



b.1 Übersicht	3
1.1 Aufgaben	3
1.2 Handlungsabsichten	3
1.3 Kurzfassung	4
b.2 Technik und Betrieb	9
2.1 System der öffentlichen Straßenbeleuchtung	9
2.2 Zusammenfassung, Bewertung und Empfehlungen	36
b.3 Raum und Verteilung	69
3.1 Stadt- und Straßenraum	69
3.2 Zusammenfassung, Bewertung und Empfehlungen	121
b.4 Szenarien und Potenziale	135
4.1 Zeit	135
4.2 Raum	137
4.3 Technik	139
4.4 Abschätzung und Perspektiven	140
b.5 Konzept und Rahmenplanung	145
5.1 Bestandsoptimierung	154
5.2 Licht- und betriebskonzeptioneller Rahmenplan	172
5.3 Begleitkatalog	180
5.4 Konkretisierung im Teilraum	184
b.6 Anhang	201
6.1 Einordnung der Verfahrenssicherheit	201
6.2 Quellen und Verweise	205

>> In diesem Gliederungsteil werden Grundlagen der Straßenbeleuchtung aufgearbeitet und ein Handlungsrahmen für die nächsten 20 Jahre entwickelt.



1 Übersicht

1.1 Aufgaben

Die Aufgaben im Handlungsbereich Lichtstruktur bestanden darin, Grundlagen und Perspektiven im Umgang mit der öffentlichen Beleuchtung aufzuarbeiten und darzustellen. Mit Hinweisen und Vorschlägen gibt das Konzept einen ausführungsorientierten Orientierungsrahmen der Lichtentwicklung in Castrop-Rauxel für die nächsten 20 Jahre. Die dargestellten Maßnahmenempfehlungen sollen die verwaltungsbezogenen und politischen Entscheidungsfindungen kurz-, mittel und langfristig begleiten, um die öffentliche Beleuchtung aktiv an die umweltpolitischen Rahmenbedingungen heutiger und zukünftiger Stadtentwicklung anzupassen. Die Reichweite der Planung zeigt sich dabei wie folgt:

- Rahmenbildung eines Begriffs nachhaltiger Beleuchtung.
- Formulierung einzelner Handlungsabsichten.
- Aufarbeitung und Darstellung von Bestandsdaten und -wirkungen.
- Darstellung und Abwägung von Defiziten, Potenzialen und Chancen für die öffentliche Infrastruktur im Bereich Beleuchtung.
- Aufbau einer Planungsgrundlage mit Szenarien der Entwicklung.
- Formulierung allgemeiner & spezifischer Maßnahmenempfehlungen.
- Entwicklung von Instrumenten zur prozessualen Umsetzung.

Die kontinuierliche Fortschreibung und Überprüfung der Ergebnisse ist angezeigt.

1.2 Handlungsabsichten

Die aus den Teilzielen hergeleiteten Handlungsabsichten der Lichtstruktur sind: ⁰¹⁾

- Prinzipien und Kriterien geleitete Emissionsvermeidung.
- Lichtnutzung entlang ökologischer Rahmenbedingungen.
- Reduktion von Energieverbräuchen und Emissionen.
- Ganzheitliche Betrachtung von Produkten und Anwendungen.
- Visuelle Wahrnehmung der räumlichen Umgebung steigern.
- Licht an stadt- und nutzungsräumliche Anforderungen anpassen.
- Lichtnutzung ohne umweltwirksame Streuverluste.
- Vermeidung von Immissionen in private Innenräume.
- Wirtschaftliche Lichtnutzung nach Investitionsaufwand sowie permanenten Aufwendungen in Betrieb und Wartung.
- Bedarfsgerechte Lichtnutzung nach Aktivitätsmustern.
- Technische und betriebsorganisatorische Bestandsoptimierung.

Auftraggeber:



EUV Stadtbetrieb Castrop-Rauxel -AöR-

Kontakt: Westring 215
44575 Castrop-Rauxel
info@euv-stadtbetrieb.de

Bearbeitung/ Konzeption:

Fachhochschule Dortmund

University of Applied Sciences and Arts

Forschungslinie "Licht_Raum"

Verantwortlich: Köhler, Dennis; Dipl.-Ing. Arch. M.Sc.
Kontakt: dennis.koehler@fh-dortmund.de
www.fh-dortmund.de/licht-raum

Mitwirkung: Bartels, Silke; Dipl.-Des.
Groh, Tina; cand. B.Sc.
Sieber, Raphael; Dipl.-Geogr.
Vorschulze, Martin; Dipl.-Ing.
Walz, Manfred; Prof. Dr.-Ing.
Juli 2012

Stand: Juli 2012

01) Siehe Gliederungsteil: a.2 – Pkt. 2.2

1.3 Kurzfassung

Das Ziel dieser Betrachtung liegt in der Entwicklung von Perspektiven im Umgang mit der öffentlichen Straßenbeleuchtung von Castrop-Rauxel. Die hierfür notwendige Basis bilden relevante Sachdaten der Verbrauchsanlagen bestehend aus Leuchtenträger, Leuchte, Vorschaltgerät und Lampe. Über diese Komponenten hinaus wurde die Informationsgrundlage durch örtlichen Begutachtungen erweitert, um sämtliche Verbrauchsanlagen räumlich zu verorten und zu evaluieren. Damit kann ein sehr wirklichkeitsnaher und detaillierter Zugang garantiert werden. Ausgangspunkt ist somit der auf ein integriertes Zielsystem bezogene Bestand. In Ausgewogenheit eines ökologisch, ökonomisch, kulturell und sozial nachhaltigen Handelns wird der Umgang mit der Straßenbeleuchtung in eine ganzheitliche Systematik gestellt, bei gleichzeitiger Benennung konkreter Maßnahmen, die auf Stadtbereiche, Straßenzüge und einzelne Leuchtstellen bezogen werden. Sämtliche Empfehlungen wurden mehrfach und querschnittsorientiert geprüft und abgewogen. Die Abwägung basierte einerseits auf Grundlagen, die die Stadt Castrop-Rauxel selbst liefern konnte (z. B. Flächennutzungsplanung, Entwicklungskonzepte, Mobilitäts- und Demografieprognosen). Andererseits wurden umfassende licht-, zeit-, raum- und bevölkerungsrelevante Erhebungen durchgeführt, um eine höchstmögliche Ausgewogenheit und realitätsnahe Zielführung zu garantieren.⁰²⁾

Im ersten Überblick bildet die öffentliche Straßenbeleuchtung in Castrop-Rauxel ein gutes Fundament. In der Vergangenheit wurden technische Entscheidungen getroffen, die heute dazu führen, dass energetische Kennwerte auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau und die entsprechenden Kosten in einem nachvollziehbaren Rahmen liegen. Gleichwohl steht der Handlungsbereich vor großen Herausforderungen. Die Abwägung wirtschaftlicher, ökologischer und kultureller Wechselwirkungen für einen nachhaltigen Umgang mit Straßenbeleuchtung fordern eine Qualifizierung und Entwicklung dieses Handlungsbereichs ein, die in einer derartigen Bandbreite bisher nicht präsent war. Gesamtkosten sind aufgrund politischer und betriebswirtschaftlicher Bedingungen bis heute deutlich gestiegen und werden mit lichtqualitativen Anforderungen weiter zunehmen. Auch Handhabungsmöglichkeiten werden vielfältiger und Entscheidungsvorgänge im technischen sowie im betriebsorganisatorischen Bereich diversifizierter. Die Stadt Castrop-Rauxel sollte ihre aktive Beteiligung und stringente Lenkung im System der öffentlichen Straßenbeleuchtung zukünftig deutlich intensivieren, um die Balance von Effizienz und Qualität selbst zu bestimmen.

Entscheidungshoheit und Entscheidungskompetenz sollten auf Seiten der Stadt Castrop-Rauxel ausgebaut werden. Mittelfristig wird das Modell des infrastrukturellen Betriebs neu organisiert werden müssen: aufgrund äußerer Bedingungen – wie z. B. durch die Entkopplung von Konzessions- und Beleuchtungsvertrag mit verpflichtender Ausschreibung der Leistungen – aber auch aufgrund interner Chancen, die sich z. B. durch Mechanismen des sich einstellenden Wettbewerbs ergeben. Entscheidend wird hierbei die Güte des kommunalen Sachverständs im Wissen über Anlagenzustände und Entwicklungsinhalte, damit die Ausgestaltung zukünftiger Vertragsbindungen langfristig zugunsten der Stadt Castrop-Rauxel ausfallen. Letztgenannte Vorgänge sind dabei selbstredend in Abhängigkeit anstehender Rahmensetzungen zu betrachten (z. B. die Frage zur Gründung eigener Stadtwerke o. ä.). Die Festlegung

02) Siehe Gliederungsteil: a.2 – Pkt. 2.4 und a.4 "Bezugsraum Castrop-Rauxel"

» Die Grundlage der vorliegenden Arbeit ist fundiert und sehr detailliert. Technische Sachdaten wurden räumlich verortet und Leuchten örtlich begutachtet.

» Alle Empfehlungen wurden mit den planerischen Grundlagen der Stadt abgeglichen. Es wurden relevante Erhebungen durchgeführt, um den Abwägungsprozess realitätsnah zu vervollständigen.

» Die bisher gebildete Grundlage der Straßenbeleuchtung ist gut zu bewerten. Energieverbräuche sind niedrig, Kosten adäquat. Gleichwohl wird die Fortentwicklung aufgrund steigender Kosten und komplexeren Rahmenbedingungen vielschichtig.

» Entscheidungshoheit und -kompetenz auf Seiten der Stadt Castrop-Rauxel sollten intensiviert werden, um in den anstehenden Prozessen die nachhaltige Entwicklung prägen zu können.

» Kosteneinsparungen sind auch in steuerlichen Bereichen möglich. Der Stromverbrauch ist heute auf einem niedrigen Niveau und besitzt relativ wenige Stellschrauben der Einsparung.

» Weit mehr Einsparungspotenzial liegt in der Reduktion des Anlagenbestands. Entweder durch effiziente Leuchten oder gezielten Rückbau.

» Die Wirkungsgrade der bei vielen Neubaumaßnahmen eingesetzten Leuchten sind alarmierend schlecht zu beurteilen.

eigener Maßstäbe, die Qualifizierung und Systematisierung der infrastrukturellen Handhabung und die Erhöhung der querschnittsorientierten Fachkompetenz sind Aspekte, die unabhängig davon angegangen werden können und sich auch auszahlen werden: ob im eigens organisierten Betrieb oder im qualifizierten Verhältnis mit externen Dienstleistern.

Die zu optimierende Betriebsführung geht dabei weit über unmittelbare Aspekte der technischen Infrastruktur hinaus. Steuerliche Kosten aufgrund klimapolitischer Ziele müssen keine unhinterfragten Belastungen bleiben. Es besteht die Aussicht, dass bestimmte Strategien der Betriebsführung immer dominanter werdende Kostenanteile – namentlich die EGG-Umlage mit heute ca. 73.000 Euro – reduzieren können. Auf die aktuellen Umstände in Castrop-Rauxel bezogen, kann konstatiert werden, dass monetäre Einsparung weniger über eine weiter reduzierte Energiekonsumtion der einzelnen Anlage erreicht werden können, da effiziente Leuchtmittel genutzt werden und in relativ ausgeprägtem Maße zu Nachtzeiten eine Beleuchtungsreduzierung durchgeführt wird. Hier gibt es zwar Stellschrauben, die Stromkosten weiter reduzieren können, doch liegt das weit bedeutsamere Potenzial in der Leuchtstelle selbst, da ihre Wartung das größere Teilstück in der Kostengesamtheit darstellt. Hierbei geht es zunächst weit weniger um die gerechtfertigte Höhe der Dienstleistungsvergütung pro Leuchtstelle,⁰³⁾ als viel mehr um die Gesamtanzahl betriebener Leuchten. Diese kann durch zwei Punkte optimiert werden: zum einen durch einen hohen Betriebswirkungsgrad der Leuchte – je höher dieser ausfällt, umso weniger Anlagen erfüllen die gleiche Beleuchtungsaufgabe. Zum anderen kann die Gesamtheit der Leuchtstellen reduziert werden, indem ein genereller Entschluss zur Vermeidung einer pauschal flächendeckenden Ausstattung der Straßen- und Wegeinfrastruktur mit Beleuchtungsanlagen vorliegt. Ein solcher Entschluss kann eine willkürliche Ausweitung der Leuchtstellen von vornherein vermeiden oder bestehende Anlagen, deren Funktion z. B. infolge des historischen Verlaufs nicht mehr gegeben ist, zum Rückbau vorbereiten – eine etwaige Unwirtschaftlichkeit aufgrund hoher Umbaukosten und langfristiger Amortisationszeiten wäre nahezu ausgeschlossen. Insbesondere jüngere Entscheidungsprozesse und Maßnahmen verdeutlichen einen Weg, der qualifiziert werden sollte. So werden zunehmend dekorativ erscheinende Leuchten eingesetzt, deren Leuchtmittel durch energetische Effizienz gekennzeichnet werden, die Licht lenkenden Eigenschaften der Leuchte diese Effizienz hingegen nicht zur Entfaltung bringen. Gleichzeitig werden vermeintliche objektgestalterische Aspekte über ökologisch kritische Streuverluste und visuell ergonomische Nachteile gestellt. Eine an licht- und beleuchtungsqualitativen Prämissen ausgerichtete Standardisierung der zu verwendenden Produkte im Sinne der Stadt, die über den Produktrahmen des Dienstleisters hinaus geht, ist anzuraten.

Die monetären Verluste aufgrund mangelnder Wirkungsgrade der Leuchten (ca. > 23.000 €) oder unnötiger Streuverluste in den Himmel (ca. > 14.500 €) sind kurz- bis mittelfristig nicht kompensierbar, sondern müssen aufgrund getroffener Produktentscheidungen hingenommen werden. Gleichwohl ergeben sich Einsparpotenziale entlang zeitbezogener, raumstrukturell abgeleiteter sowie technischer Änderungen. Selbst bei einer sehr realitäts- und ausführungsnahen Prognose können in einem Umsetzungszeitraum von ca. zwei Jahren

03) Wartungskosten können erst nach Aufstellung eines Leistungsverzeichnisses mit Benennung erbringbarer Eigenleistungen und zum Ende der Vertragslaufzeit in den Wettbewerb gestellt werden, um Vergütungsreduzierungen klären zu können.

» Eine realitätsnahe Kombination unterschiedlicher Maßnahmen lässt Einsparungen zwischen 18 und 22 Prozent der Gesamtkosten erwarten.

folgende jährliche Einsparperspektiven im Vergleich zum IST-Zustand erwartet werden: **164.800 Euro/Jahr (-18 %), 520.000 kWh/Jahr (-26 %) und 346 Tonnen CO₂/Jahr (-26 %)**. Die Stellschrauben hierfür sind ein kriteriengeleiteter Rückbau entbehrlicher Leuchtstellen, die zeitliche Ausweitung der Halbnachtschaltung für den Zeitbereich 21:00-6:30, die mengenmäßige Ausweitung der Halbnachtschaltung auf weitere Leuchtstellen, eine Teil-Umrüstung auf elektronische Vorschaltgeräte und der Beginn der Umrüstung des Seilsystems auf Mastträger. In einem Umsetzungszeitraum von ca. sechs Jahren können folgende jährliche Einsparperspektiven im Vergleich zum IST-Zustand erwartet werden: **201.250 Euro/Jahr (-22 %), 627.000 kWh/Jahr (-31 %) und 417 Tonnen CO₂/Jahr (-31 %)**. Aufbauend auf den zuvor benannten Maßnahmen muss die mengenmäßige Ausweitung der Halbnachtschaltung hierfür weiter ausgebaut werden und die Teil-Umrüstung auf elektronische Vorschaltgeräte voranschreiten. Ebenso muss dann eine nächtliche Abschaltung aller Leuchtstellen (Fußgängerüberwege usw. ausgenommen) für zwei Stunden an fünf Werktagen möglich werden.

» Es ist eine eindeutige politische Beschlussfassung über den prinzipiellen Umgang mit der Infrastruktur notwendig, die unter Beteiligung der Bürgerschaft Umsetzung finden kann.

Unabhängig davon, ob es sich um den Rückbau von Infrastruktur oder die nächtliche Abschaltung der Anlagen handelt, sollten die Maßnahmen nicht als Merkmalsträger eines gesellschaftlichen Rückschritts verstanden werden, sondern als ökologisch bewusster Fortschritt und konsequente Herstellung eines gleichartigen Beleuchtungsprinzips nach Raumnutzung. Insbesondere hier bedarf es der politischen Beschlussfassung, da Einzelinteressen – die sich in Folge der Gewöhnung an bestimmte Beleuchtungssituationen festigen konnten – in betreffenden Situationen zugunsten der Interessen des Gemeinwohls vermittelt werden müssen. Der maßgebliche Leuchtenbestand befindet sich im unmittelbaren Wahrnehmungsraum der Bürgerschaft. Zudem ist die nächtliche Beleuchtung in hohem Maße mit subjektiven Sicherheitsempfindungen verknüpft, auch wenn die faktische Betroffenheit über die ganze Nacht weitgehend ausgeschlossen werden kann. Als mehr oder weniger einschneidende Eingriffe in Alltagsnutzungen der Bewohnerschaft werden Änderungen der Beleuchtung je nach Maßnahme wahrnehmbar. Veränderungen müssen somit ausgiebig kommuniziert und gemeinsam mit der Bürgerschaft geprüft werden, um eine hohe Akzeptanz bei allen "Betroffenen" zu gewinnen. Gesellschaftliche Bedingungen und die Wirtschaftlichkeit standen stets im Vordergrund bei Benennung der o. g. Maßnahmen. Um insbesondere die Wirtschaftlichkeit bei Austausch technischer Bauteile zu wahren, müssen in den folgenden Ausführungsschritten sämtliche Alterstrukturdaten auf die einzelnen Anlagen übertragen werden. Mit der Ermittlung von Investitionskonsequenzen und in Abstimmungen mit den heute gegebenen Vertragsmöglichkeiten kann der Umbau beginnen.

» Empfehlungen wurden abgewogen und unter Prämissen der Wirtschaftlichkeit gestellt, die es im Ausführungsprozess zu konkretisieren gilt.

» Für die Voraussetzungen in Castrop-Rauxel sind die Einsparpotenziale in heutiger praktikabler Sicht abschließend zu betrachten. Von vermeintlichen Potenzialen ist abzuraten.

Die gezeigten Potenziale der Energie- und Kosteneinsparung, die sich auf technische und betriebsorganisatorische Sachverhalte beziehen, sind für die gegebenen Voraussetzungen der Stadt Castrop-Rauxel in heutiger praktikabler Sicht abschließend zu betrachten. Von scheinbaren Einsparpotenzialen ist abzuraten. Konkret heißt dies, dass z. B. von der Abschaltung jeder zweiten Leuchtstelle oder einer deutlichen Veränderung der Ein- und Ausschaltzeiten ausdrücklich abgesehen werden sollte. Diese, in anderen Kommunen durchaus praktizierten Maßnahmen stehen in keinem Verhältnis zu den sich dadurch öffnenden Risiken. Insofern zeigen die geführten Abwägungen entlang umfassender Zeit- und Raumanalysen die bestmöglichen Einsparpotenziale unter Berücksichtigung geringster Einschränkungen, Risiken oder auch Investitionen.

» Die Norm sollte in gegebenem Maße anerkannt, jedoch nicht überbewertet werden. Für Castrop-Rauxel ergibt sich die Möglichkeit zur Festlegung Beleuchtungsniveaus, das in den vergangenen Jahrzehnten erprobt und bestätigt wurde.

» Straßenbeleuchtung darf nicht nur auf monetäre Einsparungsaspekte reduziert werden. Sofern die Schadstoffbilanz verbessert werden soll, ist der Strombezug zu ändern.

» Künstliches Licht beeinträchtigt auch das Wohlbefinden von Menschen und wirkt schädlich auf nachtaktive Tiere. Dies ist ein Handlungsfeld, das berücksichtigt werden sollte.

» Konzept und Rahmenplan unterstützen die langfristige Umsetzung in unterschiedlicher Weise. Der Prozess ist fortschreibungs- und entwicklungsfähig.

Licht und Beleuchtung darf jedoch nicht auf Fragen des Energieverbrauchs verkürzt werden. Das Ziel ist ein ausreichendes Lichtniveau unter geringsten Verbrauchswerten. Das Prädikat "ausreichend" hierbei an gegebener Normung abzutragen, wäre ebenfalls verkürzt. Die wenigsten Straßen in Castrop-Rauxel – so wie in der gesamten Bundesrepublik – entsprechen auch nur annähernd den normierten Beleuchtungsmerkmalen. Wäre diese Planungshilfe ausschließliches Kriterium für die Ausführung, müsste das Lichtaufkommen der Stadt deutlich erhöht werden, was gleichsam eine Erhöhung der Kosten bedeuten würde und zudem ökologisch bedenklich wäre. Zwar darf der Wert der Norm anerkannt, jedoch nicht überbewertet werden. Für Castrop-Rauxel ergibt sich die Möglichkeit zur Festlegung eines ausgewogenen Beleuchtungsniveaus, das in den vergangenen Jahrzehnten erprobt und bestätigt wurde. Als Richtschnur für die qualitative Weiterentwicklung der Lichtstruktur dienen vorhandene Beispiele, die mithilfe zusätzlicher Qualitätskriterien vervollständigt werden können – das Konzept zur Lichtstruktur benennt hierfür Kennwerte und liefert Planungshilfen. Damit wird die Straßenbeleuchtung nicht auf einen Handlungsbereich reduziert, der rein auf Einsparung bei vermeintlicher Einhaltung etwaiger Normierung fokussiert. Licht ist auf der einen Seite ein wichtiger Bestandteil, der zur Lebensqualität in der Stadt beitragen kann, auf der anderen Seite jedoch auch mit Emissionen und umweltwirksamen Belastungen verbunden ist. Sofern hierbei die Anteile klimaschädigender Emissionen und anhaltend kritischer Rückstände im Vordergrund stehen, ist der Strombezug zu ändern. Bezogen auf den Lebenszyklus der Leuchten ist der Betrieb der Anlagen – das heißt die vorausgehende Stromproduktion – für die meisten Belastungen verantwortlich.

Letztlich bedeutet ein nachhaltiger Umgang mit der Straßenbeleuchtung auch, sich der beeinträchtigenden und schädigenden Wirkungen von Licht bewusst zu werden. Straßenbeleuchtung, die ihre räumliche Umgebung ignoriert und auf intendierte Wegeaufhellung beschränkt wird, missachtet den Dunkelbedarf der anliegenden Bürgerinnen und Bürger. Zudem sind Vögel, Froschlurche und Insekten durch Straßenbeleuchtung bedroht. Letztere sind ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems, sodass Beeinflussungen nicht nur auf Arten und deren Population zu beschränken sind, sondern es gesamtökologische Konsequenzen anzuerkennen gilt. Über die Verortung entsprechend bedenklicher Leuchten ist es der Stadt nunmehr möglich, Anpassungen vorzunehmen und den Bestand systematisch zu überarbeiten.

Konzept und Rahmenplanung der Lichtstruktur konzentrieren sämtliche Abwägungen und Empfehlungen der Gesamtuntersuchung. Für den Umgang mit dem heutigen und zukünftigen Bestand dienen drei Bausteine: Sie befassen sich mit der kurz- und mittelfristigen Optimierung, mit der zukünftigen Perspektive in licht- und betriebsorganisatorischer Hinsicht sowie einem ausführungsbegleitenden Katalog der öffentlichen Straßenbeleuchtung. Konzept und Rahmenplan haben den Anspruch fortschreibungs- und entwicklungsfähig zu bleiben. Somit ist die hier vorgelegte Unterlage im Rahmen sämtlicher Daten zu sehen, die den langfristigen Umsetzungsprozess begleiten und die die Informationslage über die Infrastruktur erstmalig systematisch zugänglich machen. Sachdaten und ihre räumliche Verortung sollten als Instrument für zukünftige Berechnungen, räumliche Maßnahmenentscheidungen oder konstante Infrastrukturfürsorge genutzt werden.

b.2 Technik und Betrieb

2.1 System der öffentlichen Straßenbeleuchtung	9
Vertragsverhältnis und Bewirtschaftung	9
Leuchtstellen	10
Lichttechnische Eigenschaften der Leuchten	16
Leuchtenträger und -höhen	20
Altersstruktur	22
Betriebsart	22
Leuchtmittel	24
Lichttechnische Eigenschaften der Leuchtmittel	26
Vorschaltgeräte	28
Energie- und Betriebskosten	28
Umweltwirksame Belastungen I	31
Umweltwirksame Belastungen II	31
Umweltwirksame Belastungen III	34
2.2 Zusammenfassung, Bewertung und Empfehlungen	36
2.2.1 Zusammenfassung	36
2.2.2 Bewertung und Maßnahmenempfehlungen	37
2.2.3 Fazit	65

» Zunächst werden die Komponenten der technischen Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung betrachtet, danach die Komponenten der raumorganisatorischen Effizienzsteigerung bzw. Qualitätsverbesserung.

