Stellungnahme zum Antrag

Stadt Karlsruhe
Der Oberbürgermeister

CDU-Gemeinderatsfraktion

Vorlage Nr.: **2022/0333**
Verantwortlich: **Dez. 4**
Dienststelle: **SWK**

Licht nach Bedarf – Bedarfsabhängige Steuerung der Straßenbeleuchtung

Gremium	Termin	TOP	ö	nö
Gemeinderat	26.04.2022	28	x	
Ausschuss für öffentliche Einrichtungen	27.04.2022	3	x	

Kurzfassung

Der Einsatz von sensorbasierten Straßenbeleuchtungssystemen, die das Beleuchtungsniveau bedarfsgerecht anpassen („light on demand“) erfordert grundlegende technische Voraussetzungen, etwa der bestehenden Stromversorgungsinfrastrukturanlagen, die in Karlsruhe größtenteils zunächst geschaffen werden müssten. Bisher war ein Einsatz solcher Systeme in Karlsruhe nicht vorgesehen und nicht gewünscht. Vielmehr empfehlen die verantwortlichen Stellen, dass zunächst den grundlegenden, bereits beschlossenen und vorbereiteten Maßnahmen zur Energieeinsparung in der Straßenbeleuchtung Vorrang gewährt werden sollte, um mit vergleichsweise geringem Aufwand möglichst schnell und verhältnismäßig einfach größere Effekte zu erzielen.
Durch Umrüstung noch konventioneller Leuchten auf LED und danach auch der Umrüstung von LED-Übergangstechnologien auf effizientere LED-Leuchten sowie den Einsatz einer grundlegenden Nachtabsenkung können bereits Energieeinsparungen von zumeist über 50 bis 80 Prozent erzielt werden. Die weiteren Energieeinsparmöglichkeiten, die durch den Einsatz komplexer und zumeist aufwändig zu betreibender, bedarfsabhängiger Steuerungssysteme erreicht werden können, bewegen sich erfahrungsgemäß in Bereichen von 10 bis 15 Prozent.
Der Vorschlag zur Sanierung der erneuerungswürdigen Beleuchtungsanlage in der Günther-Klotz-Anlage wird gerne aufgegriffen. Es wird empfohlen, die Anlage mit den bisherigen Kugelleuchten auf eine insektenfreundliche Beleuchtung mit technischen LED-Leuchten umzurüsten, die mit einer Nachtabsenkung auf 50 Prozent Lichtleistung in den Zeiten zwischen 23 und 6 Uhr betrieben wird.

Finanzielle Auswirkungen	Ja ☒ Nein ☐	
☒ **Investition** ☐ **Konsumtive Maßnahme**	Gesamtkosten: circa 160.000 Euro Jährliche/r Budgetbedarf/Folgekosten: 10.000 Euro	Gesamteinzahlung: Jährlicher Ertrag:
Finanzierung ☒ bereits vollständig budgetiert ☐ teilweise budgetiert ☐ nicht budgetiert	**Gegenfinanzierung durch** ☐ Mehrerträge/-einzahlung ☐ Wegfall bestehender Aufgaben ☐ Umschichtung innerhalb des Dezernates	Die Gegenfinanzierung ist im Erläuterungsteil dargestellt.

CO_2-Relevanz: Auswirkung auf den Klimaschutz Bei Ja: Begründung | Optimierung (im Text ergänzende Erläuterungen)		Nein ☐	Ja ☒	positiv ☒ negativ ☐	geringfügig ☒ erheblich ☐
IQ-relevant	Nein ☐	Ja ☒	Korridorthema: Grüne Stadt		
Anhörung Ortschaftsrat (§ 70 Abs. 1 GemO)	Nein ☒	Ja ☐	durchgeführt am		
Abstimmung mit städtischen Gesellschaften	Nein ☐	Ja ☒	abgestimmt mit Tiefbauamt		

Gedruckt auf 100 Prozent Recyclingpapier

Ergänzende Erläuterungen

In der Straßenbeleuchtung gibt es viele unterschiedliche Technologien und Systeme zum Schalten und Steuern oder Regeln der Straßenbeleuchtung. Diese sind nicht beliebig kombinierbar und erfordern entsprechende technische und teils besondere Voraussetzungen für deren Einsatz.
Für ein Grundverständnis der Thematik ist daher auch das Wissen über weitere Zusammenhänge und bestehende Technologien hilfreich, weshalb hierauf nachfolgend ergänzend eingegangen wird.

