu ersetzen (z. B. von Eleq oder Sogexi, siehe nebenstehendes Bild).

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Eine zu hohe Stromkreisimpedanz kann mit einem zusätzlichen Zwischenkasten gelöst werden (Kabelwege verkürzen).
- Eine zu hohe Stromkreisimpedanz kann auch mit einer niedrigeren Sicherung gelöst werden (wenn möglich in Bezug auf die Gesamtstromaufnahme der Beleuchtung).
- Verhindern Sie Kurzschlüsse in Masten mit berührungssicheren Mastkästen und bringen Sie keine offenen Klemmstreifen mehr an.



Auf dem Überweg sind keine dunklen Flecken zu sehen.



Eine sehbeeinträchtigte Person überquert einen Überweg selbständig (allein). Wenn er/sie sich in der Mitte des Überwegs befindet und die Lichter und Glocken angehen, muss er/sie geradeaus zum Bahnsteig gehen und nicht in Panik geraten oder stolpern.



Die Bewertung in Weesp. Vor der Bewertungsrunde wurde bei jedem sehbeeinträchtigten Diskussionsteilnehmer eine Augenmessung durchgeführt, um festzustellen, wie viel Restsehvermögen die Person noch hatte.



Test im Tunnel des Bahnhofs Weesp

30 Bewertung mit Visio in Bedum, Usquert, Olst, Weesp, Lage Zwaluwe

Am Bahnhof Olst haben wir im Februar 2022 zusammen mit Koninklijke Visio, der „Oogvereniging“ und einer Gruppe von Sehbeeinträchtigten eine Bewertung der LED-Beleuchtung vorgenommen. Es gibt mehr als 100 Arten von Sehschwäche. Vor der Begehung der Strecke führte Visio bei jedem Panelmitglied eine Augenmessung durch, um die Art der Sehschwäche zu ermitteln. Jedes Panelmitglied ging den Weg vom Bus/Taxi zum Zug zu Fuß. Entlang der Strecke wurden für jeden Transferbereich Fragen gestellt.

Die Bewertung wurde in Olst durchgeführt, weil wir dort die Beleuchtung auf einem Mittel- und einem Seitenbahnsteig testen konnten. Ein wichtiger Teil war der Test, ob sich sehbeeinträchtigte Menschen trauen, den Fußweg in der Dunkelheit selbständig (allein) zu überqueren. Der Überweg am Halte Olst muss eine Mindesthelligkeit von 10 Lux (und der Bahnsteig von 5 Lux) bei einer Gleichmäßigkeit von 0,3 aufweisen. Die Messung des Lux-Wertes an 9 Messpunkten zeigt, dass die Gleichmäßigkeit (durchschnittlicher Lux-Wert geteilt durch den niedrigsten Messpunkt) hier besser als 0,3 ist. Ähnliche Bewertungen wurden auch für die Bahnhöfe Bedum, Usquert, Weesp und Lage Zwaluwe durchgeführt.

Tipps und Schlussfolgerungen:

- Es gibt Hunderte Arten von Sehbeeinträchtigungen.
- Die Zahl der älteren Menschen mit Sehschwäche nimmt zu.
- Reisende über 60 Jahre brauchen 4x mehr Lux als junge Reisende (Quelle: Visio).
- Die Haltebahnsteige sind mit mindestens 5 Lux ausreichend beleuchtet.
- Sehbeeinträchtigte Menschen leiden eher unter zu viel als unter zu wenig Licht.
- Blendungen, z. B. durch Werbetafeln, sollten für sehbeeinträchtigte Menschen vermieden werden.
- Eine gute Gleichmäßigkeit ist wichtiger als eine hohe Beleuchtungsstärke (Lux-Wert).

IMPRESSUM

Autor

M.M. Pigeaud Dipl. Ing.

Fotografie

Henk Snaterse;
Licht designers Atelier LEK, Fotograf Frank Hanswijk (3 Fotos Tilburg);
Nathalie Peters (Foto der Halle in Leeuwarden).

Umschlag

Bahnhof Amsterdam Bijlmer ArenA (Foto Henk Snaterse)

Herausgeber

ProRail B.V.

Gestaltung und Layout

Inpladi bv

Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Herausgebers vervielfältigt, in einer elektronischen Datenbank gespeichert oder veröffentlicht werden.

© 2023



ProRail