2 Technik und Betrieb

Ausgangspunkt der zukünftigen Lichtstruktur soll der auf das Zielsystem bezogene Bestand sein.⁰¹⁾ Um den Zielen der Lichtstruktur dabei gerecht werden zu können, wird das System der öffentlichen Straßenbeleuchtung zunächst technisch und betriebswirtschaftlich, d. h. unter reduziertem Bezug zu ihren räumlichen Standorten analysiert. Für die Beurteilung der Lichtwirkung im Stadt- und Naturbereich werden darauf folgend die relevanten Raum- und Zeitebenen von Castrop-Rauxel genutzt, um die Lichtwirkung im synthetischen Zusammenschluss genauer bestimmen zu können.

2.1 System der öffentlichen Straßenbeleuchtung⁰²⁾

Soweit es die primäre Quellenlage zuließ⁰³⁾ wurden bei der Untersuchung der öffentlichen Straßenbeleuchtung sämtliche Informationen zu Leuchtstellen, Lampen, Stromverbräuchen und Betriebskosten zugrunde gelegt. Mit einem Zusammenschluss von Datenbankinformationen, einer Korrektur von Redundanzen und der möglichen Vervollständigung von Informationen durch Ortsbegutachtungen erfolgte die Auswertung.⁰⁴⁾

a) Vertragsverhältnis und Bewirtschaftung

Die Straßenbeleuchtung wurde mit der ersten Vertragsfassung von 1981 zunächst von den "Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalen AG" (VEW) bewirtschaftet. Nach der Firmenfusionierung im Jahr 2000 hat dies die "RWE Deutschland AG" übernommen.⁰⁵⁾ Der grundlegende Vertrag behält – einschließlich nachträglicher Änderungen – folgende, hier relevante Kernaussagen:⁰⁶⁾

- Erstellung, Änderung, Betrieb und Instandsetzung sind ausschließlich dem Unternehmen übertragen worden.
- Die Straßenbeleuchtungsanlagen bestehen aus den Leuchtstellen mit zugehörigen Netz- und Schaltanlagen.
- Die Kosten für den Anlagenbau (Leuchtstelle, Baukostenzuschuss und Abnehmerbeitrag Netz- und Schaltanlagen) trägt die Stadt. Die einmalige Beteiligung des Unternehmens hieran beträgt das Vierfache der jährlichen Energiekosten der Leuchtstelle.
- Die Anlage geht nach Errichtung in das Eigentum des Unternehmens über.
- Öffentlich-rechtliche Verpflichtungen, die im Rahmen der Beleuchtung entstehen, verbleiben bei der Stadt.
- Art und Umfang der Beleuchtung wird von der Stadt bestimmt.
- Leuchtstellentypen unterstehen dem Angebot des Unternehmens.
- Planung und Erstellung werden gemeinsam von Stadt und Unternehmen durchgeführt.
- Erstellung und Änderung unterstehen einer schriftlichen Vereinbarung über technische und wirtschaftliche Bedingungen.
- Durch die Stadt veranlasste Änderungen oder Umlegungen werden finanziell von der Stadt getragen.
- Schäden, die infolge mutwilliger Zerstörung oder durch Verkehrsunfälle entstanden sind, übernimmt das Unternehmen.

01) Siehe hierzu Gliederungsteil: a.1 – Pkt. 1.4

02) Die Auswertung beschränkt sich auf den Bereich der Verbrauchsanlagen bestehend aus Leuchtenträger, Leuchte, Vorschaltgeräte und Lampe (Leuchtmittel).

03) Sach- und Positionsdaten der RWE Deutschland AG – Stand September 2010 – sowie Informationsgespräche mit Vertretern des Stadtbetrieb EUV und RWE. Zusätzlich wurde der Bericht der Gemeindeprüfanstalt NRW (2010) eingesehen.

04) Um die Lesbarkeit zu verbessern und aufgrund der Datenlage werden hier Circa-Angaben geführt, bei denen die Werte vorrangig gerundet dargestellt sind.

05) Im Weiteren auch "Betreiber" oder "Dienstleister" genannt.

06) Genaue Wortlaute sind dem Vertrag resp. den Änderungsklauseln zu entnehmen.

- Die Jahresleuchtdauer wird entlang eines Leuchtstundenkalenders auf etwa 3950 Stunden orientiert.
- Die Laufzeit des Straßenbeleuchtungsvertrages steht in Verbindung mit dem Strom-Konzessionsvertrag.
- Mit der Kündigung des Straßenbeleuchtungsvertrages ist die Stadt auf Verlangen des Unternehmens verpflichtet, die Straßenbeleuchtungsanlage zu übernehmen. Der Kaufpreis richtet sich dann nach Sachzeitwert der Anlage; die Leuchtstellen werden unentgeltlich übereignet.
- Müssen aufgrund von Änderungsmaßnahmen Leuchtstellen vor Ende ihrer technischen Lebensdauer ersetzt werden, beteiligt sich das Unternehmen in Abhängigkeit der Lebensdauer an den Änderungskosten mit 12 % des Wiederbeschaffungswertes nach 10 Jahren Standzeit, 33 % nach 20 Jahren und 100 % nach 35 und mehr Jahren. Bei Wiederverwendung der Leuchtstellen im Stadtgebiet, trägt die Stadt sämtliche Kosten.

Der Leistungsumfang umfasst die Stromversorgung der Anlagen sowie Betrieb und Instandhaltung. Hierunter fallen folgende Aspekte beim "Betrieb":

- Arbeitsvorbereitungen (Dokumentation)
- Schalten der Anlagen
- Ausästen von Bäumen (Sicherheit der Anlage)
- Arbeitsabwicklung und -überwachung gemäß Richtlinien

Folgende Aspekte beinhaltet die "Instandhaltung":

- Inspektion mit elektrotechnischer Kontrolle und Dokumentation
- Instandsetzung zur Wiederherstellung des Sollzustands
- Wartung zur Bewahrung des Sollzustands mit:
 - Anstrich alle zehn Jahre
 - Leuchtenreinigung alle drei Jahre
 - Lampenersatz alle drei Jahre (einschl. Entsorgung)
 - Turnusmäßige Kontrolle sechs Mal im Jahr
 - Unterschiedliche Inspektionen und Störungsbeseitigungen

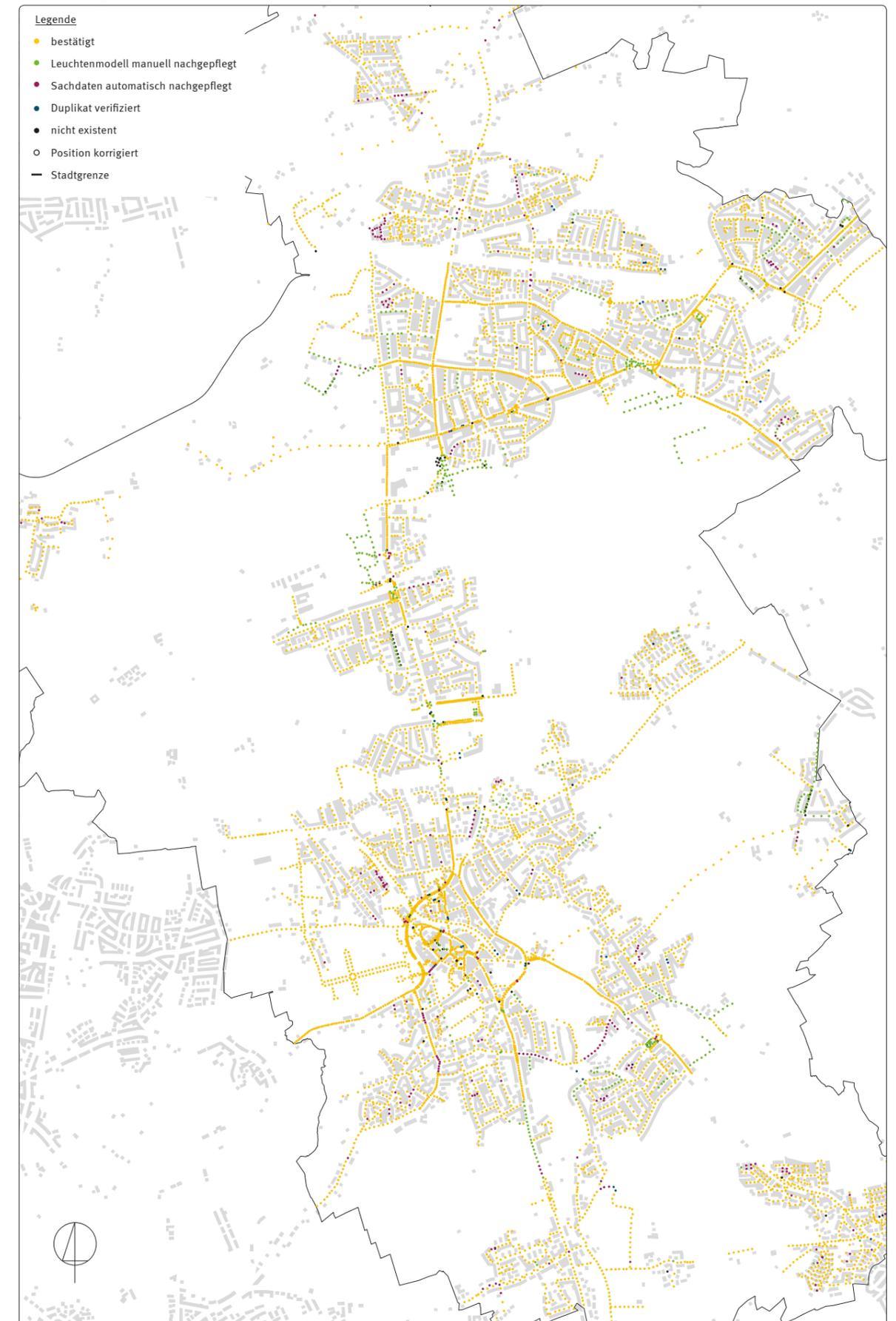
b) Leuchtstellen

Die ursprüngliche Dokumentation des Betreibers zeigte ca. 8320 Datensätze zu Leuchtstellen⁰⁷⁾ in einer Sachdatentabelle; die parallel zur Verfügung gestellten Geodaten gaben dagegen Aufschluss über ca. 8390 im Stadtgebiet verortete Leuchtstellen.⁰⁸⁾ Maßgeblich aufgrund nicht vorhandener Identifikationsnummern ergab die Verknüpfung der Sach- mit den Geodaten, dass ca. 810 Leuchtstellen nicht zugeordnet werden konnten – zudem waren ca. 110 Duplikate vorhanden. Um die mehr als zehnprozentige Ungenauigkeit zu minimieren, wurden 330 der 810 nicht automatisiert zugeordneten Leuchtstellen manuell nachgepflegt. Eine stadtweite Begutachtung sämtlicher Leuchtstellen im Frühjahr 2011 ergab daran anschließend, dass 63 bisher nicht erfasste Leuchtstellen zur Dokumentation hinzugefügt werden konnten. 106 dokumentierte Leuchtstellen waren im Feld hingegen nicht auffindbar und wurden somit aus der Grundgesamtheit gelöscht. Die Verknüpfung, manuelle Überarbeitung und Ortsbegehung ergab damit eine hier nutzbare Datengrundlage mit 8345 Leuchtstellen. Hiervon bleiben 537 in ihren Sachinformationen immer noch "unbekannt".⁰⁹⁾

07) Auch als "Brennstelle" bezeichnet. Der geführte Begriff "Leuchte" bezieht sich hierbei auf den Geräteteil, der die/das Leuchtmittel/Lampe trägt.

08) In geringen Mengen incl. Fußgängerunterführungsleuchten oder Strahler.

09) Siehe Abbildung // 2.1 zur ersten Übersicht. Größere Karten im Anhang oder GIS.



2.1 // Verifikation der Datengrundlage



2.2 // Variante: HELLUX 300(LRF), 301(LRB), 305

In der Summe dieser Leuchtstellen lassen sich ca. 63 Variationen unterscheiden.¹⁰⁾ Sie sind vorrangig mit einem Kopf bestückt – ca. 230 Leuchtstellen besitzen zwei und elf Leuchtstellen drei Köpfe. Entlang der statistischen Auswertung prägen sich die jeweiligen Leuchtstellenvariationen wie folgt aus:

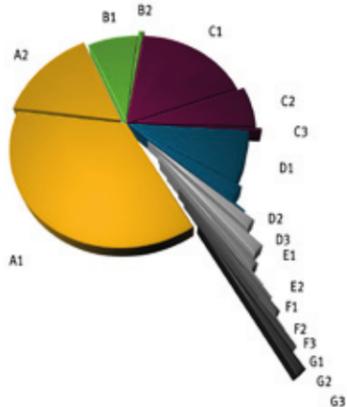
1. HELLUX LRF 300	24	%
2. AEG-LT	10	%
3. TRILUX 9352	8	%
4. HELLUX 305	7	%
5. "unbekannt"	6	%
6. SITECO 5NA1712	6	%
7. BEGA 9997	6	%
8. TRILUX 9322	5	%
9. alle weiteren	jeweils < 5	%



2.3 // Variante: TRILUX 9322, 9351, 9352, 9362

Die strikt nominelle Unterscheidung kann unter vernachlässigter Differenzierung von Modellreihen einzelner Hersteller, Produktdimensionen, Konstruktionsgenerationen, Anzahl der Köpfe auf einer Brennstelle usw. zusammengefasst werden, so dass sich die Variationsbreite auf ca. 27 unterschiedliche Arten von Leuchtstellen verkürzen lässt. Bei zahlenmäßig 11 unterschiedlichen Herstellern kann die Variationsbreite auf 13 Ausführungslinien weiter reduziert werden, sofern Anteile an der Grundgesamtheit unter 0,5 %¹¹⁾ vernachlässigt werden. Statistisch aggregiert zeigen sich folgende Ausführungslinien:

1. HELLUX 300(LRF), 301(LRB), 305 ¹²⁾	37	%
2. TRILUX 9322, 9351, 9352, 9362 ¹³⁾	15	%
3. AEG-LT	10	%
4. "unbekannt"	6	%
5. TRILUX 9811, 9812, 9821, 9822	6	%
6. BEGA 9997	6	%
7. SITECO 5NA1712	6	%
8. TRILUX 9711, 9721	4	%
9. SCHUCH/1054722	2	%
10. TRILUX 9901, 9902	2	%
11. BEGA 8881, 8882	1	%
12. RADEMACHER Ronda	1	%
13. HESS Novara ML, SL	0,5	%
14. alle weiteren	jeweils < 0,5	%



2.5 // Leuchtstellenanteile nach KGR-System

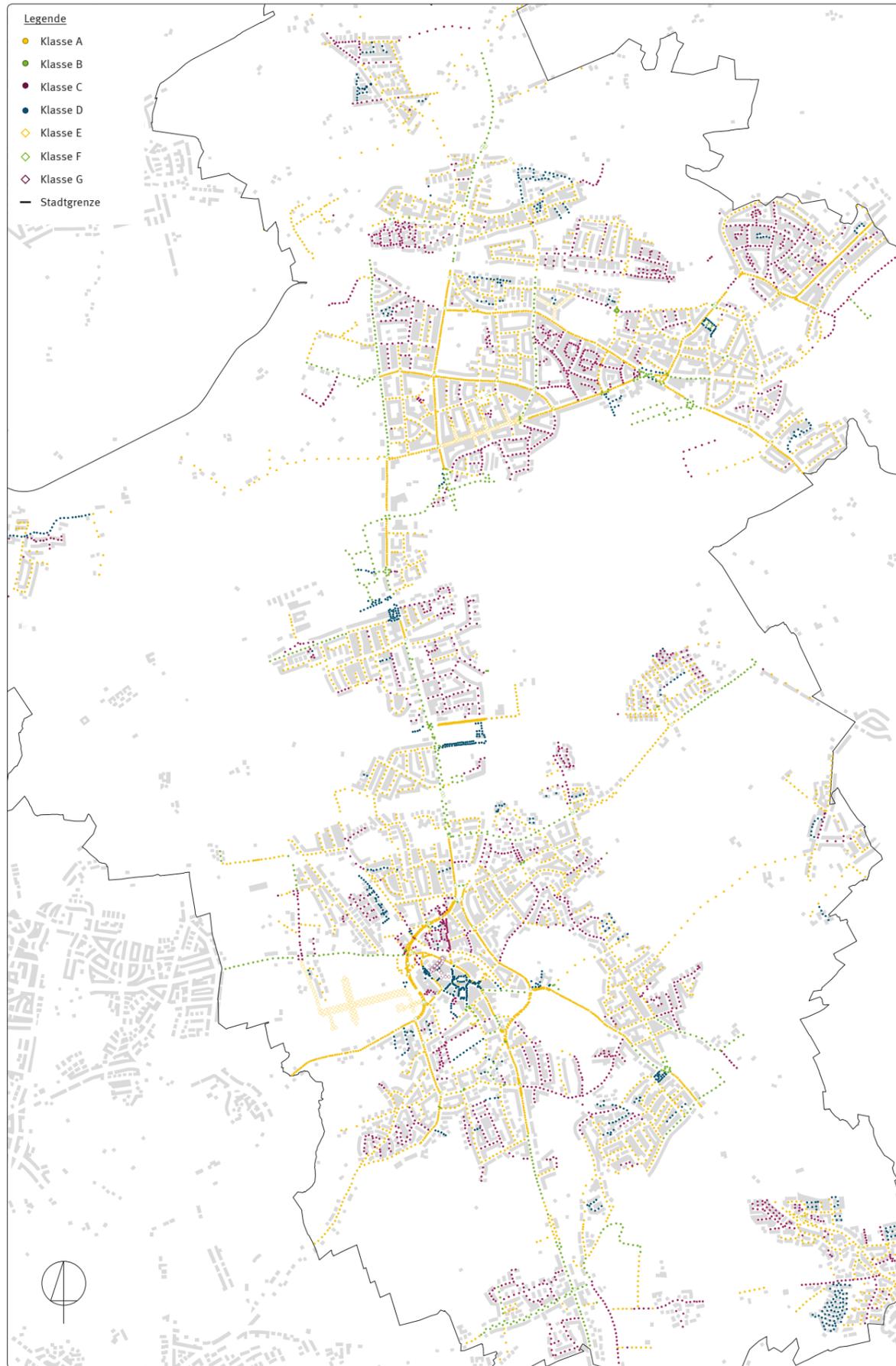
Für eine annäherungsweise Identifizierung der "unbekannten" Leuchtstellen wurden rudimentäre, nicht-technische Merkmale vor Ort erfasst, um einen weiteren Umgang zu ermöglichen. Zur Kommunikation und für die weitere Planung wurde hierfür eine fortschreibungsfähige Ordnungssystematik entwickelt, die die Leuchtstellen in "Klassen", "Gruppen" und "Reihen" einteilt. Hiermit wurde es möglich, dass lediglich 83 Leuchtstellen faktisch "unbekannt" bleiben.¹⁴⁾ Das "KGR-System" unterteilt nach:

- KLASSE**, die nach Funktion und Anspruch unterscheidet.
- GRUPPE**, die Gemeinsamkeiten in einer Klasse zusammenfasst.
- REIHE**, die weitere Gemeinsamkeiten einer Gruppe eingliedert.¹⁵⁾

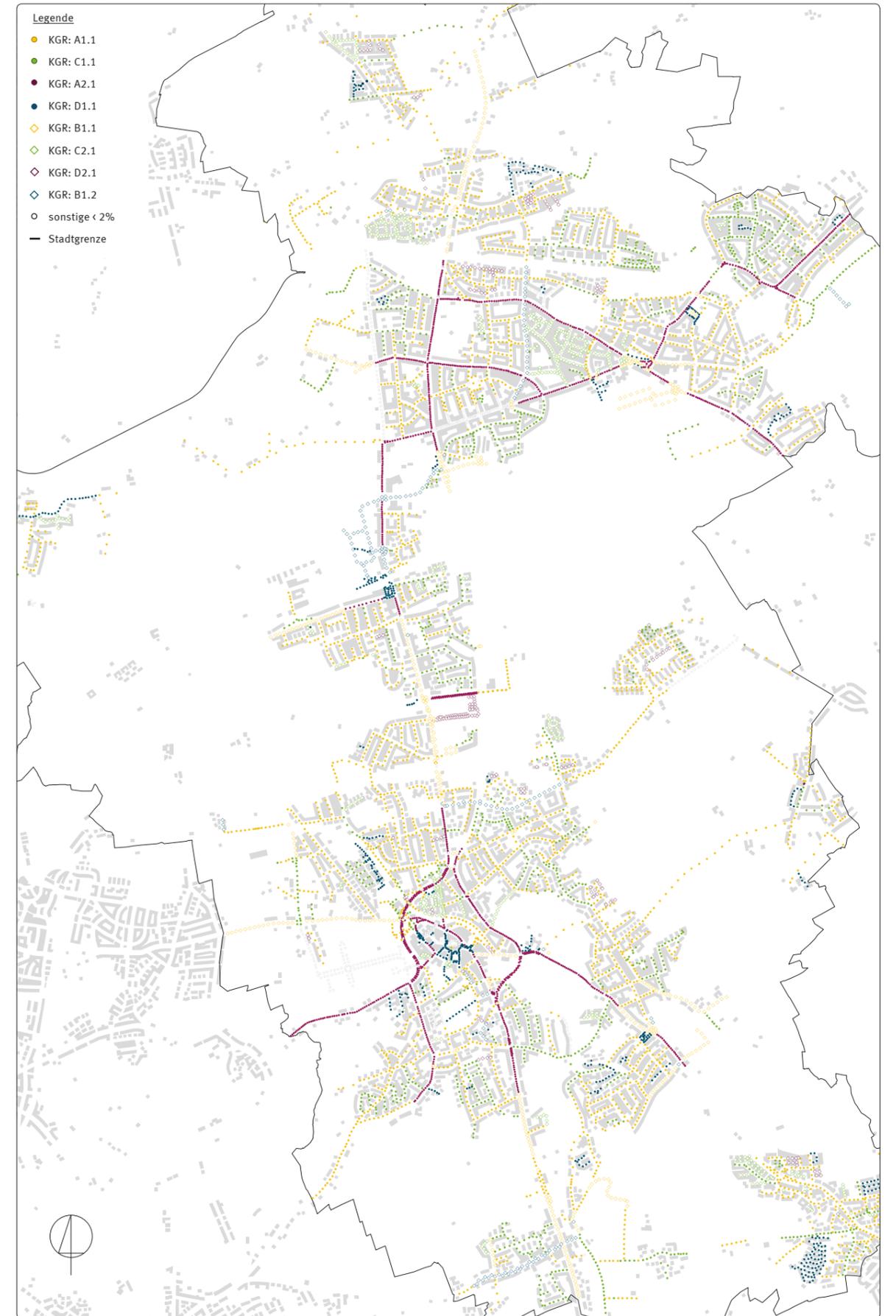
10) Variablen: Hersteller, Anzahl Leuchten, Dimensionierung, Konstruktionsart usw.
 11) 0,5% = ca. 42 Brennstellen
 12) Siehe Abbildung // 2.2
 13) Siehe Abbildung // 2.3
 14) 1% der Grundgesamtheit; technische Informationen bleiben ausgenommen.
 15) Siehe Abbildung // 2.4, statistische Auswertung Abbildung // 2.5 und räumliche Verteilungen in den Abbildungen // 2.6 und // 2.7

	GRUPPE 1		GRUPPE 2		GRUPPE 3
	REIHE 1	REIHE 2	REIHE 1	REIHE 2	REIHE 1
KLASSE A 52% Langfeldleuchten	36% 		16% 		
KLASSE B 9% Funktionale An- und Aufsatzleuchten	6% 	2% 	1% 		
KLASSE C 24% Runde oder kugelförmige Auf- und Aufsatzleuchten	17% 		6% 	0,5% 	0,5%
KLASSE D 10% Rotationssymmetrische Aufsatzleuchten	7,5% 	0,1% 	2% 		0,01%
KLASSE E 2,5% Gestalterische Auslegerleuchten	1% 	0,2% 	1,3% 		
KLASSE F 1,0% Funktionale Sonderleuchten	0,8% 		0,1% 		0,08%
KLASSE G 0,5% Gestalterische Sonderleuchten	0,5% 		0,07% 		0,06%