Grundlegende Information zum Schaltsignal der Straßenbeleuchtung und zur Verbrauchsermittlung: Die Straßenbeleuchtung in Karlsruhe wird derzeit größtenteils helligkeits- beziehungsweise dämmerungsabhängig geschaltet. Diesbezüglich sind in Karlsruhe – verteilt auf das Stadtgebiet – fünf Beleuchtungsstärkemesssensoren beziehungsweise Dämmerungsschalter installiert. Sobald an drei dieser fünf Sensoren der eingestellte Schwellwert von 50 Lux unter- beziehungsweise überschritten wird, wird ein zentrales Schaltsignal zum Ein- beziehungsweise Ausschalten der Straßenbeleuchtung gesendet. Die Übertragung erfolgt mittels moderner Funkrundsteuertechnik an die Funkrundsteuerempfänger in den circa 830 Schaltschränken der Straßenbeleuchtung. In den Funkrundsteuerempfängern sind dann weitere Schaltprogramme hinterlegt, die eine voreingestellte Nachtabsenkung beziehungsweise Dimmung ermöglichen. Die tägliche Brenndauer ist wiederum abhängig von der Jahreszeit und der Witterung. Diese wird auf Basis der Schaltzeiten beziehungsweise „Brenndauern“ in sogenannten „Brennkalendern“ dargestellt. Auf deren Basis erfolgt auch größtenteils die Energieabrechnung der Straßenbeleuchtung (Anschlusswert mal Brenndauer in Kilowattstunden). Die jährliche Brenndauer bei ganznächtigem Betrieb der öffentlichen Straßenbeleuchtung in Karlsruhe beträgt derzeit etwa 4.044 Stunden.
Diese Form der Energieverbrauchsermittlung wurde damals aus Kostengründen eingeführt, da hierdurch die Kosten für eine Zählersetzung, -nutzung und -ablesung eingespart werden konnten.

Für eine bedarfsgerechte, sensorgesteuerte Beleuchtung (zum Beispiel „light on demand“), wäre also zunächst eine Umrüstung des bestehenden Schaltungs- und teils Netzaufbaus an den jeweiligen Stellen erforderlich. Da eine einfache Brennkalenderabrechnung (siehe oben) bei „light on demand“ aufgrund des volatilen Stromverbrauchs nicht möglich ist, müssten die betroffenen Schaltschränke aufwändig durch größere Schränke mit eingebauten Stromzähler(n) und vorzugsweise einer Datenanbindung für deren Fernauslese ersetzt werden. Erst danach wären „variable Steuerungen“ realisierbar. Die Kosten für die Errichtung oder den Umbau eines Schaltschrankes mit Zählerfeld und der zugehörigen Leitungsanbindung liegen dabei im mittleren bis hohen vierstelligen Bereich. Hinzu kommen die Kosten für die Sensorik sowie gegebenenfalls Kosten für Nutzungs- und Serviceverträge (Lichtmanagementsysteme) sowie die zusätzlichen Betriebskosten für Zähler, Energie, Reinigung, Wartung, Instandsetzung der Regelungs-/Steuerungskomponenten.

Für elektronische Regelungs-/Steuerungskomponenten sind erfahrungsgemäß deutlich geringere Lebensdauern hinsichtlich der übrigen Leuchtenkomponenten zu erwarten. Während moderne LED-Leuchten für Lebensdauern von 25 Jahren (mindestens 100.000 Betriebsstunden für LED/Leuchte) und darüber ausgelegt sind, halten zum Beispiel elektronische Vorschaltgeräte und Komponenten erfahrungsgemäß teils „nur“ bis zu zehn Jahre durch.
(Dies ist in etwa vergleichbar mit Solaranlagen, bei denen die Photovoltaik-Module teils deutlich über 20 Jahre lang genutzt werden können; jedoch die elektronischen Wechselrichter zumeist spätestens nach zehn Jahren getauscht werden müssen.)
Zudem sind die außen an den Leuchten oder Masten anzubringenden Sensoren kritisch im Hinblick auf die häufig zu beobachtende mutwillige Beschädigung von Straßenbeleuchtungsanlagen zu sehen. Während die Masten und Leuchten selbst weitestgehend vandalismussicher ausgeführt werden können (zum Beispiel Schlagfestigkeit der Leuchtengläser, stabile Masten und Leuchtengehäuse), ist dies bei Sensoren und deren Verbindungen in der Regel nicht möglich.