2.4 // Leuchtstellen nach KGR-System



2.6 // Verteilung der Leuchtstellen nach KGR-System; hier nur Klassen



2.7 // Verteilung der Leuchtstellen nach KGR-System; hier nur Anteile > 2%

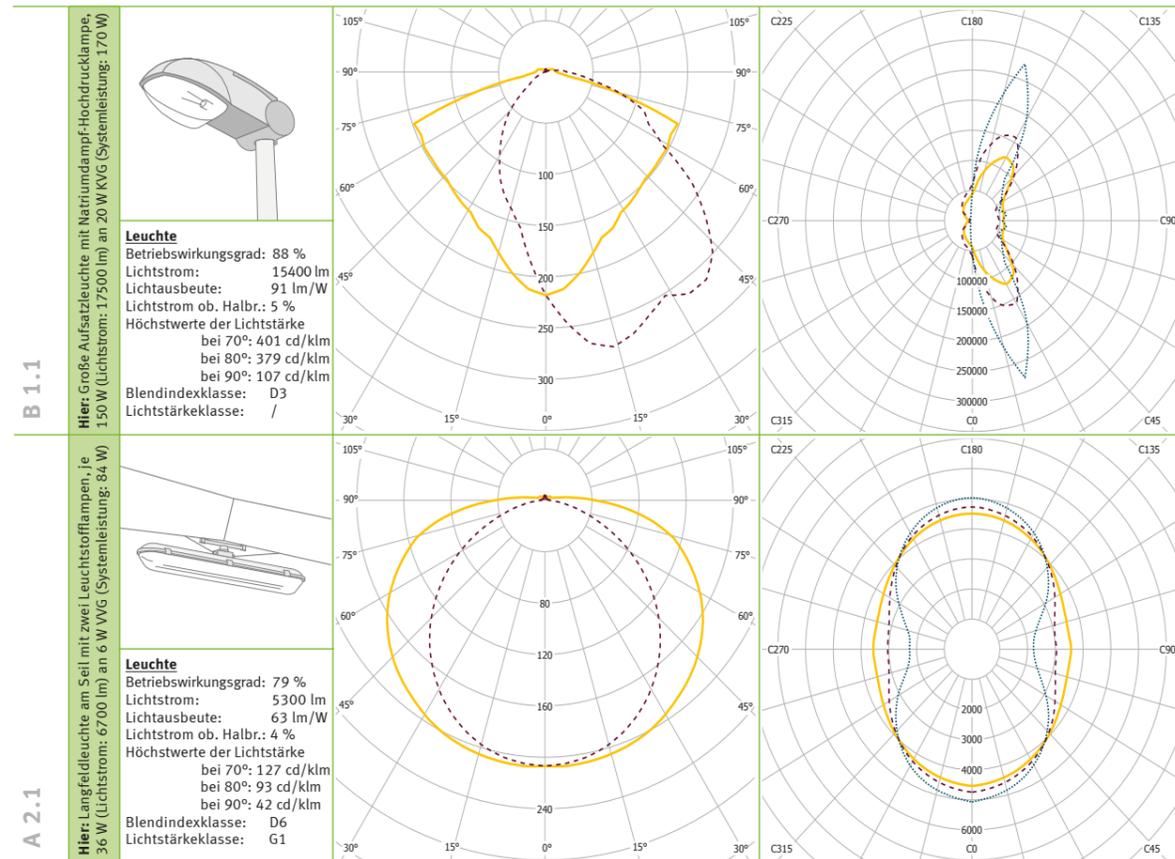
+

Begriffe
Lichtstrom: Benennt auf Grundlage der spektralen Empfindlichkeit des Auges die gesamte von einer Lichtquelle abgegebene Lichtleistung in Lumen – lm
Lichtstärke: Teil des Lichtstroms, der in eine bestimmte Richtung strahlt in Candela – cd
Beleuchtungsstärke: Das Verhältnis des auf eine Fläche fallenden Lichtstroms zur Größe dieser Fläche in Lux – lx
Leuchtdichte: Helligkeitseindruck einer beleuchteten oder leuchtenden Fläche in Candela pro Quadratmeter – cd/m²
Lichtausbeute: Quotient aus abgestrahltem Lichtstrom einer Lampe und aufgenommener elektrischer Leistung in Lumen pro Watt – lm/W
Betriebswirkungsgrad: Benennt das Verhältnis des von einer Leuchte abgegebenen Lichtstroms zum Lichtstrom der verwendeten Lampen in Prozent – %
ULOR: Anteil des nach oben (in den oberen Leuchten-Halbraum) abgestrahlten Lichtstroms der Leuchte in Prozent – %

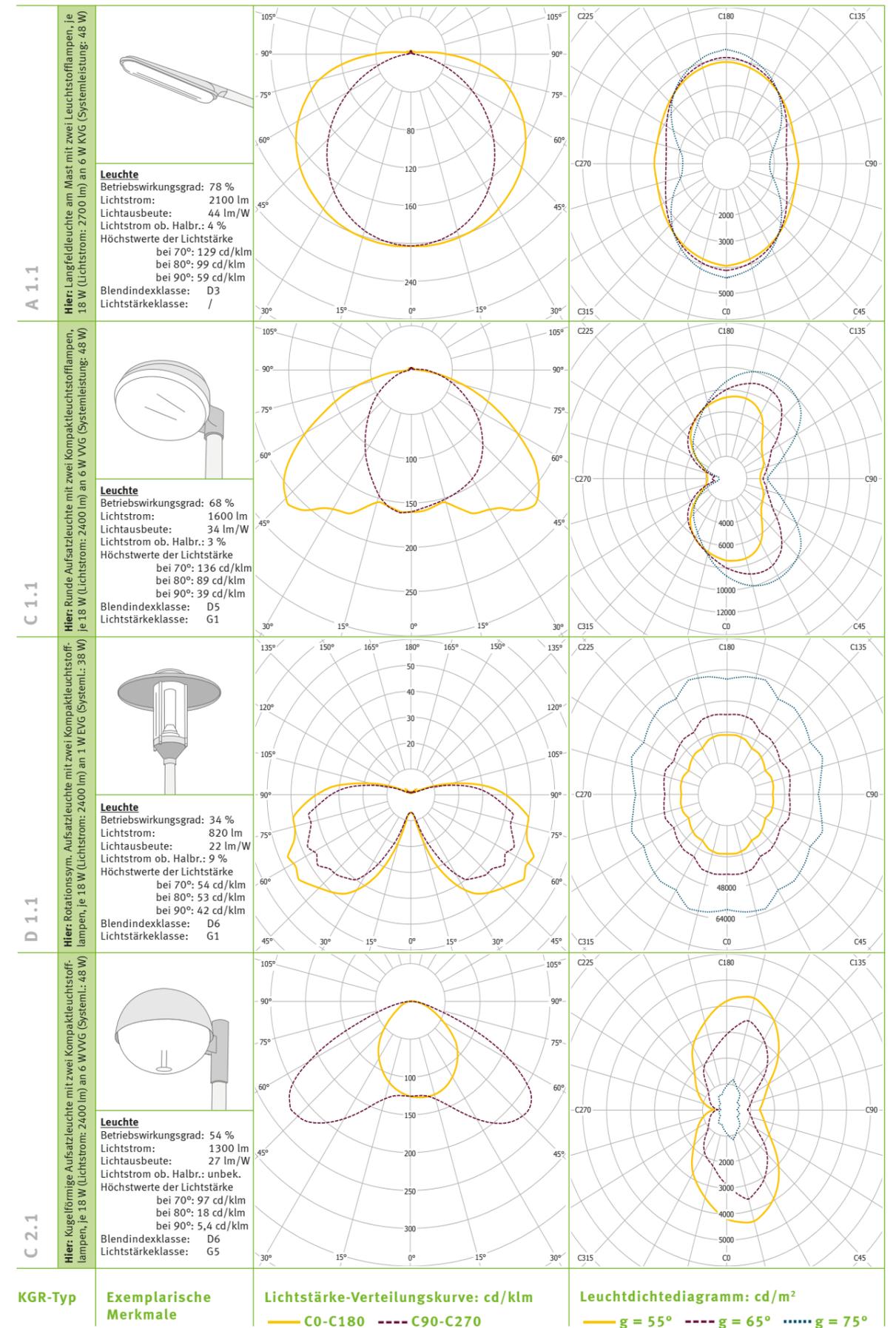
c) Lichttechnische Eigenschaften der Leuchten
 Bei der Lenkung des Lampenlichtstroms (+) auf die jeweiligen Nutzflächen der Umgebung – bei gleichzeitiger Vermeidung von Blendung und unbrauchbarem Streulicht – bestimmen die lichttechnisch wirksamen Bauteile aus Reflektor, Abdeckung und Lampen¹⁶⁾ in Art und Anordnung die Wirksamkeit und Effizienz der Anlage. Zur Einordnung der in Castrop-Rauxel vermehrt eingesetzten Leuchtentypen¹⁷⁾ werden hier Eigenschaften exemplarisch und annäherungsweise skizziert.¹⁸⁾ Zur Einordnung dienen die Angaben:

- zum Betriebswirkungsgrad als Verhältnis des von der Leuchte abgegebenen Lichtstroms zum Lichtstrom der Lampen;¹⁹⁾
- zum daraus resultierenden Lichtstrom der Leuchte und der Lichtausbeute unter Berücksichtigung der Systemleistung;
- zur Verteilung des Lichtstroms in den oberen Halbraum als "ULOR";²⁰⁾
- zu Höchstwerten der Lichtstärke unter 70°, 80° und 90°;
- zur räumlichen Lichtstärkeverteilung (C0-C180 = quer zur Leuchtenachse und C90-C270 = längs zur Leuchtenachse);
- zur Leuchtdichte unter den Blickwinkeln 55°, 65° und 75°
- und zur Einstufung der Blendindex- und Lichtstärkeklasse.

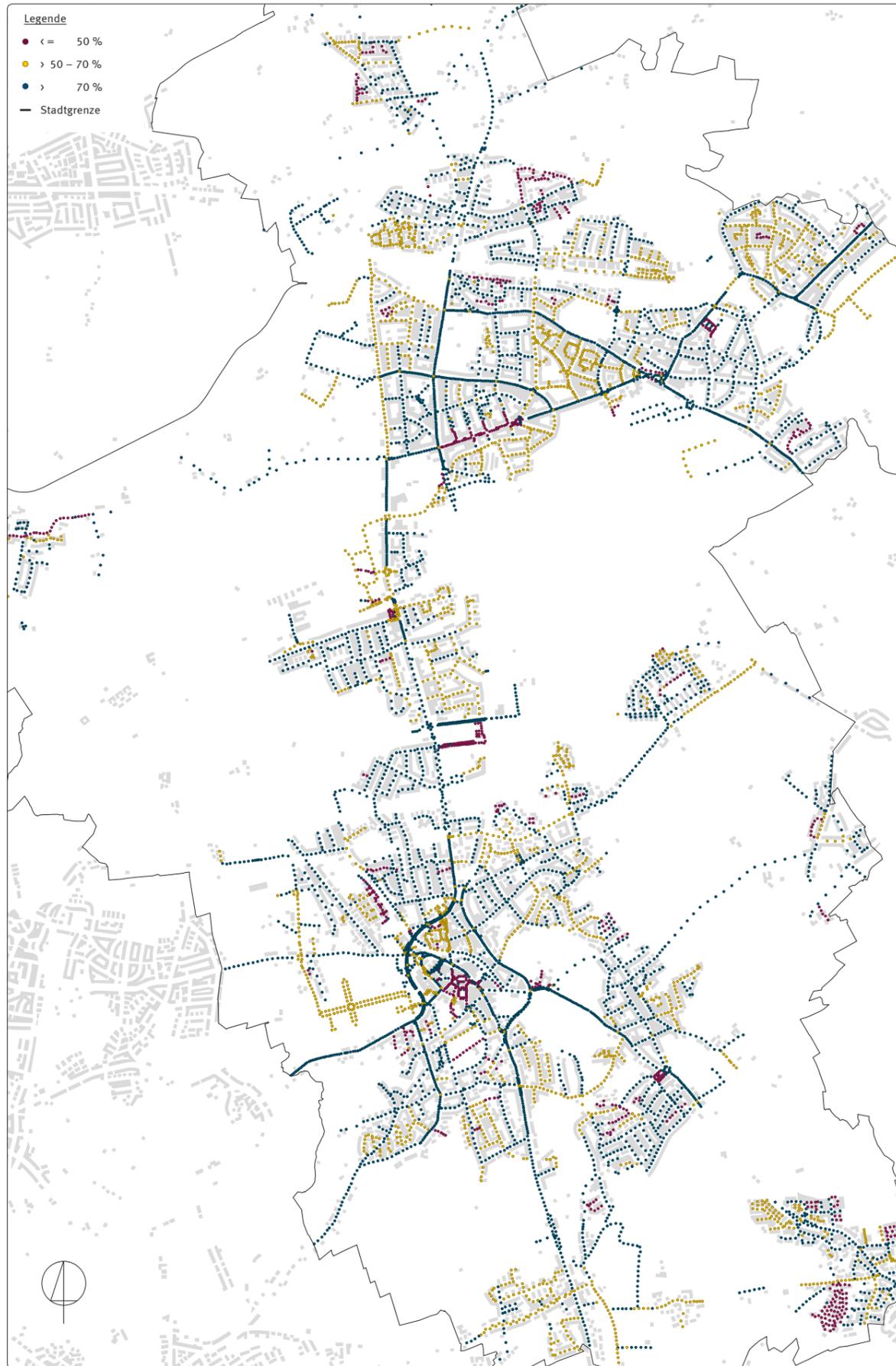
16) Im Weiteren auch "Leuchtmittel" genannt.
 17) Leuchten nach KGR-System mit einem Anteil am Gesamtbestand von mehr als 5%
 18) Da für den vorrangig älteren Anlagenbestand nur wenige lichttechnische Informationen vorliegen, ist die hier geführte Annäherung exemplarisch zu lesen. Die Angaben stützen sich auf heute erhältliche Produkte [b1]. D. h., dass die im Stadtgebiet eingesetzten Leuchten von den hier geführten Angaben abweichen können – aufgrund des technolog. Fortschritts eher zum Nachteil des Bestands.
 19) Siehe Abbildung // 2.9
 20) "Upward Light Output Ratio", siehe Abbildung // 2.10



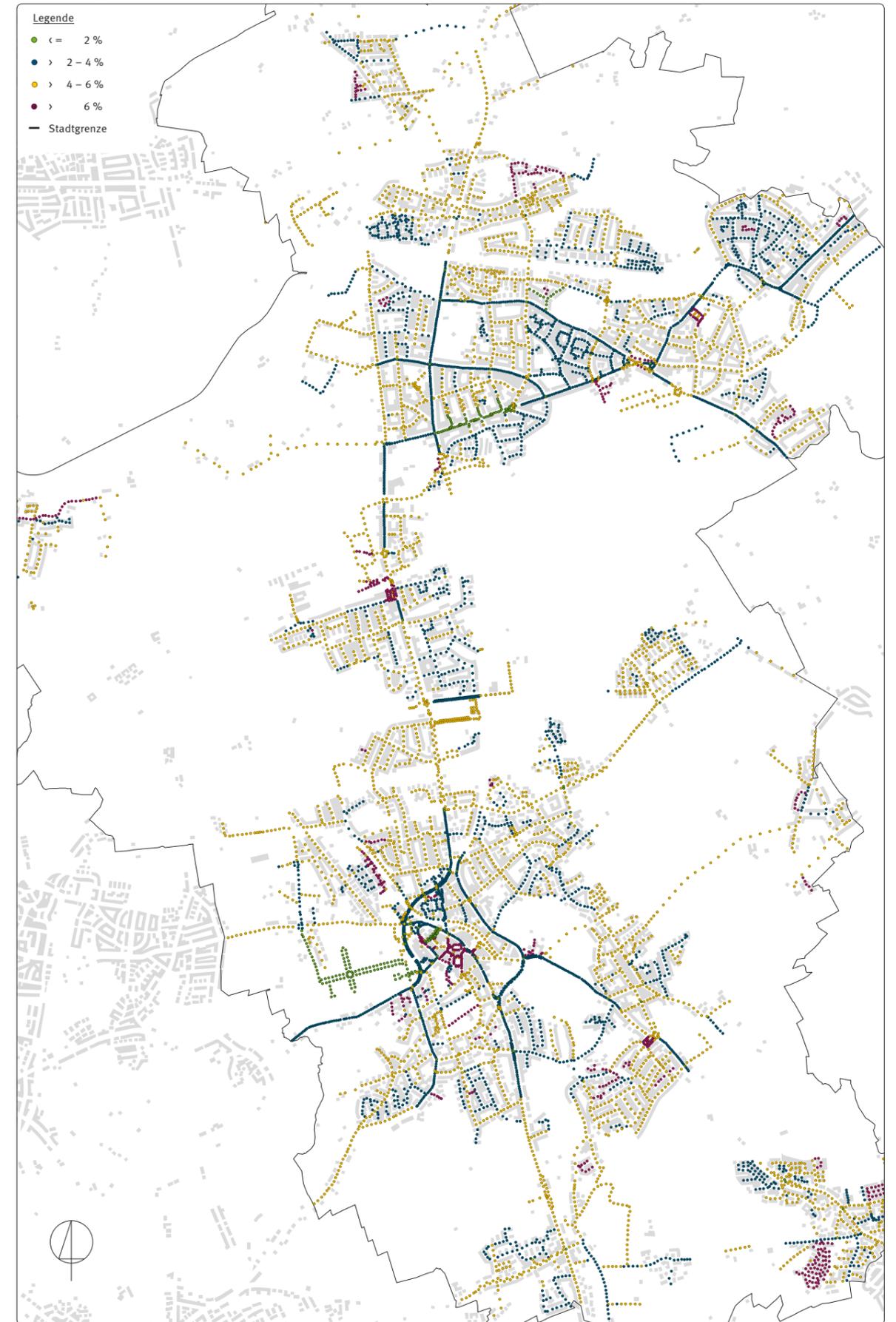
2.8 // Exemplarische Licht- und Betriebscharakteristik der häufigsten Leuchten nach KGR-System



KGR-Typ Exemplarische Merkmale Lichtstärke-Verteilungskurve: cd/klm Leuchtdichtediagramm: cd/m²
 — C0-C180 - - - C90-C270 — g = 55° - - - g = 65° g = 75°



2.9 // Verteilung der Leuchtstellen nach Betriebswirkungsgrad



2.10 // Verteilung der Leuchtstellen nach abgegebenem Lichtstrom im oberen Halbraum der Leuchte / ULOR

d) Leuchenträger und -höhen

Die dargestellten Träger und ihre Höhen folgen hier den angesetzten Abrechnungspauschalen; d. h., dass die tatsächlichen Höhen von den geführten Angaben abweichen. Für die weitere Bearbeitung sind die genauen Höhen nicht relevant und werden vernachlässigt. Die dargestellten Klammerwerte zeigen die Entwicklungen zum Vergleichsjahr 2002.

1. Mastleuchte bis 6m,	1-fach	59	% (+ 2 %)
2. Seilleuchte		16	% (- 6 %)
3. Mastleuchte 6 bis 9m,	1-fach	10	% (+ 1 %)
4. "unbekannt"		7	%
5. Auslegerleuchte	1-fach	4	% (- 2 %)
6. alle weiteren	jeweils < 2		%

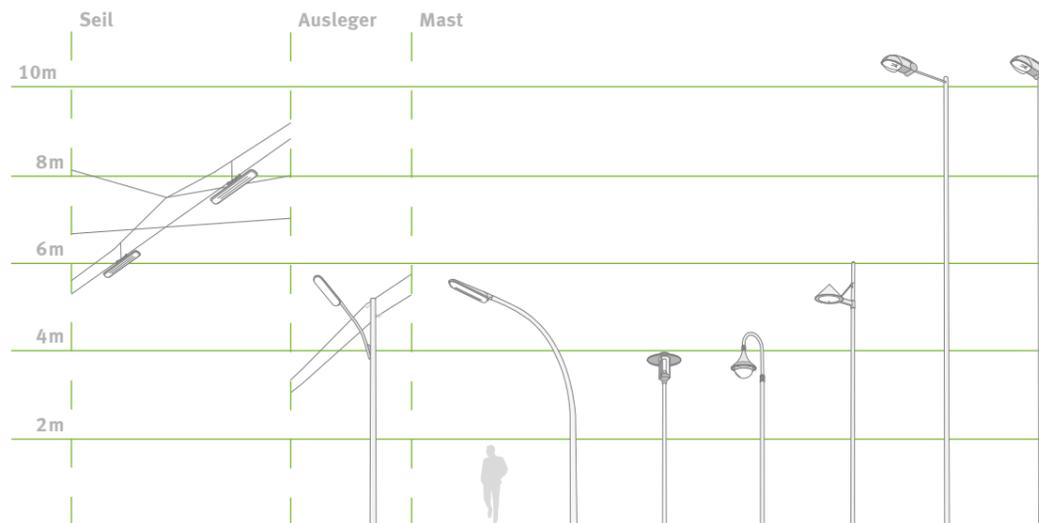
In Kategorien zusammengefasst zeigen sich:

1. Mast	73	%
2. Seil	16	%
3. Ausleger	4	%

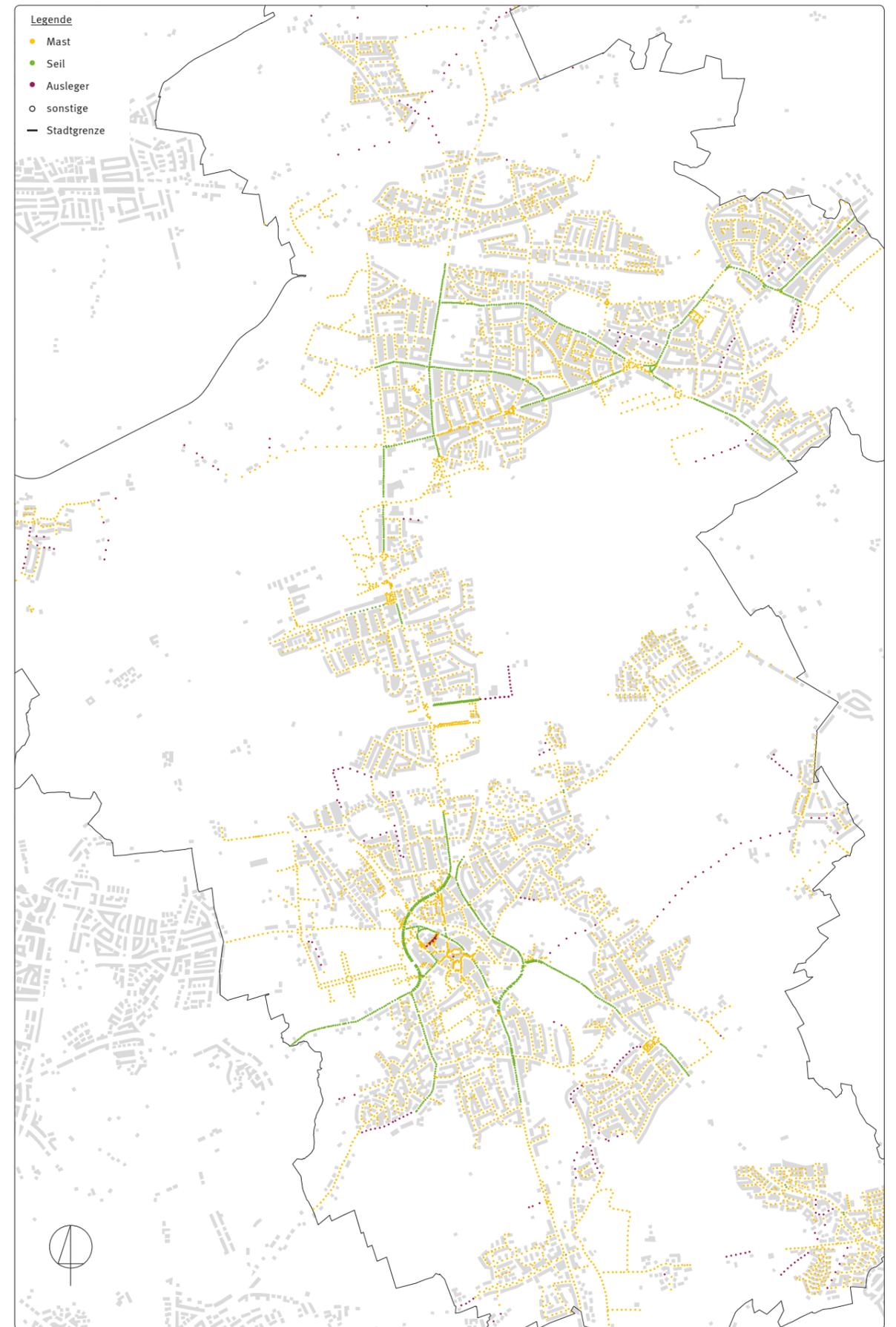
Die Kategorie "Mast" besteht maßgeblich aus Stahlrohrmaste in gerader oder gebogener Form. Die Informationsgrundlage führt dabei keine Aussagen über die genaue Form, wobei das KGR-System den Rückschluss zulässt, dass die sog. "Peitschenform" bei Neuplanungen nicht mehr ausgeführt wird und noch auf ca. 36 % der Anlagen zutrifft (KGR A1.1). Wenige Maste sind dekorativ ausgeführt – vorrangig die Klasse E mit einem Anteil von ca. 2,5 %. Neuere Anlagen sind mit einem geraden Mast ausgeführt, wobei in Situationen mit hochwachsendem Straßenbegleitgrün situativ ein kurzer Ausleger genutzt wird.²¹⁾ Die Schutzanstriche wurden in der Vergangenheit mit grau-grünlicher oder rot-bräunlicher Farbgebung ausgeführt – in jüngerer Zeit werden Farbbereiche in schwarz/anthrazit verwendet.

Das Seilsystem wird vorrangig über eigene Betonmaste gekontert. In Bezug auf die sog. "Ausleger" ist festzuhalten, dass hiermit Leuchten "ohne eignen Mast" gemeint sind, wobei die Auslegerleuchten hauptsächlich an Leitungsmasten aus Holz befestigt sind.

21) Siehe Abbildung // 2.11



2.11 // Darstellung der Leuchenträger und -höhen



2.12 // Verteilung der Leuchenträger in Kategorien

e) Altersstruktur

Über die Altersstruktur der Leuchten und Maste lagen dieser Untersuchung keine umfassenden Informationen vor. Gleichwohl veranlasst die örtliche Begutachtung zur begründeten Vermutung, dass ein Großteil der Leuchten die betriebsübliche Nutzungsdauer von ca. 30 Jahren erreicht oder deutlich überschritten hat. Annahmen zur Straßenerschließung, Vergleiche von Leuchtenmodellen sowie der maßgebliche Errichtungszeitraum von Straßenbeleuchtung in Deutschland, bzw. ihre Austauschzyklen zwischen 1970 und 1990 begründen die Annahme, dass insbesondere die im Stadtgebiet vorhandenen Leuchtentypen "HELLUX 300(LRF), 301(LRB), 305", "AEG-LT", "BEGA 9997", "SITECO 5NA1712", "SCHUCH/1054722" und "RADEMACHER Ronda", d. h. ein ungefährer Anteil von > 60 % wirtschaftlich verzehrt und technisch überaltert sind. Bei der erwähnten Nutzungsdauer von 30 Jahren für Leuchten liegt das Installationsdatum dabei vor 1980. Die gleiche Herleitung betrifft das Trägersystem: Bei einer hier anlegbaren Nutzungsdauer von 40-50 Jahren und einem angenommenen vorrangigen Errichtungszeitraum zwischen 1960 und 1980, ist die mittlere Lebensdauer der Maste erst in naher Zukunft erreicht, das heißt, dass sich ein Großteil der Anlagen in einem zufriedenstellenden Zustand befindet. Die örtliche Begutachtung lässt hierbei die Aussage zu, dass sich die Mastsysteme in einem sichtlich guten bis sehr guten, die Seilsysteme in einem eher mittelmäßigen Zustand befinden. Die "Ausleger" an Holzmasten zeigen sich eher abgängig.²²⁾ Über die Standsicherheiten können keine Aussagen geführt werden.

f) Betriebsart

Die öffentliche Funktionsbeleuchtung wird vom Betreiber über einen Rundsteuerimpuls geschaltet. In Kombination von drei Dämmerungssensoren, die sich an unterschiedlichen Orten in der Region befinden, und einer Schaltuhr wird die Beleuchtung bei einer abendlichen Schaltschwelle von 50 lux²³⁾ ein- und einer morgendlichen Schaltschwelle von 30 lux²⁴⁾ ausgeschaltet. Befinden sich diese natürlichen Lichtwerte im Zeitraum zwischen 6.00 und 22.00 Uhr werden sämtliche Leuchtmittel betrieben. Sofern bestimmte Leuchten der sog. "Halbnachtschaltung" folgen, wird zwischen 22.00 und 6.00 Uhr mindestens ein Leuchtmittel – vorrangig bei Bestückung mit Leuchtstofflampen – in den entsprechenden Leuchten abgeschaltet.²⁵⁾ Sofern die Halbnachtschaltung bei Leuchten mit Natriumdampf-Hochdrucklampen eingesetzt wird, reduziert sich hier beim Gros der Leuchten der Lampenlichtstrom. Insgesamt vier Leuchtstellen werden gänzlich abgeschaltet. Unter statistischer Auswertung zeigen sich die Mengen der Leuchtstellen/Lampen, die in Halbnachtschaltung betrieben werden, wie folgt:

1. Leuchtstellen mit Teil-Abschaltung	45	%
2. Leuchtstellen mit Reduzierschaltung	2	%
3. Leuchtstellen mit Gesamt-Abschaltung	0,05	%
1. Lampen in Teil-Abschaltung	23	%
2. Lampen in Reduzierschaltung	1,5	%

Im Jahr 2008 summierte sich die Betriebszeit so auf ca. 4.110 Std., wobei 1.260 Std. in die Abend- und Frühstunden fallen.²⁶⁾

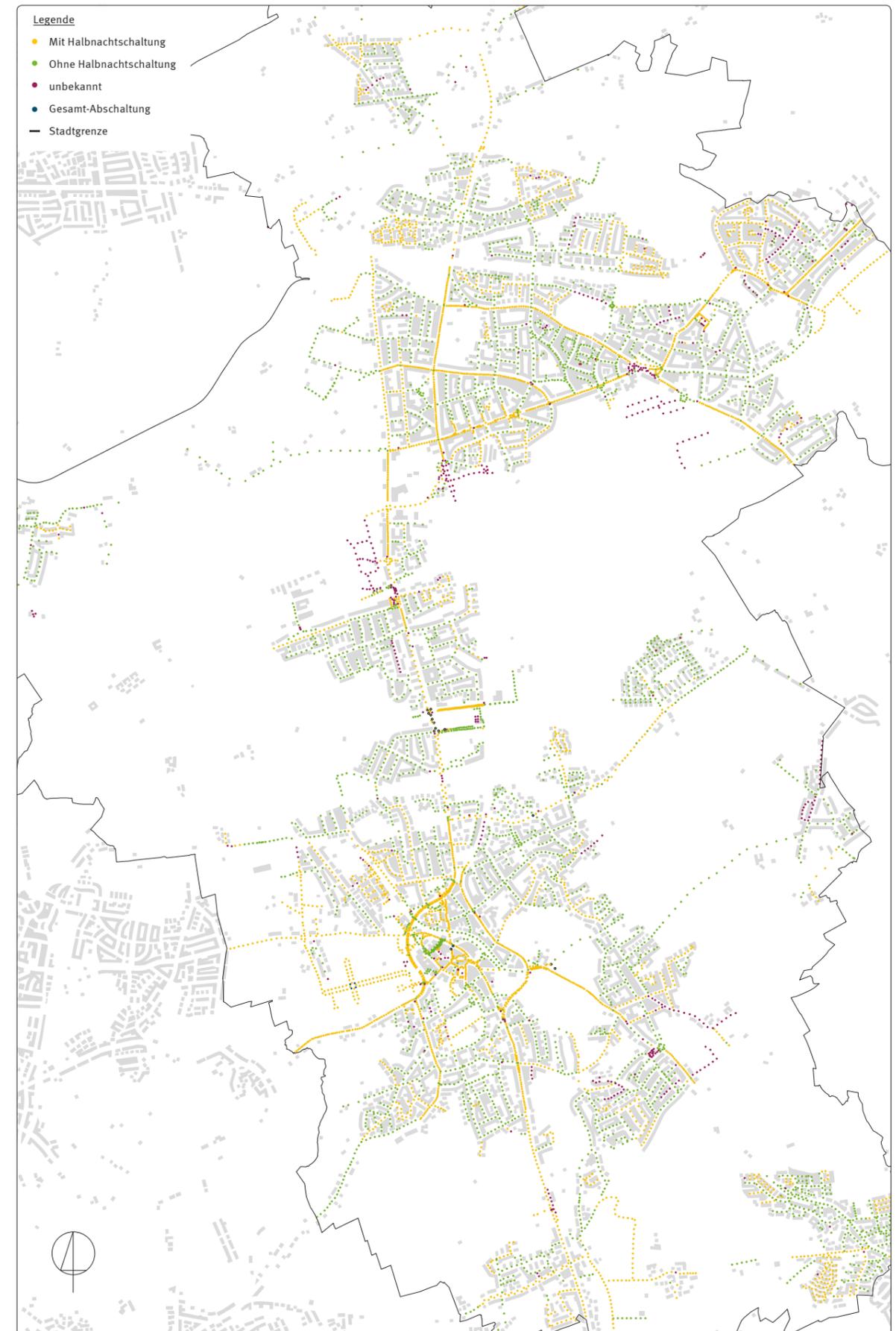
22) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.1

23) Dämmerungslicht der abnehmenden Tageshelligkeit.

24) Dämmerungslicht der zunehmenden Tageshelligkeit.

25) Beziehungsweise nicht angeschaltet, sofern die Dämmerungsgrenzwerte jahreszeitlich bedingt noch nicht erreicht wurden.

26) 50lx Dämmerungsrestlicht bis 22.00 Uhr + 6.00 Uhr bis 30lx Dämmerungslicht.



2.13 // Verteilung der Betriebsart

+

Abkürzungen
T26 & T26-U: Zweiseitig gesockelte, stabförmige Leuchtstofflampe mit einem Röhrendurchmesser von 26mm – auch "T8" genannt, wobei das Maß des Durchmessers in Zoll beschrieben ist. Bei "T26-U" handelt es sich um eine U-förmige Leuchtstofflampe.
TC-L & TC-S: Einseitig gesockelte Leuchtstofflampe in kompakter Bauweise. Auch "Kompaktleuchtstofflampe".
HST: Röhrenförmige Natriumdampf-Hochdrucklampe

g) Leuchtmittel

Die ca. 8.350 Leuchtstellen werden mit ca. 16.480 Leuchtmitteln betrieben.²⁷⁾ Unter statistischer Auswertung zeigt sich hierbei (+):

1.	T 26 (18, 36W)	44	%
2.	TC-L (18, 24W)	36	%
3.	T 26-U (18, 36W)	8	%
4.	HST (50, 70, 100, 150W)	6	%
5.	"unbekannt"	3	%
6.	TC-S (11W)	1	%
7.	alle weiteren	jeweils < 1	%

An der Grundgesamtheit ausgerichtet und in technologische Kategorien zusammengefasst zeigen sich folgende Anteile:

1.	Leuchtstofflampen	89	%
	1.1 zweiseitig gesockelt ²⁸⁾	52	%
	1.2 einseitig gesockelt ²⁹⁾	37	%
2.	Natriumdampf-Hochdrucklampen	7	%
3.	"unbekannt"	2,5	%
4.	Natriumdampf-Niederdrucklampen	< 1	%
5.	Halogen-Metaldampf-Hochdrucklampen	< 0,5	%
6.	Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	0,01	%

Werden die "unbekannten" Leuchtmittel vernachlässigt und die jeweiligen Lampennennleistungen aufsummiert, bedingen die unterschiedlichen Techniken folgenden Jahresverbrauch:

1.	Leuchtstofflampen	1.225.600	kWh
	1.1 zweiseitig gesockelt	828.400	kWh
	1.2 einseitig gesockelt	397.100	kWh
2.	Natriumdampf-Hochdrucklampen	322.800	kWh
3.	Natriumdampf-Niederdrucklampen	33.800	kWh
4.	Halogen-Metaldampf-Hochdrucklampen	8.700	kWh

Auf ihre jeweilige Gesamtheit bezogen, zeigen die Leuchtmittel somit eine Durchschnittsleistung von:

1.	Natriumdampf-Hochdrucklampen	288	kWh/LM ³⁰⁾
2.	Natriumdampf-Niederdrucklampen	228	kWh/LM
3.	Halogen-Metaldampf-Hochdrucklampen	158	kWh/LM
4.	Leuchtstofflampen	84	kWh/LM
	4.1 zweiseitig gesockelt	97	kWh/LM
	4.2 einseitig gesockelt	65	kWh/LM

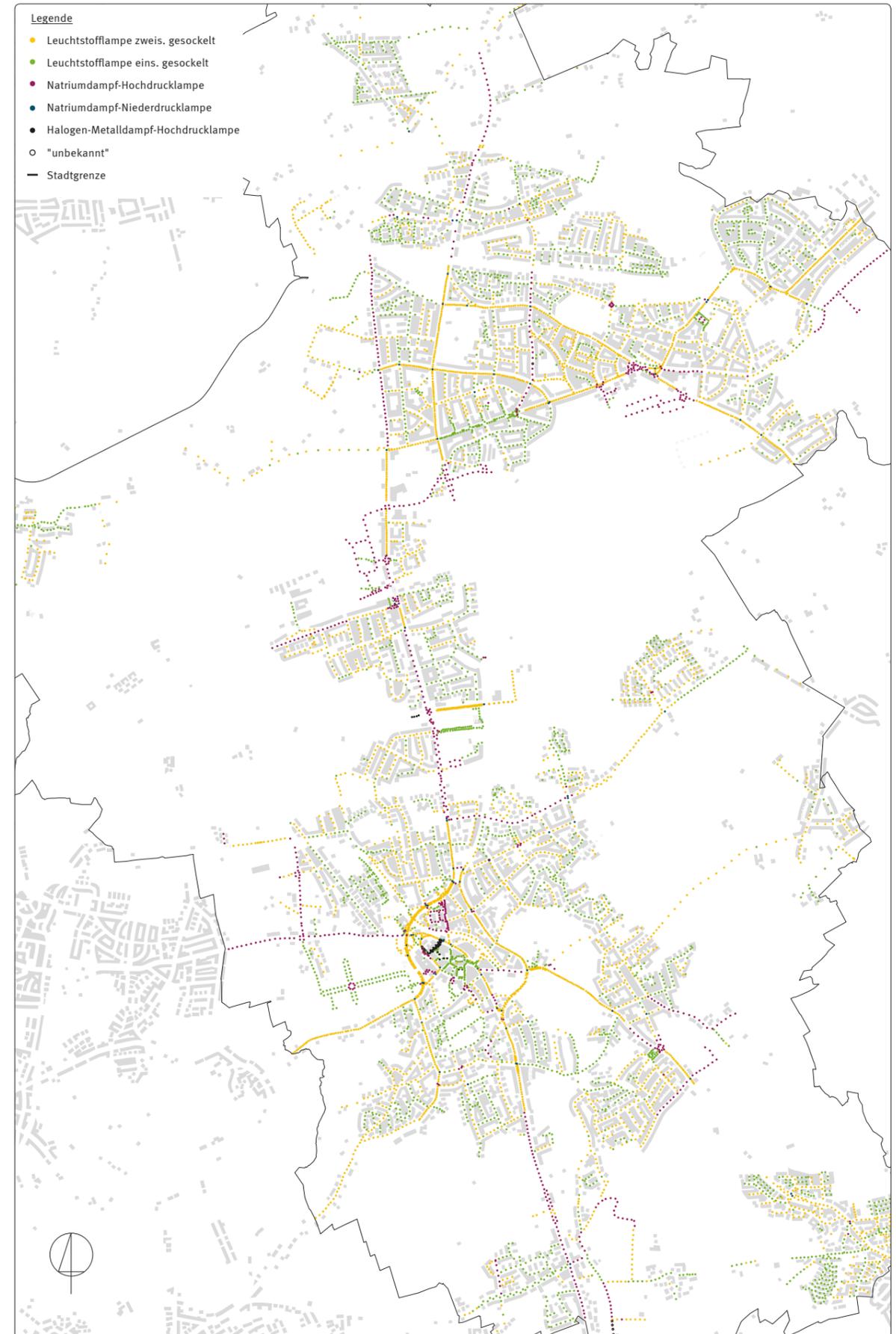
Auf die Grundgesamtheit der 8.350 Leuchtstellen und das Jahr 2009 bezogen, verursachte jede Leuchtstelle – unabhängig ihres spezifischen Lampenbesatzes – einen mittleren Energieverbrauch von ca. 249 kWh/a einschließlich der verwendeten Vorschaltgeräte.

27) Für die Modellrechnung wurde angenommen, dass die ca. 6 % "unbekannten" Brennstellen (ca. 540 Stck.) mit einem Leuchtmittel bestückt sind. Realistisch wird die Leuchtmittelanzahl hingegen höher liegen.

28) U- und stabförmige Leuchtstofflampe.

29) Kompaktleuchtstofflampe.

30) Kilowattstunden pro Leuchtmittel.



2.14 // Verteilung der Leuchtmittel in Kategorien

h) Lichttechnische Eigenschaften der Leuchtmittel

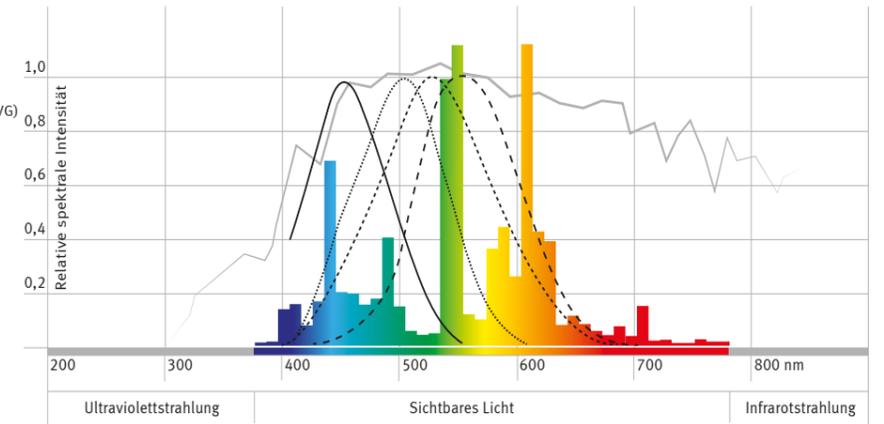
Die technische Erzeugung von Licht folgt unterschiedlichen physikalischen Prämissen und untersteht komplexen Rahmenbedingungen im Sinne ihrer Wirksamkeit auf Mensch und Tier, ihrer Effizienz und Wirtschaftlichkeit oder ihrer ökologischen Belastung bei Betrieb und Rezyklierung. Für einen groben Überblick dient hier die exemplarische Darstellung bestimmter Eigenschaften der Einordnung der in Castrop-Rauxel betriebenen Leuchtmittel.³¹⁾ Zur Einordnung dient zunächst die Darstellung der Angaben:

Biochemische Prozesse
Bestimmte Hormone, die mit dem Zeitgeber Licht in Verbindung stehen, sind bedeutend bei Verdauung, Stimmung oder Schlaf. Vorrangig Melatonin bzw. Cortisol ist mit dem zirkadianen Rhythmus in Verbindung zu sehen. Eine Störung beeinträchtigt Stoffwechselfvorgänge, das Immunsystem oder die Hemmung von Tumorwachstum – Cortisol ist zudem ein wichtiges Stresshormon. Auch eine Assoziation zu Depressionen ist zu erkennen, sofern die Melatoninkonzentration niedrig ist [b8].

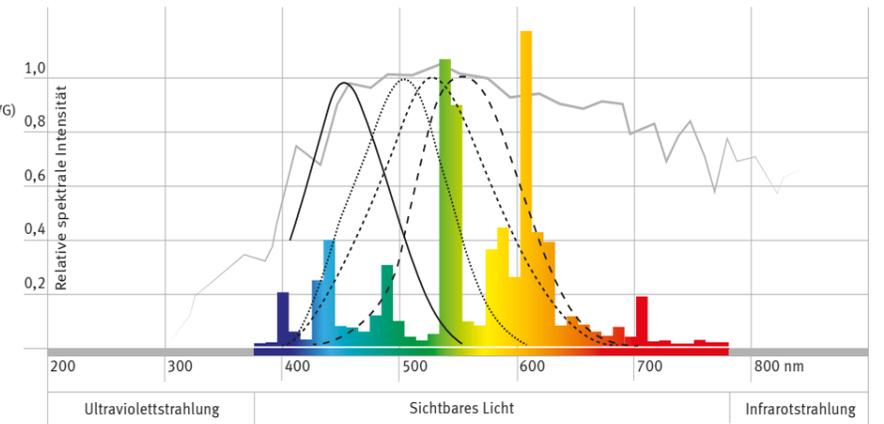
- zur aktuell erreichbaren, praktisch realisierbaren Lichtausbeute;
- zum Bereich realisierbarer Farbwiedergaben;
- zu erhältlichen Lichtfarben;
- zur Lebensdauer (10 % Ausfälle / 12-Stunden-Schaltzyklus);
- zur Möglichkeit der Dimmung;³²⁾
- zur exemplarischen Zusammensetzung der emittierten Spektrallinien in Verhältnis zum Tageslichtspektrum bei einer Farbtemperatur von 5.500 Kelvin und der relativen Empfindlichkeit des menschlichen Auges im photopischen (Tageslichtsehen), mesopischen (Dämmerungssehen) und skotopischen (Nachtsehen) Bereich. Darüber hinaus wird die relative spektrale Empfindlichkeit und das Maximum der Wirkfunktion der Rezeptoren gezeigt, die die Steuerung der Melatoninproduktion beeinflussen (+).³³⁾

31) Die geführten Annahmen beziehen sich auf heute marktübliche Produkte, die sich von den faktisch eingesetzten Lampen deutlich unterscheiden können. Da keine Angaben zu Produkten vorlagen, ist die Darstellung als Annäherung zu lesen.
32) Verwendete Quellen bis zu diesem Punkt [b2, b3, b4].
33) Verwendete Quellen: [b5, b6, b7].