Bei sensorbasierten Steuerungssystemen müssen die unterschiedlichen Komponenten untereinander kompatibel sein. Zwar gibt es Standards für Verbindungen/Anschlüsse und Lichtsteuerungen (zum Beispiel

Zhaga, Nema und Dali) sowie teils auch „offene Systeme“, um Leuchten abweichender Hersteller in bestehende Steuerungssysteme einbinden zu können, allerdings sind innerhalb eines Steuerungs-/Regelungssystems „Mischungen“ oder Abweichungen nicht oder nur bedingt möglich.
Im schlimmsten Fall können Kompatibilitätsprobleme beim (späteren, reparaturbedingten) Austausch einzelner Komponenten zur Fehlfunktion bis hin zum teilweisen oder gar kompletten Ausfall führen, falls vorgesehene „Notfallfunktionen“ nicht greifen.
Als Beispiel sind Ausfälle nach relativ kurzer Zeit (circa zwei Jahre nach Errichtung) an einer „light on demand“ Anlage der Stadtwerke Karlsruhe mit Leuchten und Steuerungskomponenten eines hochwertigen Leuchtenherstellers zu nennen. In diesem System wurden alle Komponenten, also die zugehörigen Radarsensoren, Vorschaltgeräte und Leuchten (mit Sensorschnittstellen), aufeinander abgestimmt und anfänglich bedarfsgerecht programmiert. Durch die Programmierung entsteht eine Abhängigkeit im Verbund, das heißt die jeweiligen vor- und nachgeschalteten Leuchten kommunizieren miteinander. Im Fall der besagten Störung wurden der Abteilung Straßenbeleuchtung zwei blinkende Leuchten gemeldet. Als Störungsursache konnten nach längerer Suche defekte Vorschaltgeräte ausgemacht werden. Diese wurden durch typgleiche Vorschaltgeräte mit gleichlautender Programmierung ersetzt, was jedoch zu einer Fehlfunktion und anfänglich zum Ausfall der vor- und nachgeschalteten Leuchten führte. Erst mittels einer direkten Ersatzteilbestellung beim Hersteller konnte die Funktion der Anlage schlussendlich wiederhergestellt werden. In der Zwischenzeit waren die beiden betroffenen Leuchten durchgängig außer Betrieb.
Eine einfache Reparatur mit Tausch einer Leuchte oder einzelner standardisierter Leuchtenkomponenten ist in solchen Systemen also nicht ohne weiteres möglich und die kompatiblen Komponenten müssen vor dem Austausch systemspezifisch programmiert oder bereits entsprechend konfiguriert bestellt werden. Sowohl für die Fehlersuche als auch für den Austausch von Komponenten sind also Kenntnisse über die Programmierung der Steuereinheiten und die jeweiligen systemspezifischen Steuerungskriterien (Regelungsprofile, Steuerzeiten, Schaltabhängigkeiten und vieles mehr) notwendig, so dass hierfür mindestens Fachkräfte mit Spezialwissen und erweiterten Kompetenzen einzusetzen sind. Darüber hinaus wären dementsprechend auch die Anlagendokumentation und Lagerhaltung beziehungsweise Ersatzteilbeschaffung auszuweiten.

Besonders zu beachten ist beim Einsatz entsprechender, proprietärer Systeme und Anlagenkomponenten, dass hierdurch anbieterbezogene Abhängigkeiten geschaffen werden. Während in den bisherigen Anlagen der Straßenbeleuchtung einzelne Bestandteile bei Bedarf durch weitestgehend standardisierte oder vergleichbare Komponenten (anderer Hersteller) einfach ersetzt werden können, ist das in komplexen Systemen mit bedarfsgerechter Steuerung nicht oder nicht ohne weiteres möglich (siehe oben).
Auch gibt es Stand des Wissens nach keine (langfristigen) Konnektivitäts- oder Funktions- beziehungsweise Betriebsgarantien vonseiten der Hersteller für deren Lichtsteuerungssysteme. Sollten Systeme, Komponenten oder die zugehörige Software nicht mehr unterstützt werden, müssten komplette Anlagensysteme aufwändig umgerüstet werden (beispielsweise Umstellung UMTS-basierter Lichtsteuerungs- und Managementsysteme samt zugehöriger Komponenten in/an Leuchten auf LTE).
Nicht nur bei der Straßenbeleuchtung, sondern auch in anderen Anwendungsbereichen ist durchaus erkennbar, dass Anlagenbestandteile, die im Hinblick auf lange Nutzungsdauern konstruiert werden und wurden, oftmals aufgrund der kurzen Halbwertszeiten zugehöriger Software und Betriebssysteme vorzeitig ausgetauscht werden müssen. Dies wiederum entspricht nicht dem Nachhaltigkeitsgedanken der öffentlichen Straßenbeleuchtung, die in Karlsruhe als Teil der Daseinsvorsorge bis dato auf sicher zu betreibende, stabile und langlebige Systeme mit dem Hauptziel der Verkehrssicherheit setzt.