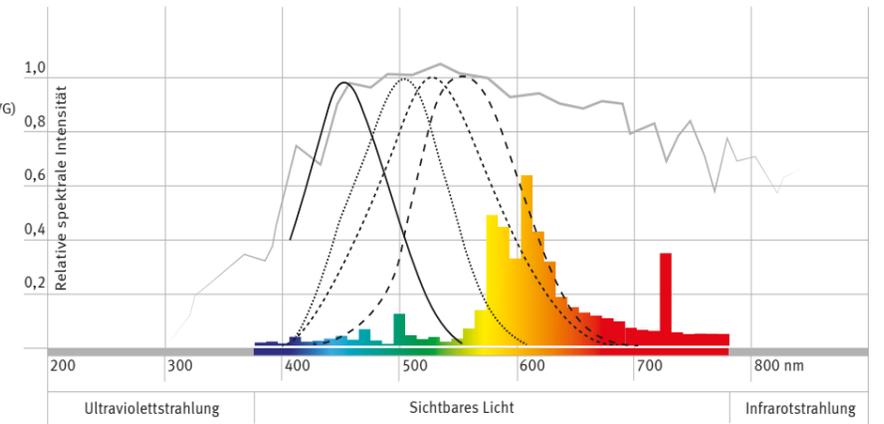
Leuchtstofflampe T26
Lichtausbeute i.M.: ca. 80 lm/W
Farbwiedergabe: 80-85 Ra
Lichtfarben: ww,nw,tw
Lebensdauer 12B10: ca. 12.000 h (am VVG)
Dimmung: möglich



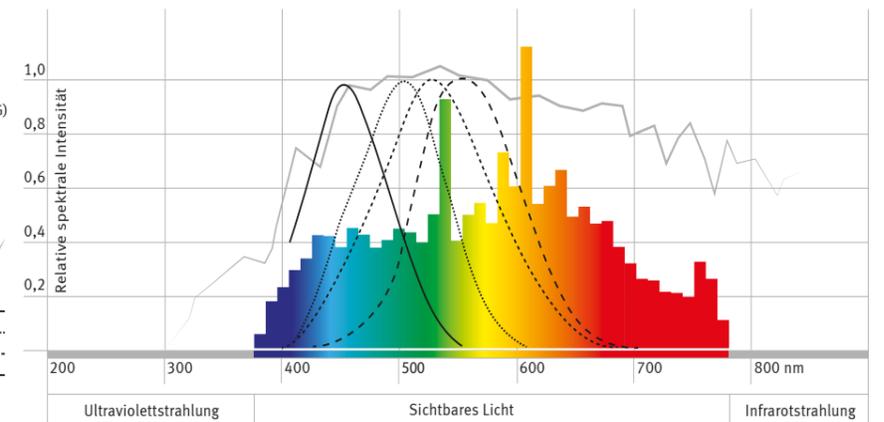
Kompaktleuchtstofflampe TC-L
Lichtausbeute i.M.: ca. 65 lm/W
Farbwiedergabe: 80-85 Ra
Lichtfarben: ww,nw
Lebensdauer 12B10: ca. 10.000 h (am VVG)
Leistungsreduktion: bedingt möglich



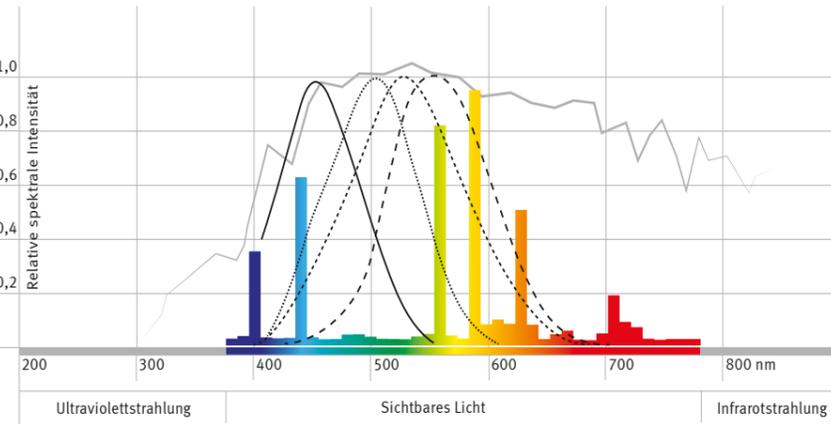
Natriumdampf-Hochdrucklampe
Lichtausbeute i.M.: ca. 110 lm/W
Farbwiedergabe: < 40 Ra
Lichtfarben: ww
Lebensdauer 12B10: ca. 16.000 h (am KVG)
Leistungsreduktion: bedingt möglich



Halogen-Metaldampflampe
Lichtausbeute i.M.: ca. 90 lm/W
Farbwiedergabe: 60-95 Ra
Lichtfarben: ww,nw,tw
Lebensdauer 12B10: ca. 8.000 h (am KVG)
Leistungsreduktion: bedingt möglich

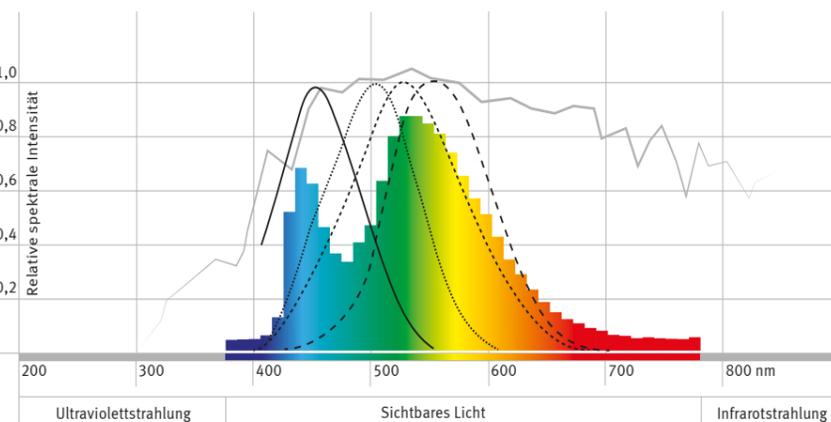


Quecksilberdampf-Hochdrucklampe
Lichtausbeute i.M.: ca. 40 lm/W
Farbwiedergabe: 50-60 Ra
Lichtfarben: ww,nw
Lebensdauer 12B10: ca. 8.000 h (am KVG)
Leistungsreduktion: bedingt möglich



Licht-Emitternde Diode LED
Lichtausbeute i.M.: ca. 60 lm/W
Farbwiedergabe: 70-95 Ra
Lichtfarben: ww,nw,tw
Lebensdauer (Annahme): 50.000 h
Leistungsreduktion: möglich

Tageslichtspektrum
rel. Hellempfindlichkeitskurve
Photopisch V (λ) - - - - -
Skotopisch V' (λ) ·······
Mesopisch Veq (λ) - · - · -
Zirkadiane Wirkfunktion C (λ) ———



2.15 // Exemplarische Eigenschaften unterschiedlicher Leuchtmittel

i) Vorschaltgeräte

Entsprechend der Leuchtmittelanzahl werden ca. 16.480 Vorschaltgeräte betrieben.³⁴⁾ Unter statistischer Auswertung zeigen sich hierbei folgende Typenanteile:

1. VVG (verlustarm)	47	%
2. KVG (konventionell)	33	%
3. EVG (elektronisch)	17	%
4. "unbekannt"	3	%

Die einzelnen Anschlussleistungen der Vorschaltgeräte variieren, wobei die konventionellen Typen vorrangig mit 6 W (20 %) und 10 W (5 %), die verlustarmen Typen vorrangig 6 W (43 %) und die elektronischen Vorschaltgeräte maßgeblich mit 1 Watt (17 %) betrieben werden. Werden die 3 % "unbekannt" vernachlässigt, benötigen die Vorschaltgeräte anteilig 16 % des Gesamtenergiebedarfs, was eine Energiemenge von insg. 325.100 kWh pro Jahr bedeutet. Auf die einzelnen Typen bezogen, liegen die Energieverbrauchsanteile bei:

1. KVG	52 %	mit 169.500 kWh/p.a.
2. VVG	45 %	mit 146.500 kWh/p.a.
3. EVG	3 %	mit 9.100 kWh/p.a.

j) Energie- und Betriebskosten

Für Betrieb und Instandhaltung besteht eine nach Befestigungsart- und höhe differenzierte Berechnungsgrundlage. Auf den vorhandenen Bestand des Jahres 2009 bezogen, ergab sich ein Jahresmittelwert von ca. 56,80 Euro pro Leuchtstelle (o. USt.). Die Kosten pro Kilowattstunde Strom werden vom der RWE Deutschland AG gestaffelt berechnet.³⁵⁾ Auf den grundlegenden Verbrauch und einer Ermäßigung der RWE Deutschland AG von 33 % auf den Strompreis bezogen, ergibt sich ein Durchschnittswert von ca. 12,26 ct/ kWh (o. Ust.). Der abgerechnete Stromverbrauch im Jahr 2009 belief sich auf insgesamt auf ca. 2.067.400 kWh. Grundlage der Bemessung sind hierbei in geringem Maße Stromzähler – der Großteil der Straßenverkehrsbeleuchtung wird rechnerisch nach Anschlusswerten und Betriebsstundenmittlung kalkuliert. So ergaben sich in 2009 Stromverbrauchskosten von insgesamt ca. 253.600 Euro,³⁶⁾ was ein Jahresmittel von ca. 30,55 Euro pro Leuchtstelle (o. USt.) bedeutet.



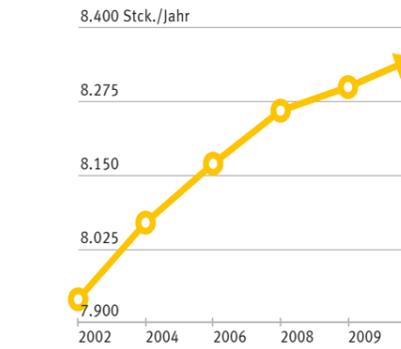
2.16 // Jährliche Gesamtkosten pro Lichtpunkt incl. Rabatt und Steuern

Mit den Kosten für Betrieb und Instandhaltung von ca. 471.500 Euro (o. USt.), was ein Jahresmittel von ca. 56,80 Euro pro Leuchtstelle (o. USt.) bedeutet, ergaben sich Gesamtkosten von ca. 863.000 Euro (incl. Ust.). Auf das Jahr 2009 bezogen, verursachte jede Leuchtstelle im Mittel somit einen Rechnungsbetrag von ca. 104 Euro.³⁷⁾ Insgesamt hinzuzurechnen sind Investitions-/ Baukostenzuschüsse, die jährlich unterschiedlich ausfallen.

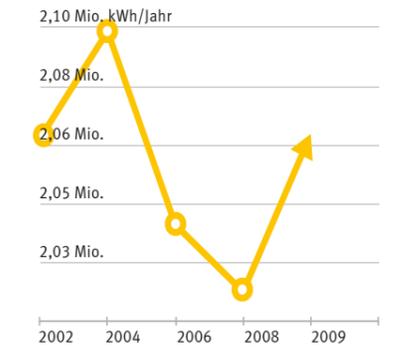
• Entwicklungen und Tendenzen

Insgesamt zeigen sich die in den Diagrammen //2.17 – //2.23 und der Tabelle //2.24 dargestellten Entwicklungen und Tendenzen seit dem Jahr 2002.

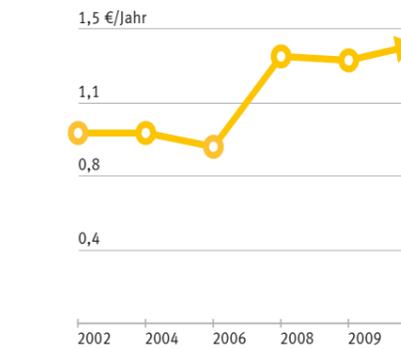
34) Für die Modellrechnung wurde angenommen, dass die ca. 6% "unbekannten" Brennstellen (ca. 540 Stck.) mit einem Vorschaltgerät bestückt sind. Realistisch wird die Anzahl der Vorschaltgeräte höher liegen.
 35) Grundpreis je 100 W Anschlussleistung: 1,34 €; Arbeitspreis für die ersten 250.000 kWh: 9,3 ct/kWh; Arbeitspreis für die weiteren 750.000 kWh: 8,54 ct/kWh; Arbeitspreis für alle weiteren kWh: 7,76 ct/kWh – Stand 2009.
 36) Ohne Umsatzsteuer (USt.); incl. Stromsteuer, EEG/KWK und Rabatt.
 37) Incl. aller Steuerbeträge und Rabattierung von 33% auf Stromkostenanteile.



2.17 // Entwicklung Brennstellenanzahl



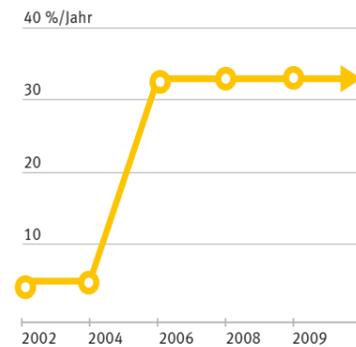
2.18 // Entwicklung Verbrauch



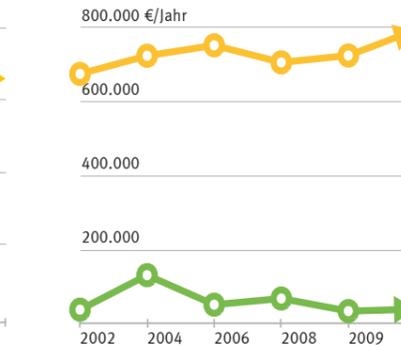
2.19 // Entwicklung Grundpreis je 100W



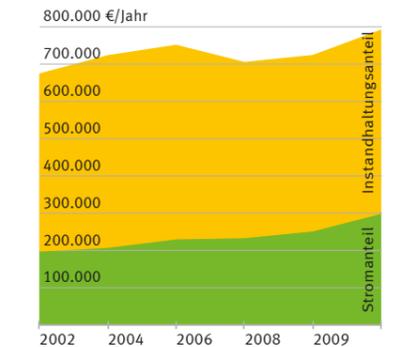
2.20 // Entwicklung Arbeitspreise



2.21 // Entwicklung Stromkostenrabatt



2.22 // Gesamtkosten (o.) & Investition (u.)



2.23 // Entwicklung Gesamtkosten

Gegenstand / Jahr	2002	2004	2006	2008	2009	2011
Brennstellenanzahl (ca. Stck.)	7.940	8.070	8.170	8.260	8.300	> 8.350
Anschlussleistung (ca. kW)	598	600	601	605	605	k. A.
Verbrauch (ca. kWh)	2.066.000	2.098.900	2.039.700	2.019.200	2.067.500	k. A.
Grundpreis je 100W Anschlusswert (€)	0,97	0,97	0,90	1,36	1,34	ca. 1,42
Arbeitspreis für die ersten 250.000 kWh (ct/kWh)	5,01	5,01	5,13	8,48	9,31	ca. 10,16
Arbeitspreis für die nächsten 750.000 kWh (ct/kWh)	4,49	4,49	4,70	7,78	8,45	ca. 9,22
Arbeitspreis für alle weiteren kWh (ct/kWh)	4,09	4,09	4,27	7,07	7,76	ca. 8,47
Stromkostenrabatt Konzessionshalter (%)	5	5	33	33	33	k. A.
Stromverbrauchskosten (o. USt.; ca. €)	199.600	209.500	232.300	235.600	253.600	k. A.
Mittelwert Betrieb & Instandhaltung (o. USt.; ca. €)	59,90	63,80	63,70	57,00	56,80	+ ca. 4,6%
Gesamtkosten Betrieb & Instandhaltung (o. USt.; ca. €)	475.800	515.000	520.300	470.900	471.500	k. A.
Gesamtkosten (o. USt.; incl. Stromsteuer, EEG/KWK; €)	675.400	724.500	752.600	706.500	725.100	ca. 793.500
Investitionsmaßnahmen (Neu-, Um-, Ausbau; ca. €)	38.700	131.900	52.200	68.800	34.900	40.000

2.24 // Entwicklungen und Tendenzen seit dem Jahr 2002

k) Umweltwirksame Belastungen I

Die Umweltwirksamkeit energiebetriebener Produkte, einschließlich Straßenbeleuchtung, zeigt sich in unterschiedlicher Weise: z. B. Verbrauch von Materialien und natürlichen Ressourcen in der Produktion, Energieverbrauch und der damit verbundene negative Beitrag zum Klimawandel im Betrieb oder Abfall und Freisetzung gefährlicher Substanzen in der Rezyklierung. Diese werden hier im Vergleich abgebildet.³⁸⁾

• Quecksilbergehalte

Zur Erzeugung von Licht benötigen Leuchtmittel unterschiedliche chemische Substanzen, Metalle bzw. Seltene Erden. Hier können zunächst nur "typische" Quecksilbergehalte dargestellt werden.³⁹⁾ Sie liegen je nach Lampenart im Mittel bei ca.:

Quecksilberdampf-Hochdruck	15-50 mg:	0,0083 mg pro lm
Kompaktleuchtstofflampen	2-5 mg:	0,0027 mg pro lm
Natriumdampf-Hochdruck	20-30 mg:	0,0025 mg pro lm
Halogen-Metaldampf-Hochdruck	15-25 mg:	0,0021 mg pro lm
Leuchtstofflampen (T8)	3-10 mg:	0,0020 mg pro lm

• Produktion, Transport, Betrieb und Rezyklierung

Die Tabellen //2.25 – //2.27 detaillieren entlang einer Modellrechnung die umweltwirksamen Belastungen von unterschiedlichen Lampentypen mit ihren Vorschaltgeräten in einer durchschnittlich berechneten Leuchte [b9]. Über eine Nutzungsdauer von 30 Jahren zeigt Abbildung //2.28 welche Belastungen sich aus Produktion, Transport und Rezyklierung ergeben und stellt diese in einen prozentualen Vergleich zu den Beeinträchtigungen infolge des anlagenbedingten Stromkonsums (nach Leuchtmittelart aufgeschlüsselt und aggregiert dargestellt).

• Stromproduktion insgesamt

Auf Jahresverbrauch und "Energieträgermix" des Lieferanten im Bezugsjahr 2008 bezogen,⁴⁰⁾ entstehen bei der Stromproduktion:

CO ₂ -Emissionen	1.343	Tonnen
SO ₂ -Emissionen	3,5	Tonnen
NO _x -Emissionen	5,8	Tonnen
Radioaktiver Abfall	1,2	Kilo

l) Umweltwirksame Belastungen II

Neben den unmittelbaren Belastungen, die mit den Bedingungen eines technischen Produkts verbunden sind, werden hier auch grobe Rahmenbedingungen skizziert, die sich aus den biologischen Wechselverhältnis von Mensch und Tier zu künstlichem Licht ergeben.

• Gesundheitsrelevante Wirkungen auf Menschen

Licht unterstützt und beeinflusst biochemische Prozesse im menschlichen Körper. In den Abbildungen //2.15 sind die Hellempfindlichkeitskurven des menschlichen Auges

38) Zur Vergleichbarkeit werden tlw. auch Leuchtmittel dargestellt, die in Castrop-Rauxel nicht von Bedeutung sind (Quecksilber-Hochdruck), oder die von Bedeutung werden können (z. B. LED).
 39) Quecksilbergehalte können stark variieren. Die dargestellten Werte beziehen sich auf Lampen mit Wattagen, die in der Straßenbeleuchtung eingesetzt werden.
 40) Energieträger: 59% Fossil, 22% Nuklear, 19% Erneuerbar; 665 g/kWh CO₂, 0,0006 g/kWh radioak. Abfall (Quellen: RWE Deutschland AG 2011/Bezugsjahr 2008; Statusbericht 2008)

Lampe & Vorschaltgerät / Ressourcen, Emissionen [b9]	150W Natriumdampf-Hochdrucklampe			70W Natriumdampf-Hochdrucklampe			70W Metaldampf-Hochdrucklampe			36W Leuchtstofflampe		
a.) Lampe (o. Betrieb)	a.)	b.)	c.)	a.)	b.)	c.)	a.)	b.)	c.)	a.)	b.)	c.)
b.) Vorschaltgerät (o. Betrieb)			16.000			16.000			8.000			12.000
c.) Über die Lebensdauer (Std.)												
Gesamtenergie (kWh)	20,5	85,5	2.720	17,7	70	1.440	17,5	78,6	720	15,3	52,5	504
– davon Elektrizität (kWh)	3	16,5	2.720	1,1	14,5	1.440	0,5	16,1	720	0,5	6,1	504
Prozesswasser (ltr)	2	40	1.987	1	40	937	1	40	469	1	0	530
Kühlwasser (ltr)	6	26	79.479	2	23	37.511	1	27	18.756	0	10	21.221
Abfall, ungiftig/deponiert (g)	244	10.788	34.558	124	7.064	16.310	124	8.351	8.155	79	5.599	9.280
Abfall, giftig/verbrannt (g)	2	499	686	2	498	324	1	539	162	1	46	183
Treibhausgase (kg. CO₂ eq.)	6	20	1.808	5	17	958	5	19	479	5	14	335
Luftversäuerung (kg. SO₂ eq.)	22	166	7.674	17	120	3.622	16	135	1.811	13	75	2.049
Schwermetalle (mg Ni eq.)	68	49	511	27	34	241	17	41	121	3	28	136
Feinstaub (g)	4	32	163	3	26	77	3	33	39	1	22	43

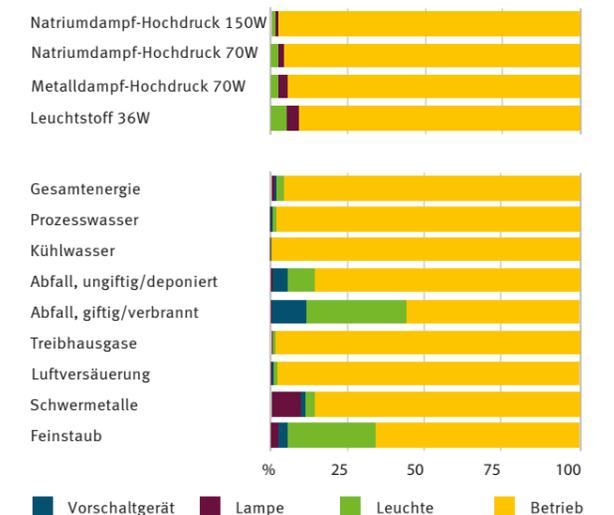
2.25 // Umweltwirksame Belastungen in Produktion, Transport, Betrieb und Rezyklierung über die einzelne Lebensdauer der Lampen

Lampe & Vorschaltgerät / Ressourcen, Emissionen	150W Natriumdampf-Hochdruck. 100 lm/W		70W Natriumdampf-Hochdruck. 80 lm/W		70W Metaldampf-Hochdruck. 80 lm/W		36W Leuchtstofflampe 80 lm/W	
Werte bei 30 Jahren Nutzungsdauer	7,7 Lampen 1 Vorschaltg.	123.000 Std. Betrieb	7,7 Lampen 1 Vorschaltg.	123.000 Std. Betrieb	15,4 Lampen 1 Vorschaltg.	123.000 Std. Betrieb	10,3 Lampen 1 Vorschaltg.	123.000 Std. Betrieb
Gesamtenergie (kWh)	243	20.944	206	11.088	348	11.088	210	5.191
Prozesswasser (ltr)	55	15.300	48	7.215	55	7.215	10	5.459
Kühlwasser (ltr)	72	611.988	38	288.835	42	288.835	20	218.576
Abfall, ungiftig/deponiert (g)	12.667	266.097	8.019	125.587	10.261	125.587	6.413	95.584
Abfall, giftig/verbrannt (g)	514	5.282	513	2.495	554	2.495	56	1.885
Treibhausgase (kg. CO₂ eq.)	66	13.922	56	7.377	96	7.377	66	3.451
Luftversäuerung (kg. SO₂ eq.)	335	59.090	251	27.889	381	27.889	209	21.105
Schwermetalle (mg Ni eq.)	573	3.935	242	1.856	303	1.856	59	1.401
Feinstaub (g)	63	1.255	49	593	79	593	32	443

2.26 // Umweltwirksame Belastungen der Lampen mit Vorschaltgerät bezogen auf eine Nutzungsdauer von 30 Jahren

Leuchte / Ressourcen, Emissionen [b9]	Durchschnitt
Produktion, Transport, Rezyklierung aggregiert	
Gesamtenergie (kWh)	302
– davon Elektrizität (kWh)	30
Prozesswasser (ltr)	72
Kühlwasser (ltr)	386
Abfall, ungiftig/deponiert (g)	12.910
Abfall, giftig/verbrannt (g)	1.441
Treibhausgase (kg. CO₂ eq.)	61
Luftversäuerung (kg. SO₂ eq.)	320
Schwermetalle (mg Ni eq.)	69
Feinstaub (g)	259

2.27 // Umweltwirksame Belastungen der Leuchte



2.28 // Prozentualer Vergleich umweltwirksamer Belastungen

+

Zirkadianes System
Der menschliche Tag-Nacht-Rhythmus wird über das Hormon Melatonin gesteuert, das ausschließlich in der Dunkelheit der Nacht produziert wird. Das Hormon synchronisiert verschiedene Körperfunktionen und ermöglicht eine effektive Regeneration. Die Steuerung der Produktion erfolgt über Rezeptoren in der Netzhaut. Licht hemmt dabei die Produktion von Melatonin [b6].

Lampe/ Effektivität [b11]	lm/W	Zirkad. Stim./W
TC-L, 2700 K	55	37
T26, 3000 K	100	74
T26, 4100 K	100	65
HIT-CE	95	84
LED, weiß	35	81

2.29 // Lichtausbeute & zirkadianer Stimulus/W

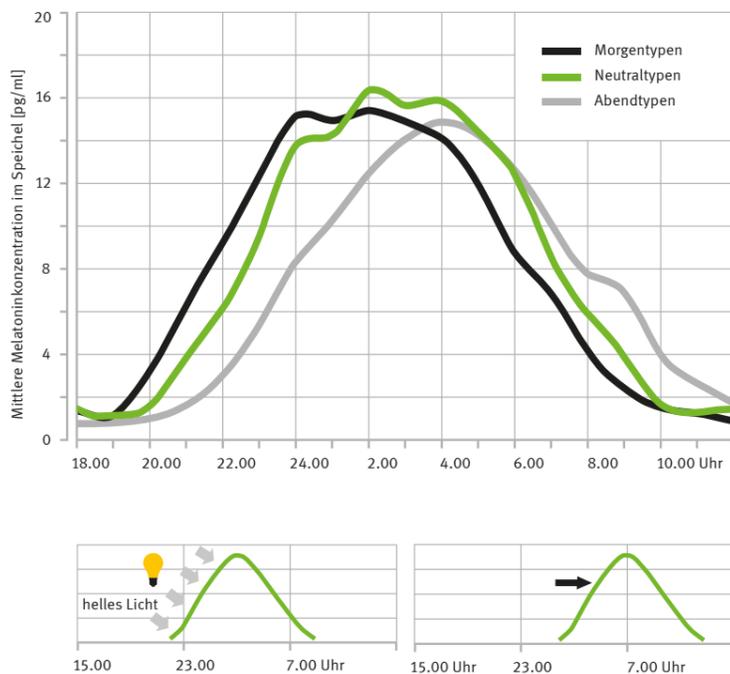
Lampe/ Effektivität [b12]	Zirkadianer Wirkungsfaktor a_{cv}
HST	0,21
T26, 3000 K	0,36
T26, 4100 K	0,60
LED, weiß	1,0-2,0
LED, blau (468 nm)	6,9

2.30 // Zirkadianer Wirkungsfaktor a_{cv}

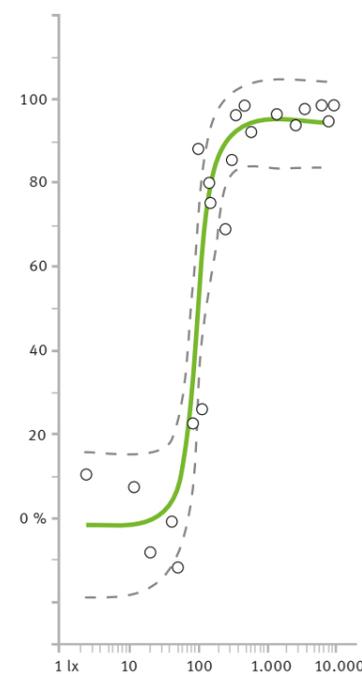
skizziert, die mit den spektralen Zusammensetzungen verschiedener Leuchtmittel, resp. ihrer einzelnen Intensitäten verglichen werden – ebenfalls dargestellt ist die zirkadiane Wirkungsfunktion $C(\lambda)$. Diese Kurve zeigt ihr Maximum, d. h. den stärksten Einfluss auf Menschen, bei ca. 450 nm [b6]. Leuchtmittel, deren Spektren in diesem kurzwelligen Bereich entsprechende Intensitäten vorweisen, stehen somit in begründbarem Verdacht, biochemische Prozesse im menschlichen Organismus entsprechend beeinflussen zu können (+). In den Abbildungen //2.29 und //2.30 wird exemplarisch zusammengefasst, wie die zirkadian stimulierende Wirkung bestimmter Leuchtmittel eingeschätzt werden kann.⁴¹⁾ Insgesamt gilt es dabei zu berücksichtigen, dass die Melatoninproduktion je nach Uhrzeit unterschiedlich intensiv verläuft und eine Beeinflussung durch künstliches Licht zeitlich differenziert betrachtet werden muss: Ein erster Anstieg der Melatoninsynthese zeigt sich abends zwischen 20.00 und 22.00 Uhr und ein entsprechender Abfall morgens zwischen 8.00 und 10.00 Uhr sowie ein signifikanter Anstieg, resp. Abfall abends zwischen 22.00 und 24.00 Uhr und morgens zwischen 6.00 und 8.00 Uhr.⁴²⁾ Zwischen 24.00 und 6.00 Uhr ist die Melatoninkonzentration im Blut am höchsten [b8].