Rechenbeispiel auf Basis der im Antrag aufgeführten Anwendung in Tübingen, im Ortsteil Kreßbach:
Im Hinblick auf die Energieeffizienz von LED-Leuchten ist allgemein zu beachten, dass diese maximal bis auf etwa 30% von deren nominaler Anschlussleistung effizient gedimmt werden können, da sich deren Wirkungsgrad mit zunehmender Dimmung zunehmend verschlechtert (gravierender Anstieg des Blindleistungsanteils gegenüber der Wirkleistung).
Zudem sind gemäß Kapitel 7.10 in Teil 1 der maßgeblichen Norm für die Straßenbeleuchtung, der DIN 13201, unmittelbare Sprünge des Beleuchtungsniveaus um mehr als einen Faktor von 2,5 nicht zulässig.

Somit sollte vor dem Hochdimmen auf 100 Prozent ein Grundniveau von circa 40 Prozent Lichtleistung gewählt werden.
Zuvor waren in Kreßbach Leuchten mit Natriumdampf-Hochdrucklampen zu je 50 Watt installiert, wie sie auch teilweise noch in Karlsruhe vorhanden sind. Der Lampenleistung ist zunächst die Verlustleistung der Vorschaltgeräte, die wiederum zum Betrieb der Natriumdampf-Hochdrucklampen erforderlich sind, hinzuzurechnen. Gemäß der uns bekannten Daten beträgt diese zum Beispiel 12 Watt pro Leuchte. Daraus folgt eine Gesamtanschlussleistung von 62 Watt pro Leuchte.
Mittels Substitution der Bestandsleuchten durch die beschriebenen LED-Leuchten mit einer Anschlussleistung von je 15 Watt können also bereits ohne „light on demand“ circa 75 Prozent Energie (pro Leuchtstelle) eingespart werden.
(Anm.: Vorausgesetzt, dass ein 1:1-Leuchtentausch mit Erfüllung der normativen Kriterien möglich ist, werden Maßnahmen mit derartigen Einsparpotenzialen analog auch in Karlsruhe durchgeführt.)
Wird für „light on demand“ ein Grundniveau von circa 40 Prozent Lichtleistung gemäß oben zugrunde gelegt, entspricht dies bei einer Leuchte mit einer Anschlussleistung von 15 Watt und linearem Leistungs-/Lichtstromverhältnis einer Leistung von circa 6 Watt (ohne Berücksichtigung von Standby- und Betriebsstrom der Sensorik). Somit könnten bei besagtem Beispiel durch „light on demand“ rein theoretisch maximal weitere 9 Watt pro Leuchte in den Phasen der Dimmung eingespart werden. Bezogen auf die Ausgangsleistung von 62 Watt wären dies circa 14,5 Prozent. In Summe kämen also theoretisch circa 89 Prozent Einsparpotenzial zusammen (vergleiche/analog Kreßbach).
Pro Jahr wäre durch „light on demand“ also eine zusätzliche Energieeinsparung in Höhe von 9 Watt mal 4.044 Betriebsstunden, also 36.396 Wattstunden oder etwa 36,4 Kilowattstunden, möglich.
Bei einem angenommenen Strompreis von circa 0,35 Euro pro Kilowattstunde* für die öffentliche Straßenbeleuchtung (* grobe Annahme von 30 bis 40 Cent pro Kilowattstunde – Entwicklung nicht abschätzbar) entspräche dies jährlichen Energiekosten in Höhe von etwa 12,74 Euro pro Leuchte.
Erfahrungsgemäß erreichen elektronische Bauteile in der Straßenbeleuchtung nicht die zu erwartenden Lebensdauern der Leuchten von 100.000 Stunden oder etwa 25 Jahren. Bei einer wohlwollenden Lebensdauerprognose von 12,5 Jahren für die elektronischen Bauteile könnten in besagtem Fall 12,74 Euro mal 12,5 Jahre über die Lebensdauer der Steuerungselektronik und Sensorik pro Leuchte, also circa 160 Euro eingespart werden.
Die Anschaffungs-, Montage und Einrichtungskosten der Steuerungselektronik und Sensorik liegen jedoch bereits in diesem Bereich oder auch deutlich darüber. Zudem sind weitere Betriebskosten durch Reinigung und gegebenenfalls Nachjustieren der Sensoren (vergleiche Campingplatz Durlach), durch den Stromverbrauch im „hochgedimmten“ Betrieb sowie den Standby- und Betriebsstromverbrauch der Sensorik hinzuzurechnen.
Eine Amortisation der „light on demand“ Lösung oder gar Einsparungen sind im besagten Fall also nicht zu erwarten. Vielmehr wäre diese im aufgeführten Beispiel hinsichtlich Natur- und Arten- beziehungsweise Insektenschutz sowie der Reduktion von Lichtimmissionen zu begründen.
Beleuchtungsanlagen mit „light on demand“ Steuerungen wurden von der Fachabteilung Straßenbeleuchtung auf dem Campingplatz in Durlach, im Außenbereich der Lina-Radtke-Halle und auf dem Betriebsgelände der Stadtwerke Karlsruhe in der Daxlander Straße sowie der SKD im Ahaweg teils aus eigenem Antrieb installiert, um Erfahrungen sammeln zu können. (Zudem befinden sich seit 2015 Beleuchtungsanlagen unterschiedlicher Anbieter mit GSM- und funkbasierten Lichtmanagementsystemen auf dem Betriebsgelände in der Schlachthausstraße im Einsatz.)

Zum Vergleich kann mit einer einfach realisierbaren, robusten Nachtabsenkung per „Steuerader“ auf 50 Prozent der Lichtleistung in den verkehrsärmeren Zeiten, zum Beispiel zwischen 23 und 6 Uhr, folgende tatsächliche, zusätzliche Einsparung generiert werden:
7 Stunden pro Nacht mal 365 Tage pro Jahr mal 15 Watt mal 50 Prozent ergibt 19.162,5 Wattstunden oder circa 19 Kilowattstunden. Dies wären gemäß obigem Ansatz 6,65 Euro pro Jahr beziehungsweise circa 166 Euro während der prognostizierten Leuchtenlebensdauer von 25 Jahren.
Oder allgemein gerechnet: 7 Stunden pro Nacht mal 365 Tage pro Jahr geteilt durch 4.044 Stunden pro Jahr mal 50 Prozent ergibt ein Einsparpotenzial durch die Nachtabsenkung von circa 31,6 Prozent. Diese Form der Nachtabsenkung wurde bereits als grundsätzliche, flächendeckende Maßnahme angeregt und wird in

Karlsruhe seit Anbeginn in einzelnen, hierfür geeigneten Bereichen bereits praktiziert. Außer für die „Aktivierung“ der Zusatzfunktion fallen dabei keine weiteren zusätzlichen Betriebskosten an. Zudem werden hierdurch weder hersteller- noch systemspezifische Abhängigkeiten generiert und die Funktion hat keinen Einfluss auf die bisher üblichen, zu erwartenden Lebensdauern der Beleuchtungskomponenten.
Vorschlag zur Erneuerung der Beleuchtung in der Günther-Klotz-Anlage:
Bei der bisherigen Beleuchtung handelt es sich um eine Anlage mit sogenannten Hängekugelleuchten an „Jakobeit-Masten“ mit einer Lichtpunkthöhe von circa 3,75 Meter.
Gerade die Leuchtstellen in der Günther-Klotz-Anlage sind vermehrt einer mutwilligen Sachbeschädigung und einer Beschädigung durch Kraftfahrzeuge mit hohen Aufbauten, vor allem auch im Rahmen von „Das Fest“, ausgesetzt.
Durch Erneuerung der Anlage mit LED-Leuchten auf geraden Masten mit einer Lichtpunkthöhe von etwa 5,30 Meter zwecks Einhaltung des Lichtraumprofils bei gleichzeitiger Verbesserung der Beleuchtungsqualität, könnten künftig solche Beschädigungen weitestgehend vermieden werden.
Obwohl die bestehenden Kugelleuchten von der Abteilung Straßenbeleuchtung bereits mit LED-Leuchtmitteln ausgestattet wurden, wäre mit der beschriebenen Umrüstung auf hocheffiziente, technische LED-Leuchten mit Wegeoptiken zur Lichtlenkung und einer „einfachen Nachtabsenkung“ eine Energieeinsparung von über 50 bis 60 Prozent zu erwarten. Auf die derzeit stellenweise vorgesehene Nachtabschaltung (zwischen 24 und 5 Uhr) könnte hiernach künftig verzichtet werden. (Genaue Werte zur Energieeinsparung könnten nach Erstellung einer konkreten Planung ermittelt werden.)
Je nach Abgrenzung des gewünschten Areals zur Erneuerung der Beleuchtung in der Günther-Klotz-Anlage könnten mit der vorgeschlagenen Maßnahme rund 90 Leuchtstellen sinnvoll, energieeffizient und insektenfreundlich saniert werden.