Fundierte Praxiswerte über die beeinflussende Intensität, d. h. Beleuchtungsstärken, die sich schädigend auswirken, sind nur geringfügig vorhanden – speziell im Bereich der Außenbeleuchtung. Für eine Näherung werden hier Schwellenwerte ab 8 lx, Beeinflussungswerte ab 18 lx und Unterdrückungswerte ab 200 lx am Auge angenommen [b13, b14].

41) Bezogen auf die Lichtausbeute in Lumen pro Watt zeigt Abbildung // 2.29 den Vergleich mit einem "zirkadian stimulierenden Effekt pro Watt" [b11]. Abbildung // 2.30 zeigt, dass europäische Studien den "zirkadianen Wirkungsfaktor" a_{cv} vorschlagen [b12].
42) Siehe Abbildung // 2.31

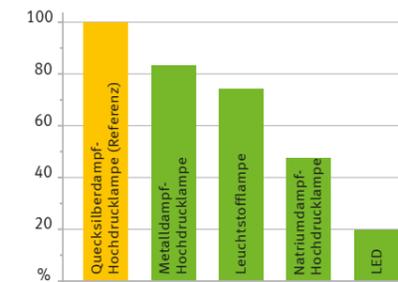


2.31 // Zeitlicher Verlauf der Melatoninsynthese, Verschiebung durch helles Licht und Hemmung in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke [b8]



+

(Noch) unbekannt Dimension
Künstliches Licht kann unterschiedlich schädlich auf Tiere und Insekten wirken: zum einen kann eine im Licht begründete Anlockwirkung zu direkten Verbrennungen und Kollisionsschäden in bzw. an der Lampe od. Leuchte führen. Zum anderen können Verhaltensänderungen oder Desorientierungen eine kurz- bis mittelfristige Schädigung durch Nahrungsmangel, Fortpflanzungsunterbrechung oder Erschöpfung herbeiführen. Welches Ausmaß nächtliche Lichtemissionen auf welche Lebewesen – und letztlich auf das gesamte Ökosystem – haben, ist noch nicht umfassend geklärt [b15].



2.32 // Prozentuale Anflughäufigkeit [b20]

- **Schädigende Wirkungen auf nachtaktive Lebewesen**
Entlang erster Erkenntnisse bzw. Studien und auf das Ökosystem der Stadt Castrop-Rauxel bezogen, sind insbesondere die Beeinträchtigungen auf nachtaktive Vögel, Insekten sowie heimische Froschlurche anzusprechen (+).

Vögel

Die Beeinflussung von Vögeln durch nächtliche Beleuchtung führt zu unterschiedlichen Konsequenzen. Einerseits werden Zugvögel durch helle Stadtlichter irritiert, desorientiert oder verschreckt, so dass Richtungsänderungen, Fluggeschwindigkeitsreduktionen und schließlich signifikante Sterbefälle eintreffen. Ebenso können Störungen im Rast- und Ruheverhalten (z. B. Kraniche od. Gänse) dazukommen. Bei Turmfalken (oder auch Fledermäusen) kann eine Ausleuchtung der Quartiere zur Verhinderung nächtlicher Nahrungssuche führen [b16]. Andererseits wird durch nächtliche Beleuchtung das natürliche Fortpflanzungsverhalten von Singvögeln beeinträchtigt. Hierbei stehen Bedenken in Überlebenswahrscheinlichkeit und genetischer Qualität der Nachkommenschaft im Fokus, da sich durch brutplatznaher Straßenbeleuchtung früherer Gesang, Fehlentscheidungen in der Partnerwahl bzw. eine veränderte außerpaarliche Kopulation sowie vorgezogene Eiablagen⁴³⁾ ergeben können [b17].

Insekten

Nachaktive Käfer, Schmetterlinge,⁴⁴⁾ Köcherfliegen, Zweiflügler und weitere Insektenarten werden durch künstliche Beleuchtung stark beeinträchtigt. Sie kommen entweder an der Leuchte zu Tode oder werden über die beleuchtete Umgebung in ihrem Aktivitätsverhalten gehemmt (oder "gelähmt"). Zum einen wirkt hier die Lichtquelle als solche. Je nach Mondphase beträgt die raumwirksame Reichweite der Beeinflussung (Anflugdistanz) zwischen 50 und 700 Metern [b18]. Zum anderen wirkt der Anteil kurzweiliger UV-Strahlung auf Insekten, der infolge des Aufbaus ihrer Augen eine besondere Anziehung entfaltet [b19]. Eine erste Einschätzung zur Anflughäufigkeit von Insekten bietet Abbildung //2.32, die Unterschiede entlang bestimmter Lampen zeigt [b20].

Froschlurche

Bei Fröschen und Kröten kann die nächtliche Beleuchtung ebenfalls zu Veränderungen im Werbungsverhalten führen und das natürliche Paarungsverhalten beeinträchtigen. Ebenso wie bei den Singvögeln kann die veränderte Partnerwahl die genetische Fortpflanzungsqualität beeinträchtigen. Darüber hinaus verändert die Beleuchtung das Nahrungsverhalten und birgt mittelbare Todesgefahren: Bestimmte Kröten, die nachts auf Beutesuche gehen, profitieren zunächst, da sie im Licht der Straßenbeleuchtung ein Nahrungsangebot unterschiedlicher Insekten finden, die sich dort konzentrieren, bzw. leicht zu fangen sind. Gleichwohl sind die Augen nachtaktiver Froschlurche auf sehr lichtschwache Bedingungen ausgelegt, so dass die künstliche Beleuchtung zu extremen Blendungen führt. Als weitere Konsequenz kann sich das Jagdrevier auf die unmittelbare Umgebung der Leuchte reduzieren. Neben der Einschränkung des Beutespektrums besteht dann auf unmittelbar anliegenden Verkehrsflächen die Gefahr der Überfahung.

43) Dies kann kritisch werden, wenn die Phase des höchsten Futterbedarfs nicht mit dem Zeitpunkt der maximalen Futterverfügbarkeit zusammenfällt [b17].
44) Die Schmetterlingsfauna besteht ca. zu 75 % aus Nachfaltern, die wiederum einen deutlichen Anteil an der Bestäubung der Flora halten. Störungen dieses Systems können sich so bis in die Landwirtschaft negativ auswirken [b18].

m) Umweltwirksame Belastungen III

Seit den 1980er Jahren machen Astronomen immer stärker auf die sog. "Lichtverschmutzung" aufmerksam.⁴⁵⁾ Der Begriff bezeichnet die Aufhellung des Nachthimmels durch künstliche Lichtquellen, deren Licht in der Erdatmosphäre gestreut wird.

Zur Operationalisierung der Himmelsaufhellung wurden in Castrop-Rauxel unterschiedliche Verfahren durchgeführt (+). Abbildung //2.34 zeigt exemplarisch, dass in der Entfernung von ca. 2 Kilometern die Reflexion des Stadtlichts im diesigen Nachthimmel bis zu 0,15 cd/m² und mehr betragen kann und je nach Raumnutzung unterschiedlich hoch ausfällt.⁴⁶⁾ In mehreren Langzeitmessungen wolkenloser, klarer Nächte wurde zudem die Himmelshelligkeit im Zenit gemessen. In dichter bebauten Wohnbereichen ergaben sich dabei in mehreren Nächten Höchstwerte von ca. 19.6 mag/arcsec².⁴⁷⁾

Insgesamt ist zu bemerken, dass künstliche Lichtquellen über weite Distanzen wirksam sind und Castrop-Rauxel in regionalem Kontext betrachtet werden muss. Ebenso ist die Aufhellung ein Ergebnis sämtlicher Lichtquellen, d. h. nicht ausschließlich auf die öffentliche Beleuchtung bezogen werden kann. Gleichwohl konnte mithilfe einer dritten Messmethode nachgewiesen werden, dass der Abfall der Bestrahlungsstärke bei Halbnachtschaltung der Straßenbeleuchtung – und damit ein Anteil der Straßenbeleuchtung an der Himmelsaufhellung – 1⁻⁵ W/m² betragen kann.⁴⁸⁾

45) Der Begriff Lichtverschmutzung ("light pollution") wird der Problematik nicht ganz gerecht, da es sich eigentlich um eine unerwünschte Art der Lichtwirkung handelt. Das Problem liegt herbei im unnützen oder unkontrollierten Gebrauch künstlichen Lichts und einer schädlichen Wirkung auf Natur- und Kulturgüter.
 46) Siehe Gliederungsteil: e.6
 47) Siehe Abbildung // 2.35
 48) Siehe Abbildung // 2.33

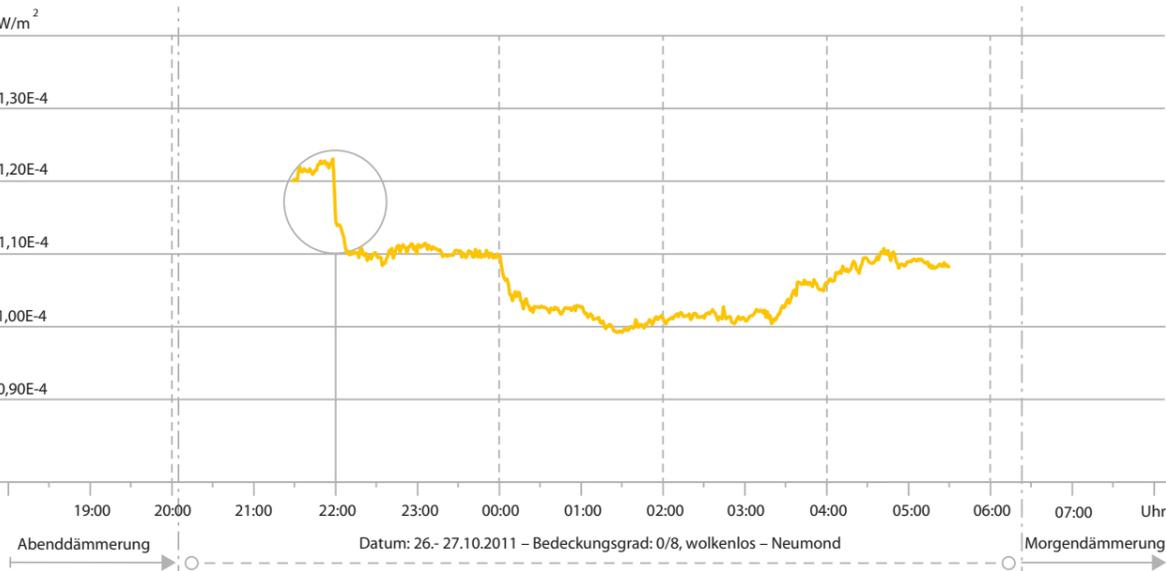
Messverfahren

Die Messung von "Lichtverschmutzung" unterliegt vielfachen, komplexen Bedingungen und befindet sich methodisch noch in Entwicklung. Für Castrop-Rauxel wurden drei aktuell anerkannte Verfahren durchgeführt:

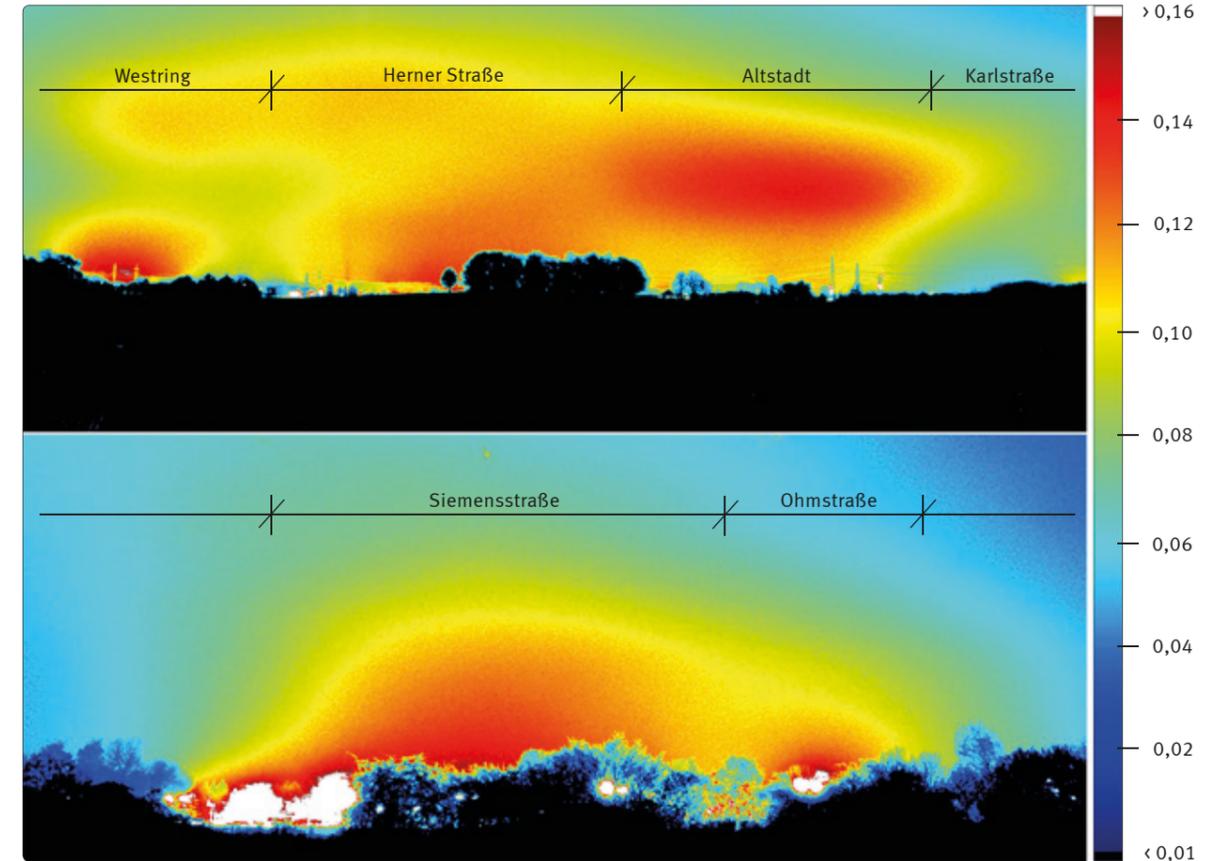
Leuchtdichtkamera: Messung der visuell sichtbaren Helligkeit des bedeckten Himmels bei erhöhter Luftfeuchtigkeit.

"Sky Quality Meter": Messung der Himmelshintergrundhelligkeit zur Bestimmung des Kontrasts zu Himmelsobjekten.

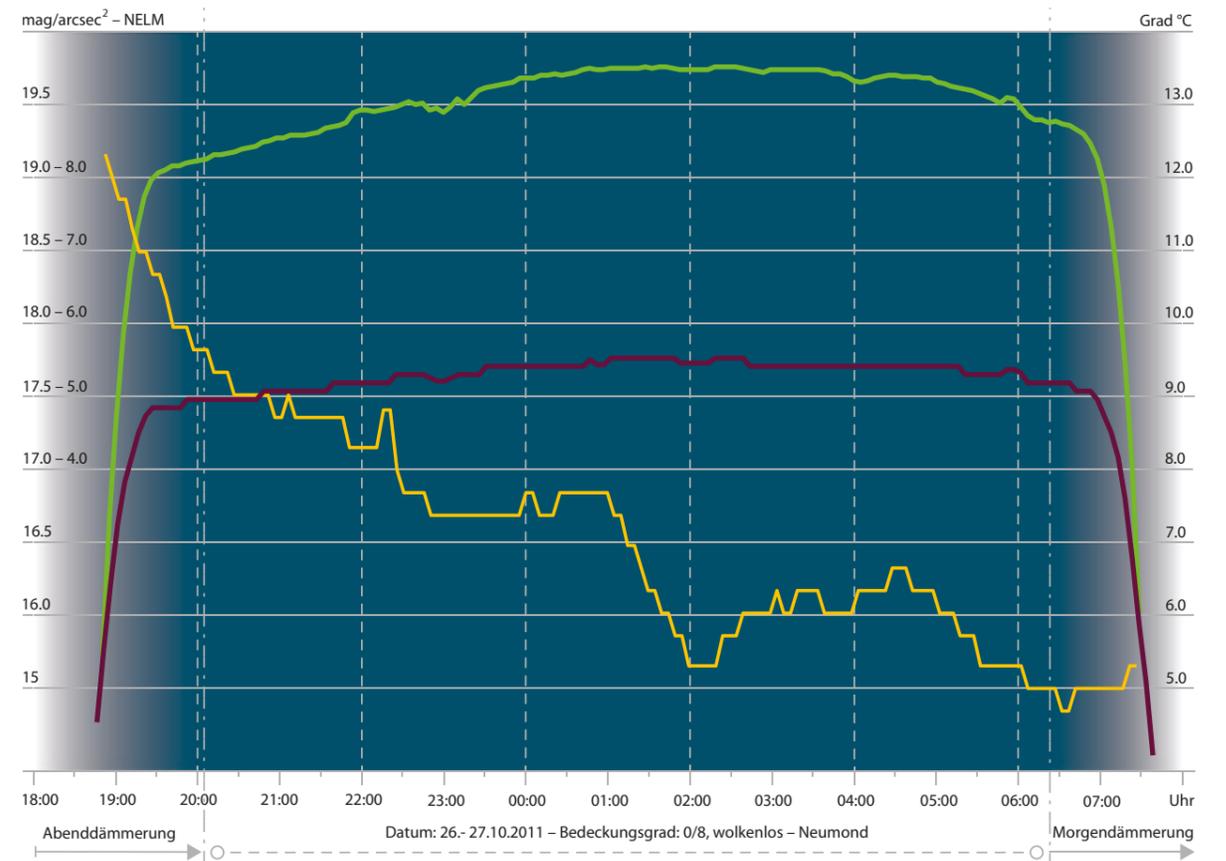
"Light Meter": Messung der Strahlungsstromdichte bei Nacht.



2.33 // Exempl. Messung der Himmelsaufhellung: — Watt pro Quadratmeter



2.34 // Exempl. Messung der Himmelsaufhellung im Falschfarbenbild (cd/m²). Standort oben: Bruchstr. Herne / Standort unten: Grutholzstr.



2.35 // Exempl. Messung der Himmelsaufhellung: — Magnitude pro Quadratbogensekunde, — visuelle Grenzgröße, — Temperatur

2.2 Zusammenfassung, Bewertung und Empfehlungen

Aus den umrissenen Aspekten lassen sich erste Bewertungen und Empfehlungen ableiten. Ihr vorläufiger Charakter wird mit Bewertung der räumlichen Lichtverteilung und -wirkung vervollständigt.⁴⁹⁾

2.2.1 Zusammenfassung

>> Vertragsverhältnis:

- Die Beleuchtungsanlage ist in jeweiligem Umfang Eigentum der RWE Deutschland AG. Der aktuelle Straßenbeleuchtungsvertrag bindet Erstellung, Betrieb und Instandhaltung an die RWE.
- Der Vertrag läuft zunächst im Jahr 2019 aus. Kündigt die Stadt den Straßenbeleuchtungsvertrag, ist die Straßenbeleuchtungsanlage von der Stadt zu übernehmen. Als Kaufpreis gilt der Sachzeitwert; die Leuchtstellen werden unentgeltlich übereignet.

>> Anlagenbestand:

- Es werden 8.350 Leuchtstellen mit 16.480 Leuchtmitteln betrieben.
- In Variationen ausdifferenziert, zeigen sich 63 Leuchtentypen. Unter verallgemeinerter Sicht besteht der Leuchtenbestand aus 13 Ausführungslinien von 11 unterschiedlichen Herstellern.
- Der relativ hohe Bestand an Seilleuchten wird mit jüngeren Umbaumaßnahmen auf Mastträger umgebaut.
- Über die Altersstruktur standen keine systematisch auswertbaren Informationen zur Verfügung. Gleichwohl besteht die begründbare Annahme, dass bei einem Großteil der Bestandsleuchten die betriebsübliche Nutzungsdauer deutlich überschritten ist.
- 45 % der Leuchtstellen wird in Halbnachtschaltung betrieben.
- 89 % des Leuchtmittelbestands besteht aus Leuchtstofflampen; 7 % aus Natriumdampf-Hochdrucklampen.
- Lichtausbeute, Farbwiedergabe und Lebensdauer der maßgeblich verwendeten Leuchtmittel liegen aktuell auf einem guten Niveau.
- 47 % der Vorschaltgeräte sind verlustarm; 33 % konventionell.
- Mit Rabatt von 33 % lagen 2009 die durchschnittlichen Stromkosten bei 12,26 ct/kWh (o. Ust.). Die Betriebs- und Instandhaltungskosten bei 56,80 Euro pro Leuchtstelle (o. Ust.).
- Inklusiv Steuerbeiträge und Rabattierung verursachte in 2009 jede Leuchtstelle i. M. einen Rechnungsbetrag von 104 Euro. Der Bruttorechnungsbetrag belief sich auf ca. 863.000 Euro.
- In allen relevanten Kategorien (Leuchtstellenanzahl, Kosten usw.) zeigen sich zunehmende Tendenzen. Insbesondere für 2011 sind Kostenerhöhungen von insgesamt 7,5 % zu erwarten.⁵⁰⁾

>> Kosten:

- Der höchste Kostenanteil fällt auf Betrieb und Instandhaltung.
- Leuchten, Lampen und Vorschaltgeräte verursachen in Produktion und Rezyklierung Belastungen in Bezug auf giftigen/ungiftigen Abfall, Schwermetalle und Feinstaub. Gleichwohl zeigt sich in sämtlichen umweltwirksamen Belastungskategorien, dass der Betrieb – i. S. der Stromproduktion – die signifikant größten Anteile ausmacht. Bei Gesamtenergiebedarf, Wasserverbrauch, Luftversäuerung und Treibhausgasen bedingt der Betrieb 93-98 % umweltwirksame, bzw. -schädigende Belastungen.
- Die Produktion des verwendeten Stroms bestand im Jahr 2008 aus 59% fossilen, 22% nuklearen und 19% erneuerbaren Energieträgern. Dieser "Mix" verursachte im Bezugsjahr 2008 1.343 Tonnen CO₂ sowie 1,2 Kilogramm radioaktiven Abfall.
- Nächtliche Beleuchtung wirkt sich in gewissem Maße auf die Gesundheit/Wohlbefinden des Menschen aus. Sie ist in bestimmter Hinsicht stark schädlich für Flora und insb. Fauna.
- Die Beleuchtung trägt in gewissem Maße zur Aufhellung des Nachthimmels der Stadt Castrop-Rauxel bei.

49) Siehe Kapitel b.3

50) Aussage RWE Deutschland AG, 17.01.2011 per E-Mail: Arbeitspreis + 9,1 %; Grundpreis + 2,16 %; gesetzliche Abgaben + 28,6 %; Instandhaltungskosten + 4,6 %.

2.2.2 Bewertung und Maßnahmenempfehlungen

• zu a) Vertragsverhältnis und Bewirtschaftung

Bewertung

Der Beleuchtungsvertrag ist historisch begründet mit dem bestehenden Konzessionsvertrag verkoppelt. Seit seiner Erstfassung wurde er nur punktuell geändert. Fraglich zeigt sich hier, welche Vor- oder Nachteile sich aus der Tatsache ergeben, dass die Stadt nicht wirtschaftlicher Eigentümer der Straßenbeleuchtungsanlagen ist – hier bei den Leuchtstellen, die bei Erstinstallation von der Stadt finanziert werden. Zunächst ist festzuhalten, dass die Infrastrukturanlagen bei kommunaler Bilanzierung nicht als Vermögensgegenstand ausgewiesen werden können. Ob und inwiefern sich aus einem Besitz der Anlagen finanzielle Vorteile für die Stadt ergeben, kann erst nach einer genauen wirtschaftlichen Prüfung aller Anlagegegenstände bestimmt werden – diese Prüfung wird erst dann verwendungsfähig, wenn die gesamten (politischen) Umstände einer vertraglichen Neuordnung bekannt sind. Erst in zeiträumlicher Nähe der Vertragsneuordnung kann unter den dann abschätzbaren Gesamtbedingungen und unter genauer Abwägung der wirtschaftlicher Vorteile gehandelt werden.⁵¹⁾ Ein bereits heute zu benennender Nachteil, der sich aus dem Nichteigentum der Leuchtstellen ergibt, zeigt sich bei den aktuellen Fördermöglichkeiten auf Landes- und Bundesebene. Die beachtliche Sanierungsförderung kann dabei nur in Anspruch genommen werden, sofern sich die Anlagen in kommunalem Eigentum befinden. Unter gewissen Voraussetzungen zeigt sich daher, dass sich der Besitz der Infrastruktur langfristig positiv auf die kommunale Finanzlage auswirken könnte. Letztlich wird es vorrangig durch den Besitz möglich, Prozesse der kommunalen Beleuchtung zu optimieren und im Sinne der Stadt zu steuern.

Auf der anderen Seite wird nicht deutlich, ob jederzeit alle Möglichkeiten ausgeschöpft wurden – oder stets ausgeschöpft werden –, die sich aus dem nicht-kommunalen Eigentum ergeben hätten/würden. Beispielsweise fällt bei der Begutachtung der Abrechnung auf, dass die Abgaben der gesetzlichen Stromsteuer bisher stets dem Regelsteuersatz entsprachen. Bis zum 01.01.2011 hätte überprüft werden können, ob Strom, der von Unternehmen des industriellen Sektors zu betrieblichen Zwecken verbraucht wird, nach § 9b Stromsteuergesetz einem ermäßigten Steuersatz unterliegt. Da Anlageeigentum und Energieversorgung bei einem Unternehmen zusammenfallen – und sich ein "Eigenbedarf" ergab –, hätte zu Gunsten der Stadt eine gesetzliche Steuerermäßigung geprüft werden können.⁵²⁾

Bezogen auf den Leuchtstellenbestand, der bei etwaiger Vertragsbeendigung unentgeltlich zurückgenommen werden müsste, bleibt berücksichtigen, dass eine Übernahme der aktuellen (bzw. in 2019) Anlagen auch eine Übernahme eines kostenintensiven Investitionsstaus bedeuten könnte. Zwar

51) Die derzeit diskutierte Gründung eigener Stadtwerke oder ein Entscheid zur Übernahme der Netze und/oder der Leuchtstellen (damit die Frage eigener Ressourcen/Finanzmittel) prägt den gesamten Wirtschaftlichkeitsrahmen grundlegend.

52) Bei einer Stromsteuerabgabe von ca. 42.400 Euro in 2009 und einem ermäßigtem Regelsteuersatz von 12,3 €/MWh hätten sich Einsparungen von ca. 17.000 €/a ergeben. Seit 2011 muss jedoch auch die belieferte Institution ein Unternehmen des produzierenden Gewerbes sein. Jedoch können sich hier noch Änderungen beim Angleich von Bundes- und Landesregulierungsbehörden ergeben.

>> Der kommunale Anlagenbesitz kann wirtschaftliche Vorteile auf Seiten der Stadt Castrop-Rauxel bedeuten. Diese gilt es vor Neuordnung der Vertragsverhältnisse – entlang aller dann bestehenden Rahmenbedingungen – zu erörtern und abzuwägen.

>> Es sollten stets alle Potenziale eruiert werden, die sich aus dem nicht-kommunalen Eigentum ergeben könnten.

» Eine etwaige unentgeltliche Übernahme der Leuchtstellen kann die Übernahme eines kostenintensiven Investitionsstaus bedeuten. Werterhaltung bzw. Investitionen die auf kommunaler Seite langfristig niedrige Betriebskosten bedeuten könnten, sind nicht geregelt.

lagen dieser Studie keine systematisch auswertbaren Daten zum Alter der Anlagen vor, es besteht hingegen die begründbare Vermutung, dass der Großteil der Leuchten die betriebsübliche Nutzungsdauer von 30 Jahren überschritten hat und wirtschaftlich aufgezehrt ist. Altersbedingt wird die einzelne Leuchtstelle für die Stadt erst kostenneutral erneuert, wenn sie nicht mehr betriebsbereit ist oder ein Umbau vom Unternehmen selbstbestimmt vorgenommen wird. Ohne etwaige eigentumsimmanente Vorteile genutzt zu haben, würden bei Übernahme des Altbestands zahlreiche sanierungsbedürftige Leuchtstellen aufgenommen, was immense Erneuerungsaufwendungen auf kommunaler Seite bedeuten würde. Ein weiterer Betrieb dieser Anlagen würde noch erheblichere Betriebskosten mit sich führen. Der Vertrag bzw. die Nebenabreden legen zwar die "kalkulatorische Nutzungsdauer" auf 30 Jahre für Leuchten und 40 Jahre für Leuchenträger fest, um die Beteiligungssätze bei Wiederbeschaffung auf Unternehmensebene reduzieren zu können, sie machen hingegen keine Aussagen zur "technischen Lebensdauer" mit etwaig turnusgemäßen Erneuerungen, was in den Punkten der Betriebskosten, Werterhaltung und Beleuchtungsqualität letztlich der Stadt zugute käme. Eine maßgebliche Option zugunsten der Stadt ergäbe sich hingegen bei Änderungen alter Anlagen – z. B. bei den Seilanlagen. Bei Änderungsmaßnahmen beteiligt sich die RWE Deutschland AG mit 100 % an den Kosten sofern die Standzeit mehr als 35 Jahre beträgt – vor Vertragsabschluss könnten Anlagen somit kostenneutral auf den neuesten Stand gebracht werden.

Die Begutachtung des aktuellen Handlungsbereichs der Straßenbeleuchtung lässt erkennen, dass die Straßenbeleuchtung eine eher nachrangige Position in der aktiven Lenkung durch die Kommune einnimmt. Die heutigen Rahmenbedingungen der Straßenbeleuchtung unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten verlangen nach einem stets aktualisierten Hintergrundwissen und einem technisch unterstützten Management der Infrastruktur. Zum einen bedeutet dies personelle Spezialisierung des Bereichs Straßenbeleuchtung und zum anderen den Aufbau einer digitalen Datengrundlage. Spezialisiertes Personal und moderne Instrumente bilden ein sich gegenseitig bedingendes System der kommunalen Kompetenz.

Insgesamt ist festzuhalten, dass der Straßenbeleuchtungsvertrag in keinem Verhältnis zu aktuellen Marktbedingungen und in geringem Gleichgewicht mit gemeinwesentlichen Interessen steht. Änderungen im laufenden Vertragsverhältnis vorzunehmen wären möglich, jedoch nur mit marginalen oder gar qualitätsmindernden Resultaten. So sollten Potenziale einer vertraglichen Neuordnung genauer erörtert und entsprechend genutzt werden. Kommunale Vorteile bei Preisen, Sanierungsmaßnahmen, ökologischen Betriebsführungen, Wartungszyklen usw. sollten zukünftig dem Wettbewerb ausgesetzt, bzw. vertraglich umfassender festgesetzt werden. **Die Ausschreibung der entsprechenden Leistungen des Beleuchtungsvertrags wird dabei ohnehin verpflichtend, sobald der aktuelle Vertrag ausläuft und sich inhaltliche Vertragsänderungen ergeben.** Zwar kann der Konzessionsvertrag auch ohne Durchführung eines Vergabeverfahrens fortgeführt werden, jedoch trifft dies für die mit der Beleuchtung verbundenen Beschaffungsvorgänge nicht zu.⁵³⁾

53) Die Ausnahme bilden sog. "Inhouse-Geschäfte". Die Schwellenwerte gem. § 2VgV und der Rahmen der Straßenbeleuchtungskosten lassen eine europaweite Ausschreibung als Offenes Vergabeverfahren erwarten (hierzu auch GemHVO NRW § 25)

» Im Rahmen einer personellen Spezialisierung ist die Dokumentation eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Planung, den Bau und die effiziente Instandhaltung der Anlagen – erforderlich sind verknüpfte Sach- und geografische Anlagendaten.

» Die in den Wettbewerb gestellte Vergabe der Straßenbeleuchtung lässt deutliche Vorteile – je nach inhaltlicher Gewichtung ökologisch und monetär – auf Seiten der Kommune erwarten.

+1

Handlungsoptionen

Für die Kommune zeigen sich z. B. verschiedene Optionen bei der strategischen Neuordnung der Stromversorgungsnetze, bei der die Straßenbeleuchtung unterschiedliche Rollen spielen kann [b21]:

Option 1: Verlängerung bzw. erneute Konzessionsvergabe an einen Dritten.

Option 2: Neuvergabe der Konzession an eine zu gründende Netzgesellschaft (Beteiligung eines strateg. Partners).

Option 3: Neuordnung durch diverse Pachtmodelle über die Trennung von Netzeigentum und -betrieb u.v.m.

Eine weitere Kopplung von Konzessions- und Beleuchtungsvertrag zeigt sich jedoch nicht ratsam od. möglich, da:

- Nebenleistungsverbot nach § 3 KAV
- Trennung von Netz- und Strombetrieb
- Ausschreibungspflicht
- Techn. Entwicklung bedarf flexible Handlungsmöglichkeiten, die mit langen Verträgen nicht gegeben ist.

+2

Inhaltliche Vertragsstruktur

Folgende Leistungen sind als Schwerpunkte zu konkretisieren:

- Betrieb und Strombezug
- Wartung und Installation
- Neubau und Ersatzneubau
- Umbau und Rückbau
- Leuchten und Komponenten
- Technische, energetische, ökologische und gestalterische Standards
- Ziele und Gewichtung von Umweltverträglichkeit und Kosteneffizienz.
- Dokumentation und Information
- Vergütungssystem und Laufzeit

Maßnahmenempfehlungen

Potenziale verschiedener Vertragskonstellationen prüfen. 

- Erstellung eines Gutachtens⁵⁴⁾ für eine Alternative der Konzessionskopplung → Hier kann die beste Handlungsoption in Verbindung mit dem Straßenbeleuchtungsvertrag erörtert werden, bei der die relevanten wirtschaftlichen Folgen geprüft, bewertet und insgesamt abgewogen werden (+¹).⁵⁵⁾

Straßenbeleuchtungsvertrag als Instrument nutzen.   

- Explizite Kriterien und Ziele in der Straßenbeleuchtung politisch abwägen und vertraglich konkretisieren → Die zu erbringenden Leistungen können hierdurch im Interesse der Stadt formuliert und konsolidiert werden.
- Effizienz-, Ökologie- und Qualitätsziele sowie Standards vertraglich detaillieren (+²) → Eine erfolgsabhängige Vergütung, ggf. durch eine nachgewiesene Erfassung der Verbrauchsdaten, kann die Erreichung kommunaler Ziele garantieren.⁵⁶⁾
- Kommunale Informationsrechte im Straßenbeleuchtungsvertrag konkretisieren und detaillieren → Die genaue Festlegung einer turnusgemäßen, umfassenden und digitalen Informationsübermittlung zu Anlageninstallationsdatum, Produktspezifikationen usw. befähigt zur effektiveren Entscheidungsfindung strategischer Neuausrichtungen.

Dienstleistung in den Wettbewerb stellen. 

- Eine Neuordnung der Vertragsverhältnisse sollte durch eine öffentliche Ausschreibung des Vertrages erfolgen → Hier liegt der Kern einer kostenoptimierten Straßenbeleuchtung.⁵⁷⁾
- Getrennte Ausschreibung von Betrieb-/Instandhaltung und Stromlieferung → Durch separate Leistungsausschreibungen können wirtschaftliche Erträge generiert werden.⁵⁸⁾
- Ausschreibungskosten können reduziert werden, indem ggf. kommunale Beschaffungsgemeinschaften gebildet werden.

Kommunale Kompetenzen intensivieren. 

- Aktive Handhabung und Lenkung der Straßenbeleuchtung in Planung und Ausführung durch eine stets aktuell geschulte Belegschaft intensivieren → Entscheidungen folgen so deutlicher dem kommunalen Interesse: z. B. in objektiver Produktwahl oder lichttechnischen Dimensionierungen. Auch die Bewertung der Straßenkategorie mit demgemäß durchgeführter lichttechnischer Bewertung und die Bestimmung von Höchstwerten sollte durch die Stadt erfolgen.⁵⁹⁾

Erneuerung vor Vertragsabschluss intensivieren.  

- Anlagen die älter als 35 Jahre sind sollten geändert bzw. erneuert werden → Bei diesen Anlagen übernimmt der aktuelle Betreiber 100 % der Änderungskosten. Vor Vertragsabschluss könnte damit der Anlagenwert verbessert und die Übernahme eines Investitionsstaus vermieden werden.

54) Durch spezialisierte Juristen und unter Einbezug der relevanten Ämter.

55) Erst nach Prüfung aller strategischen Ansätze (z. B. Stadtwerke; Inhouse-Geschäft; Übernahme der Leuchtstellen und/oder der Straßenbeleuchtungsnetze; Einbringung kommunaler Ressourcen usw.) kann eine Handlungsoption gefestigt werden.

56) Hierzu auch Kapitel b.3, Pkt. 3.2.3 b): Ausäten der Leuchten vertraglich festlegen.

57) Kosten für Strom, Wartung und Betrieb können im Wettbewerb niedriger ausfallen [b23]. Jedoch darf die Qualität insgesamt nicht vernachlässigt werden!

58) Hierbei empfehlen sich Vertragslaufzeiten von 3-5 Jahren für Strom und 4-8 Jahre für Betrieb und Instandhaltung [b21].

59) Die Norm zur Straßenbeleuchtung legt lediglich Mindest- und keine Höchstwerte fest – lichttech. Überdimensionierungen sind in der Praxis keine Einzelfälle.

- zu b) **Leuchtstellen**

Bewertung

Aussagen über eine generelle Über- oder Unterversorgung an Leuchtstellen entlang der Gesamtmenge können nicht pauschal getroffen werden. Die Leuchtstellenanzahl wird von Faktoren wie z. B. der Bebauungsdichte, Gemeindegröße, dem Straßennetz usw. beeinflusst, so dass ein kommunales "Benchmarking" – wie es derzeit von den Gemeindeprüfanstalten oder Wirtschaftsprüfungsgesellschaften versucht wird⁶⁰⁾ – nur sehr begrenzte Anhaltswerte liefern kann und unter gegebenen Bedingungen auch nur wenig zielführend erscheint [b23]. Die Abstandsweiten der Leuchtstellen sind zum größten Teil in Zeiten festgelegt worden, in denen die Lichttechnik noch keine hohen Verteilungsweiten garantieren konnte oder der Anspruch an gleichmäßiger Lichtverteilung auf z. B. Wohn- oder Anliegerstraßen geringer ausfiel. Die Aussage über die Leuchtstellendichte wird somit erst in konkreter räumlicher Situation, entlang verfügbarer Techniken und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit im Sinne festgelegter⁶¹⁾ oder festzulegender⁶²⁾ Stromanschlüsse erfolgen können.

Festzuhalten bleibt hingegen, dass sich der bisherige kommunale Kenntnisstand über den Gesamtbestand begrenzt darstellt. Die Aufarbeitung im Rahmen dieser Untersuchung konnte dabei 93 % des Bestands technisch identifizieren und räumlich zuordnen – ca. sieben Prozent der Leuchtstellen bleiben in ihrer technischen Ausführungsart hingegen unbekannt. Das hier angewandte "KGR-System" kann insofern nur eine erste Stufe der weiteren Informationsgenerierung darstellen, um den Anlagenbestand auf Seiten der Stadt Castrop-Rauxel genauer zu dokumentieren.

In der Auswertung zeigen die statistisch relevanten Typenanteile (> 5%) lediglich acht grundlegend unterschiedliche Modellvarianten. Eine gewisse Variationsbreite ist dabei notwendig, um unterschiedlichen Raum- und Lichanforderungen gerecht werden zu können. Die gleichsam stringente Beschränkung auf acht Typen ist insofern positiv zu bewerten, als hierdurch Lagerhaltungs-, Wartungs- und Reparaturkosten gering gehalten werden können. Auch ihre einheitliche Raumverteilung ist positiv hervorzuheben. Unter Berücksichtigung einer effizienten Betriebsökonomie sollte hingegen die weitere Reduktion der Leuchtentypen auf die statistisch hier nicht relevanten Anteile (< 5%) ausgeweitet werden.

Ebenfalls ist positiv zu bemerken, dass der Anteil an dekorativen Leuchtenmodellen relativ gering gehalten wurde, ohne dass bei den technischen Anlagen auf Ansprüche des Erscheinungsbildes in Gänze verzichtet wurde. Gleichwohl zeigt sich bei jüngeren Installationen eine deutliche Tendenz zur Bevorzugung von dekorativen Leuchtentypen – hier insbesondere Typ KGR D1.1. Dabei ist anzumerken, dass – selbst in räumlichen Situationen mit erhöhtem Anspruch an die Architektur der Leuchte – die Wahl ohne Konsultation eines in Bezug auf Gestaltung versierten Beirats und mit Beschränkung des vom Dienstleister zur Verfügung gestellten Auswahlkatalogs erfolgt.

60) Hier werden bundesdeutsche Mittelwerte von 0,1 Leuchtstellen pro Einwohner angenommen (EW = 50-100 Tsd.), was für Castrop-Rauxel zutreffend wäre.

61) Bei bestehenden Maststandorten.

62) Bei Umbau von Seil- auf Mastsystem oder bei Neubaumaßnahmen.

» Die Quantität der betriebenen Leuchtstellen kann nicht pauschal, sondern erst in kleinräumlicher Situation bewertet werden.

» Der Anlagenbestand sollte auf kommunaler Seite umfassender und EDV-gestützt dokumentiert sein.

» Die Typenvariation ist begrenzt, was positiv zu werten ist. Eine kriteriengeleitete Reduktion sollte erweitert werden. Die Verwendung eher gestalterischer Leuchtenmodelle auf Straßen und Wegen ist zu reduzieren.

+

Merkmale

Folgende Merkmale bestimmten mitunter die Qualität der Leuchte:

- Leuchtenwirkungsgrad
- Lichtverteilung
- Wartungsfreundlichkeit
- Vandalismusbeständigkeit
- Materialqualität
- Technischer Schutzgrad
- Modularität
- Zertifizierung
- Gestalterischer Eindruck

» Im Sinne der energetischen Effizienz liegen die technischen Leuchten aktuell auf einem befriedigenden Niveau.

Maßnahmenempfehlungen

Kommunale Dokumentation komplettieren und ausbauen. ☞

- Ausbau eines kommunalen Informationssystems, das technische Sach- und geografische Anlagendaten vereint und systematisiert zugänglich macht⁶³⁾ → Analoge oder lückenhafte Bestandsdokumentation kann zu Fehldispositionen, Fehlplanungen oder zeitintensiven Recherchen führen.

Typenvariation gering halten und weiter reduzieren. ☞ ☞

- Variationsbreite der Leuchtentypen weiter reduzieren → Bevorratung, Ersatzteilversorgung, Reparaturprozesse usw. müssten ansonst auf eine Vielzahl von Varianten eingehen, was die Wartungs- und Betriebskosten intensiviert.
- Räumlich einheitliche Gruppierungen stärken → Das Straßenbild wird anteilig von der mit ihr ausgestatteten Beleuchtungsinfrastruktur (auch am Tag) geprägt. Eine zurückhaltende Einheit stärkt die Orientierung der Raumstruktur und steigert gleichsam die effiziente Bewirtschaftung.⁶⁴⁾

Besonders gestaltete Leuchten gezielt verwenden. ☞ ☞

- Dekorative Leuchten nur verwenden, wenn die räumliche Situation erhöhte repräsentative Anforderungen stellt → Derartige Typen zeigen zumeist nur eine geringe lichttechnische Leistungsfähigkeit, was zu höheren Lampendimensionierungen oder Leuchtstellenzahlen führt und unwirtschaftlich ist.⁶⁵⁾ Für Straßen- und Wegebeleuchtung – auch Wohnstraßen – sind funktionale Leuchten einzusetzen.

Leuchten- und Komponentenatalog überarbeiten. ☞ ☞ ☞

- Funktionale und dekorative Leuchten einschließlich ihrer technischen Komponenten durch die Stadt qualifizieren → Entlang differenzierter Lichanforderungen sollten für explizite Produkte und Technologien (Mindest-)standards und Prinzipien⁶⁶⁾ mit ökologischen, gestalterischen und energetischen Qualitätsaspekten festgelegt werden (+). Um die bisherige Variantenlinie nicht zu unterbrechen, sollten die Grundzüge des aktuellen Auswahlkatalogs berücksichtigt bleiben.
- Konsultation des Gestaltungsbeirats → Bei der Wahl neuer Leuchtstellen kann der Beirat dazu beitragen, dass auch das Erscheinungsbild der Leuchtstellen im Straßenraum ganzheitlichen und qualifizierten Kriterien folgt.

- zu c) **Lichttechnische Eigenschaften der Leuchten**

Bewertung

Energetisch zeigt sich bei den technischen Leuchten, dass die durch die Leuchtmittel erzeugten Lichtmengen mit Prozentsätzen zwischen 78 und 88 % von der Leuchte wiedergegeben werden.⁶⁷⁾ Diese Werte liegen in einem aktuell akzeptablen

63) Hierzu gehören auch Störungs- und Schadensstatistiken.

64) Siehe hierzu z. B. Gliederungsteil: e.1 – Standort LCR-R-051-SW

65) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.2

66) Um dem technologischen Fortschritt folgen zu können, dienen Prinzipien hier der Langfristigkeit des Katalogs und einer entsprechenden Handlungsflexibilität für Produkte und Techniken während der Vertragslaufzeit.

67) Leuchtenbetriebswirkungsgrad als Verhältnis von Lampen- & Leuchtenlichtstrom. Es gilt zu berücksichtigen, dass für den Bestand theoretische Werte von heute verfügbaren Vergleichsprodukten genutzt wurde.

bis guten Verhältnis, da bei Leuchten mit niedrigen Werten auch visuell-ergonomische Eigenschaften berücksichtigt bleiben müssen. Gegenwärtig und zukünftig sollten gerade letztere Eigenschaften der Leuchten als ein bedeutender Aspekt gewichtet werden. Technisch innovative Leuchten, die z. B. mit Hochdrucklampen⁶⁸⁾ oder Licht emittierenden Dioden (LED) bestückt sind, bergen die Gefahr starker Blendung, da das Licht in einem eher kleinen Punkt erzeugt und ggf. über Spiegeltechniken der Leuchte (energetisch effizient) gestreut wird – die Chance weiter Mastabstände steht hierbei einer erhöhten Gefahr geminderter Sehqualitäten entgegen. Gegensätzlich erweisen sich dabei die bisher sehr häufig verwendeten Langfeldleuchten.⁶⁹⁾ Ihr Lichtstrom ist drei bis fünf mal so gering wie bei den zuvor benannten Leuchten und wird zudem auf einer sehr viel größeren Fläche – über die Länge der Leuchtstoffröhre – erzeugt. Das bedeutet, dass selbst bei direkter Blickverbindung nur wenig Blendgefahr besteht – gerade in Längsrichtung der Lampenachse. Hier entscheidet die zweckgebundene Lichanforderung sowie die räumliche Lage der Leuchte den Abwägungsprozess, da die verwendeten Langfeldleuchten bei Ansprüchen an eine hohe gleichmäßige Lichtverteilung auf der Straße und an entsprechende Lichtstärke eine höhere Leuchtstellendichte und Leistung einfordern. Dieser Unterschied kann in Castrop-Rauxel beispielhaft an jüngeren Umbaumaßnahmen belegt werden, bei denen seilgebundene Langfeldleuchten durch Mastleuchten ersetzt wurden.⁷⁰⁾ Hier zeigen sich nach Umrüstung zwar höhere Beleuchtungsstärken mit gleichmäßiger Verteilung bei doppelter Lichtpunktweite, doch demonstriert dieses Beispiel gleichsam den wahrnehmbaren Anstieg von Lichtblendung – gerade für Fußgänger.⁷¹⁾

» **Zentraler Aspekt der Leuchteneffizienz ist eine optimierte Lichtverteilung auf den zu beleuchtenden Flächen. Kombiniert mit angepassten Optiken erzielen hierfür kleine, leistungsstarke Leuchtmittel eine optimale Lichtverteilung im energetischen und entsprechend monetären Sinne. In Hinsicht der Sehqualität ergeben sich dagegen Gefahren starker Blendung.**

Auf die einzelnen Leuchtstellen bezogen, tritt eine weitere Tatsache negativ hervor. Der je nach Leuchtentyp produzierte Lichtstrom strahlt zwischen drei und neun Prozent in den sog. "oberen Halbraum". Das bedeutet, dass im schlechtesten Fall neun Prozent des Lichtstroms über die Horizontalachse der Leuchte unwirtschaftlich bzw. ökologisch bedenklich in den Nachthimmel strahlen. Die gewisse Notwendigkeit der Aufhellung der Umgebung sollte nicht darin resultieren, dass Leuchten flächendeckend mit hohen Streuverlusten eingesetzt werden. Auch wenn sich der Prozentsatz der Einzelleuchte vermeintlich niedrig darstellt, ist hierbei das Gesamtergebn zu berücksichtigen. Zum einen die künstliche Aufhellung des Nachthimmels⁷²⁾ und zum anderen die verschwendeten monetären Mittel: Für Castrop-Rauxel konnte berechnet werden, dass ca. vier Prozent des Stroms unwirtschaftlich vergehen. Das heißt, dass jährlich 80.620 kWh oder 14.500 Euro über den oberen Leuchten-Halbraum ungenutzt verloren gehen.