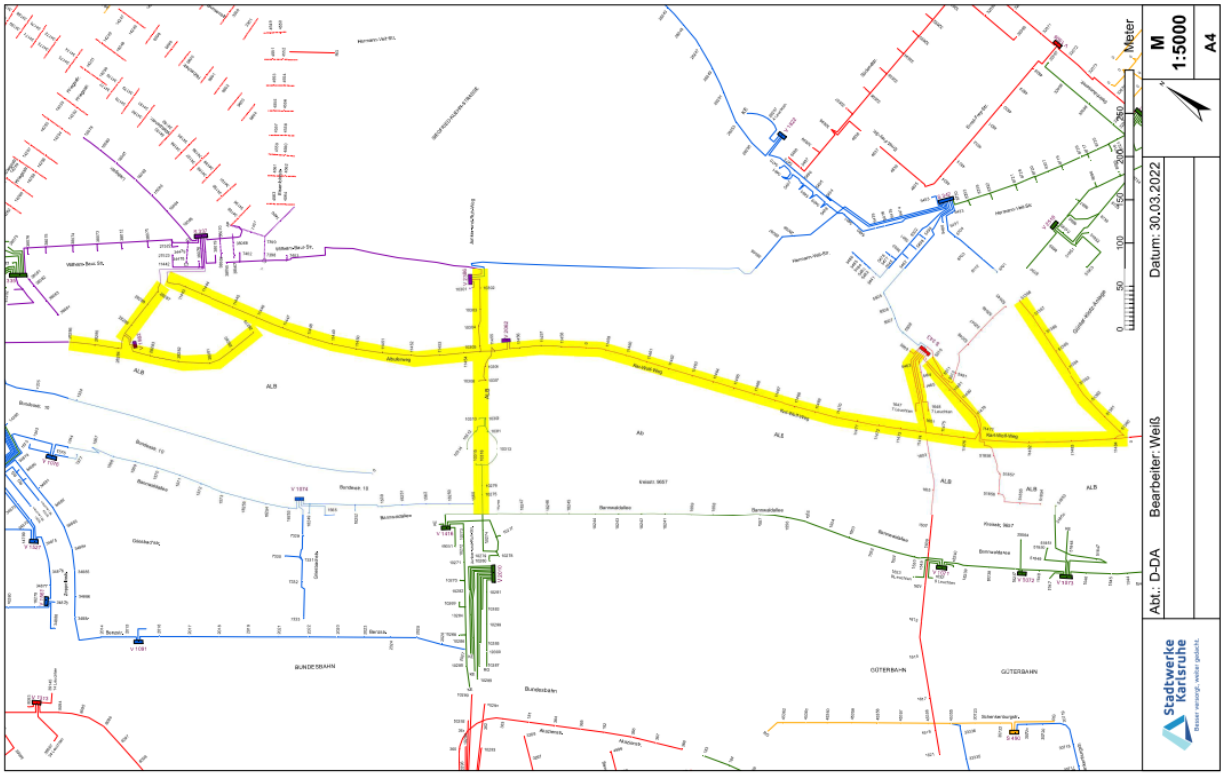

Abbildung: Auszug Netzplan Beleuchtung mit markierten Leuchtstellen in der Günther-Klotz-Anlage