» **Die hohen Streuverluste der Leuchten sind negativ zu beurteilen. Zum einen wird der nächtliche Stadthimmel überblendet und zum anderen vergehen dabei jährlich unnütz 14.500 Euro.**

Aktuell ist noch eine weitere Fehltendenz zu beobachten: So werden bei Neubaumaßnahmen effiziente und leistungsstarke Lampen in Leuchten mit Wirkungsgraden von < 55 % bzw. sogar < 35 %⁷³⁾ verwendet, da offenbar Aspekte stadtgestalterischer Darstellung in den Vordergrund gestellt werden. Über eine weitgehend ungenutzte Lichtverteilung wird die Effizienz der

68) Z. B. Typ KGR B1.1

69) Z. B. Typ KGR A1.1

70) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.2 – Standorte LCR-I-027-SO und LCR-I-027-NW.

71) Siehe hierzu auch Gliederungsteil: a.4 Pkt. 4.3 e)

72) Siehe Punkt 2.1 m)

73) Je nach technischer Ausführung und Leuchtmittel.

» **Die Wirkungsgrade der bei vielen Neubaumaßnahmen eingesetzten Leuchten liegen deutlich unter heute gangbaren 75 %. Die schlechten Wirkungsgrade bedeuten aktuell einen monetären Verlust von jährlich ca. 23.200 Euro.**



2.36 // Anschlussleistung als Gegenüberstellung der Verluste mit dem Ertrag



2.37 // Gesichtsfeld des linken Auges

Lampe nicht nur entschieden geschwächt, sondern zudem durch blendungsreduzierende Optiken reduziert.⁷⁴⁾ Insgesamt vergehen durch die jeweiligen Wirkungsgrade der Leuchten jährlich 486.700 kWh oder 87.600 Euro. Da ein bestimmter Verlust über den Betriebswirkungsgrad technisch hingenommen werden muss, konnte für Castrop-Rauxel berechnet werden, dass jährlich ca. 130.000 kWh oder 23.200 Euro eingespart würden, sofern bei unveränderten Beleuchtungsergebnissen durchgehend ein mind. Betriebswirkungsgrad von ausführbaren 75 % eingehalten worden wäre.⁷⁵⁾ Wie zuvor erwähnt, zeigen sich in einer Stadt räumliche Situationen, die betreffende Lichtinstrumente als geeignetes Mittel der Wahl darstellen können – doch geht eine derartige Beleuchtung von Straßen und Plätzen nur mit Hinnahme einer hohen und unwirtschaftlichen Leuchtstellendichte sowie visuellen Qualitätsverlusten einher, da die Lichtaustrittsflächen stets im visuellen Gesichtsfeld liegen.

Ebenso ist bei den Leuchteigenschaften die Bestückungsart der Lampen zu beachten. Eine optimale Lichtverteilung ergibt sich dabei mit einem Leuchtmittel und einer daran angepassten Spiegeloptik. Bei z. B. zweifacher Bestückung kann die Lichtverteilung nicht optimal ausfallen. Hierbei ist aktuell die Methode zu beobachten, dass Kompaktleuchtstofflampen in Langfeldleuchten KGR Typ A1.1 eingesetzt werden – Leuchtstofflampen sind nicht nur effizienter, sondern insbesondere auf den entsprechenden Lampenraum abgestimmt.

Maßnahmenempfehlungen

Lichttechnisch optimierte Leuchten verwenden.

- Beachtung des Gesamtsystems⁷⁶⁾ bei Effizienzbeurteilung → Die Energie ist in höchstem Maße in Nutzlicht umzuwandeln.
- Den Leuchtenbetriebswirkungsgrad als maßgebliches Merkmal berücksichtigen → Leuchten mit Wirkungsgraden < 70 % sind nur unter Maßgabe besonderer Umstände zu verwenden. Erstrebenswert sind Wirkungsgrade > 75 %.
- Verwendung von Leuchten mit 1-lampiger Bestückung und optimierter Spiegeloptik → Bei der Lichtverteilung sind Effizienz und Sehqualität zu berücksichtigen.
- Vermeidung von unabgestimmten Lampenbestückungen → die Verwendung von Kompaktleuchtstofflampen in Langfeldleuchten ist ineffizient und qualitätsreduzierend.
- Vermeidung von Leuchten, die Blickverbindungen auf Leuchtmittel oder Lichtaustrittsfläche zulassen, bzw. innerhalb des Gesichtsfelds liegen → Hiermit wird unmittelbare Blendung von vornherein vermieden (+).

Streuverluste vermeiden.

- Leuchten ohne Streuverluste einsetzen → Die Bevorzugung von (stark) abgeschirmten Leuchten verringert Energieverluste und ökologische Negativeffekte.
- Bevorzugung von Leuchten, bei denen das Leuchtensystem eine Möglichkeit zur Einstellung der Lichtverteilung vor Ort vorweisen kann → So kann auch mit standardisierten Produkten auf räumlich individuelle Bedingungen eingegangen werden.

74) Natriumdampf-Hochdrucklampen in Typ KGR D1.1: z. B. Berliner Platz oder Schulstraße. Siehe hierzu auch Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.3 und // 7.4.

75) Abbildung // 2.36 zeigt die anteiligen Verluste der Anschlussleistung im Vergleich zum Ertrag des nutzbaren, nach unten gerichteten Lichtstroms. Mittelwert bezogen auf die Gesamtheit der in Castrop-Rauxel eingesetzten Techniken.

76) Aktuell bestehend aus Vorschaltgerät, Lampe & Leuchte mit Optik und Lichtaustritt.

Langfristigkeit der Produktqualität berücksichtigen. 

- Bevorzugung von Leuchten mit einfacher Wartungsbedienung
→ Eine z. B. werkzeuglose Wartung erweist sich auf Dauer Kosten reduzierend.
- Nutzung von fertigungstechnisch optimierten Schutzarten (mind. IP54, besser IP65), die durch die Fertigung der Leuchte auch auf Dauer gehalten werden können → Erhöhte Staub- und Wasserdichtigkeit dient die Effizienz und Dauerhaftigkeit der Anlage über lange Zeiträume hinweg.
- Bevorzugung von Leuchten, die kompatibel zu Anlagen sind, die eine individuelle Lichtstromsteuerung übernehmen können → Heute noch unrentable Steuerungstechniken können zukünftig so mit dem Bestand kombiniert werden.

• zu d) Leuchenträger und -höhen

Bewertung

Die vorrangig eingesetzten Mastleuchten mit einer Höhe von bis zu sechs Metern erweisen sich unter Maßgabe aktueller Wartungskosten vorteilhaft.⁷⁷⁾ Gemessen an der heutigen Entgeltstruktur liegen die Kosten pro Lichtpunkt bei dieser Variante im niedrigsten Niveau. Unter diesem Gesichtspunkt zeigen die am Seil befestigten Leuchten (zweithäufigst verwendete Trägervariante) deutliche Nachteile, da ihre Wartung mit ca. 7 Euro pro Lichtpunkt berechnet wird. So ist die Seilträgervariante um bis zu 30 % teurer im Vergleich zu Mastträgern mit einer Höhe zwischen sechs und neun Metern. Da die Seilträger in Castrop-Rauxel nahezu ausschließlich mit Langfeldleuchten bestückt sind, die, wie oben erwähnt, nur unter Hinnahme einer erhöhten Lichtpunktzahl ausreichende Helligkeiten und Gleichmäßigkeiten erreichen, ist diese Kombination⁷⁸⁾ mit sehr hohen Wartungskosten verbunden. Die Seilträger machen so 25 % der Wartungskosten aus, obwohl ihr quantitativer Anteil nur 16 % der Trägergesamtheit bildet.

Gleichwohl müssen hierbei zwei Aspekte berücksichtigt bleiben. Zum einen ist der entscheidende Vorteil des Seilträgers, dass er eine Lichtpunkthalterung direkt über der Fahrbahn garantieren kann. Schatten durch parkende Kraftwagen oder Einwuchs in Straßenbegleitgrün ist nahezu ausgeschlossen.⁷⁹⁾ Die Lichtverteilung im Straßenquerschnitt ist symmetrisch, so dass kein Restlicht unverhältnismäßig auf Straßen begleitende Fassaden – und dementsprechend in private Wohnungen – fallen kann. Die straßenmittige Ausrichtung kann aus ihrem Befestigungsprinzip heraus eine auf beiden Fahrbahnen und Gehwegen gleichsam aufgeteilte Ausleuchtung garantieren. Dies ist insbesondere ein Vorteil bei breiten Fahrbahnquerschnitten, bei denen die Mastalternative zu zweiseitigen Reihungen mit entsprechend steigender Lichtpunktzahl führen würde.⁸⁰⁾ Zum anderen trägt die Seilbeleuchtung zur klareren Linienführung der Straßen bei, was die Hauptwegeorientierung deutlich unterstützt. Die Alternative einer Mastbeleuchtung kann diese Linienführung gerade in Höhenversprüngen nicht derart erfüllen, so dass sich tlw. Perspektiven ergeben, die den Straßeneindruck bzw. die

77) 1-fache Ausführung, d. h. mit einem Leuchtenkopf bestückt.

78) In Straßenrichtung ausgerichtete Leuchte am Seil in ca. 15-metrigem Abstand.

79) Siehe hierzu auch auch Kapitel b.3, Pkt. 3.2.3 b): Baumeinwuchs

80) Fahrbahnbreite zu Lichtpunkthöhe: $b/h > 1 =$ doppelte Reihung. Siehe hierzu Gliederungsteil: e.1 – Standort LCR-R-041-N.

» Es werden maßgeblich Mastträger mit Lichtpunkthöhen von bis zu sechs Metern eingesetzt. Diese sind im Gegensatz zum zweithäufigst eingesetzten Träger, dem Seil, sehr kostengünstig.

» Hauptaufgabe des Trägers ist die Platzierung der Leuchte an die lichttechnisch "beste" Lage im Straßenraum. Diese befindet sich vorrangig über der Straßenmitte. Auch die Rücksicht auf stadtgestalterische Merkmale oder Aspekte der visuellen Führung sind von Belang.

» Peitschenförmige Masten platzieren die Leuchte annähernd straßenmittig. Die aktuell verwendeten Ausleger an lotrechten Masten sind dahingehen unzureichend und zeigen zudem unausgewogene Proportionen im Tageseindruck.

» Schutzanstriche in schwarz/anthrazit führen zu einer vorteilhaften visuellen Zurückhaltung. Verzinkte Stahlmaste sind aktuell die richtige Wahl.

Orientierung insgesamt schmälern.⁸¹⁾ Hinzu kommt, dass die nur sporadisch aufgestellten Betonmaste des Seilkonstrukts aufgrund ihrer weiten Abstände nur selten die Wahrnehmung des Straßenraums stören. Eine Schar hintereinander gereihter Masten zeigt hierbei eine mengenmäßig deutlichere Dominanz der Tragkonstruktionen am Tag und beeinflusst zudem die effektive Straßenreinigung und -räumung.⁸²⁾ Letztlich ist auch bei der Frage des Trägers eine am Raum orientierte Abwägung notwendig, um einem ausgewogenen Beleuchtungsprinzip zuträglich zu werden.

Grundsätzlicher zeigt sich die Bewertung der Mastformen. Die in der Vergangenheit häufig verwendete "Peitschenform" ist in der Lage, das o. g. Problem der lichttechnisch günstigen Lage des Lichtpunkts über der Fahrbahnmitte auszugleichen. Auch wenn der peitschenförmige Ausleger nur annähernd diese erreicht, ist die angemessene Lichtverteilung auf den Nutzflächen und die Vermeidung des Baumeinwuchses eher gegeben, als bei lotrechten Mastformen mit Ansatz- oder Aufsatzleuchten. Bei jüngeren Umbaumaßnahmen – namentlich Hauptverkehrsstraßen bei denen von Seil auf Mast umgerüstet wurde – ist zu beobachten, dass lediglich in baumnahen Situationen ein ca. 1,5 Meter weiter Ausleger verwendet wird. Diese Auslegerlänge ist zum einen nicht ausreichend, um die o. g. lichttechnischen Vorteile zu erzielen und verstärkt zum anderen die wechselhafte und unruhige Lichtpunktanordnung in Straßenperspektive, da das Prinzip nicht konsequent über den Straßenverlauf geführt wird. Bezogen auf den Tag-Eindruck dieser Ausführungsart ist anzumerken, dass sich die gestalterischen Proportionen des Auslegers zum Mast und zum Leuchtenkopf vollkommen unausgewogen und mangelhaft darstellen.⁸³⁾

Die Schutzanstriche in schwarz/anthrazit – entgegen der früher gewählten Tönung in grau-grün oder braun-rot – führen zu einer deutlich verbesserten Zurückhaltung in stadtgestalterischer Hinsicht. Dieser eher neutrale Farbton sollte fortgeführt werden. Bis auf die vierprozentig vorhandenen "Ausleger" am Leitungsmast aus Holz sind die Mastträger in Stahl ausgeführt. Unter Berücksichtigung der Kosten, statischen Belastbarkeit und Dauerhaftigkeit zeigen sich verzinkte Stahlmaste in Anschaffung, Wartung und Wiederverwertungsmöglichkeit vorteilhaft.

Maßnahmenempfehlungen

Abwägungsorientiert auf Mastträger umbauen. 

- Krienergeleitet und ausgewogener Rückbau des kostenintensiven Seilsystems ohne Qualitätsverlust → Das Seilsystem bietet lichttechnische und stadtgestalterische Vorteile.
- Prüfung von Kombinationsalternativen → Die Gesamtkosten des Seilträgers können auch mithilfe anderer Leuchten und Lichtpunktständen reduziert werden.
- Die geordnete Linienführung der Hauptwegeorientierung in perspektivischer Sicht berücksichtigen → Fahrzeugführenden Personen werden so Informationen zu Straßengliederungen, Richtungsänderungen, Fahrbahnverschwenkungen, Aufweitungen usw. in langer Perspektive gegeben, was das Fahrverhalten positiv beeinflusst.

81) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.1 – Standorte LCR-R-042-S und LCR-R-043-S.

82) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.1 – Standorte LCR-R-034-S und LCR-R-034-N.

83) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.5.

Straßenmittig ausgerichtete Träger verwenden. 

- Mastträger konsequent mit weitreichenden Auslegern versehen oder – bei Hauptverkehrsstraßen – auf dem Mittelstreifen positionieren → Die Wahl des Leuchenträgers kann maßgeblich zur verbesserten Lichtverteilung beitragen, indem die Leuchte annähernd straßenmittig platziert wird.

Visuelle und materialbedingte Qualität beachten. 

- Unproportionale Ausleger oder farbige Schutzanstriche vermeiden → Die Beleuchtungsinfrastruktur ist ein prägnantes Ausstattungsmerkmal, das auch bei rein funktionalen Ansprüchen einem Grundmaß visueller Ansprüche folgen sollte.
- Dekorative Träger nur verwenden, wenn die räumliche Situation erhöhte repräsentative Anforderungen stellt → Derartige Träger verursachen zumeist Mehrkosten in Anschaffung und Wartung.
- Fortlaufende Markterkundung neuer Trägermaterialien, die ökologisch verträglicher und unter Berücksichtigung der Stahlpreisentwicklung kostengünstiger sind → Bei entsprechender Marktetablierung können Träger aus glasfaserverstärktem Kunststoff oder Hybridmaterialien Alternativen zu verzinkten Stahlmasten darstellen.

• zu e) Altersstruktur

Bewertung

Betriebswirtschaftlichkeit und Lichtqualität werden maßgeblich vom Anlagenalter bestimmt. Auch die nachhaltige Investitionsplanung ist hiervon abhängig. Für die richtige Mittelplanung zur Werterhaltung und eine erfolgreiche Vertragsgestaltung bei etwaigem Betreiberwechsel ist die exakte Wertfeststellung auf Grundlage des Anlagenalters unverzichtbar. Nicht zuletzt können Aussagen zur Wirtschaftlichkeit technischer Änderungsmaßnahmen erst durch diese Informationslage getroffen werden. Die kommunalseitige Dokumentation der Altersstruktur sollte darum intensiviert werden und nicht ausschließlich Dritten überlassen bleiben, die u. U. ihre Informationsverpflichtungen vernachlässigen. So konnte lediglich nur geschätzt werden, dass bei 60 % des Leuchtenbestands die betriebsübliche Nutzungsdauer erreicht ist, d. h. dass diese Anlagen wirtschaftlich verzehrt und technisch überaltert sind. Hieran angelehnt, kann letztlich von einem Investitionsstau zum Nachteil der Stadt Castrop-Rauxel ausgegangen werden (+). Bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren für Trägersysteme ist die mittlere Lebensdauer der Maste erst in Zukunft erreicht.

Maßnahmenempfehlungen

Altersinformationen vom Betreiber einfordern. 

- Angeblich nicht vorhandene Informationen auf Betreiberseite sind zumeist inkorrekt → Beispiele zeigen, dass die stete Aufforderung zur Übermittlung führen kann [b21].

Sanierung intensivieren und langfristig planen. 

- Zeitnaher Abbau des etwaigen Investitionsstaus → Werterhaltung durch fortwährende Sanierung und Erneuerung reduziert langfristig Kosten, da Energiekonsumtion und Reparaturanfälligkeit bei Neuanlagen niedriger ausfallen. Leuchten, deren Nutzungsdauer von 25 Jahren noch nicht erreicht ist, sind hingegen zu erhalten.

» Mit zunehmendem Anlagenalter wachsen Betriebs- und Instandhaltungskosten. Die altersbedingte Wertfeststellung der Infrastruktur ist zudem von besonderer Bedeutung für korrekte Sanierung und wirtschaftliche Investition. Ohne Kenntnis über das Anlagenalter fehlt eine entscheidende Basis sachgerechter Empfehlungen und Entscheidungen.

+

Investitionsstau: Betreiberproblem?

Wird die Erneuerung der Anlagen nicht konsequent durchgeführt, steigen Reparaturkosten, die durch den Betreiber letztlich über steigende Wartungskosten zurückgeholt werden. Zudem ergibt sich eine stetig größer werdende Anlagenmenge, die beim Abbau des Staus auf einmal ersetzt werden muss. Dies fordert eine abrupt hohe Aufwendung für Neuanlagen ein. Ergibt sich in Zukunft ein Betreiber- oder Vertragswechsel, kann dies zu Lasten der Stadt gehen, obwohl jahrzehntelang gezahlte Wartungsentgelte gewiss auch Anteile für Erneuerung berücksichtigten.

» Die aktuelle Bestimmung der Schaltzeiten und die Ermittlung der Jahresbetriebsstunden ist praktikabel, jedoch nicht sehr präzise und setzt die Schaltwerte des Betreibers als gegeben und angemessen voraus.

» Die Schaltschwellen wurden insbesondere in der Vergangenheit zu hoch angesetzt. Nach heutigen technischen Bedingungen sind die Schaltschwellen hingegen nachvollziehbar. Sie können zukünftig raum- und technikdifferenziert angepasst und reduziert werden.

+

Leistungsreduktion

Die Reduktion des Lampenlichtstroms (oder Dimmung) stellt sich als eingängige Betriebsvariante da. Gleichwohl können nur bestimmte Lampen gedimmt werden. Sofern es sich nicht um LED handelt, ist die Herabsetzung der Helligkeit zumeist stärker als die Energieeinsparung. Darüber hinaus ist eine etwaig stufenlose Dimmung insofern nicht produktiv, da keine "stufenlosen Kriterien" zu Lichtbedarfen vorliegen. Die 50 %-ige Lichtstromreduktion ist historisch erprobt und kann auch an entsprechende Normen angelehnt werden.

• zu f) Betriebsart

Bewertung

Die Kombination gekoppelter Dämmerungssensoren und Schaltuhr zur Ein- und Ausschaltung der Straßenbeleuchtung ist eine erprobte und praktikable Methode. Da sich die Helligkeitssensoren nicht lokal in Castrop-Rauxel befinden, kann es in seltenen Fällen dazu kommen, dass entferntere Wetterlagen eine verfrühte oder verspätete Schaltung hervorrufen. Sofern der Installationsaufwand gering gehalten werden kann, würde eine lokale Schaltung die Präzision und den Kosten-Nutzgrad des Anlagenbetriebs erhöhen. Zudem würde sich dadurch die Möglichkeit der eigenen Bedarfsermittlung ergeben – die Basis der angerechneten Jahresbetriebsstundenzahl wird derzeit kalkulatorisch über gegebene Verbrauchszählerstände ermittelt.

Die angegebenen Schaltschwellen von 50 lux Dämmerungslicht abnehmender Tageshelligkeit am Abend bzw. 30 lux Dämmerungslicht zunehmender Tageshelligkeit in den Morgenstunden folgen einer nachvollziehbaren Praxis, zeigen sich jedoch nicht vollständig ausgeschöpft. Bei den vorrangig verwendeten Leuchtstofflampen und unter Berücksichtigung der Laufzeiten der Rundsteueranlagen könnten Ansprechwerte der Sensoren auf ca. 22 lux abends und 8 lux morgens eingestellt werden.⁸⁴⁾ Die deutlichen Tendenzen zum Wechsel auf Natriumdampf-Hochdrucklampen, die eine doppelte Anlaufzeit benötigen, legen hingegen Ansprechwerte von 40 lux abends und 8 lux morgens nahe, sofern die Fahrbahnleuchtdichte bei 0,5cd/m² festgelegt werden kann. Da diese an Hauptverkehrsstraßen höher ausfallen wird und sich die Ansprechwerte damit gleichsam erhöhen, zeigen sich die durchschnittlich gehaltenen Schaltschwellen derzeit ausfühungsorientiert. Gleichwohl muss konstatiert werden, dass die Umrüstung auf Natriumdampf-Hochdrucklampen eine relativ junge Praxis ist und die erhöhten Anforderungen der DIN 13 201 erst seit Ende 2005 angelegt werden können – die Ansprechwerte hätten in der Vergangenheit somit niedriger angesetzt werden können. Erst in der Perspektive zukünftiger Techniken können die Schwellen wieder reduziert werden.⁸⁵⁾

Regionale Dämmerungsermittlung mit kalkulatorischer Festlegung der Jahresbetriebsstundenzahl und zu hoch angesetzte Schaltschwellen sind somit Gründe der abweichenden Jahresleuchtdauer entlang der vertraglich orientierenden 3.950 Stunden und der faktischen Abrechnung von 4.110 Stunden.

Positiv hervorzuheben ist der Anteil an Leuchtstellen, die in Halbnachtschaltung betrieben werden. Bei 45 % der Leuchtstellen wird so eine Lampe in der Leuchte abgeschaltet – bei 2 % wird der Lampenlichtstrom reduziert (+). Zunächst vorteilhafter ist hierbei erstere Variante, da bei einer Reduzierung der Lichtstrom stärker abnimmt als die Leistungsaufnahme. Im Resultat heißt das, dass z. B. eine Reduktion des Lichtstroms – resultierend in der Helligkeit – bei Natriumdampf-Hochdrucklampen um 50% nur eine ca. 25%-ige Einsparung der Leistung – resultierend im Verbrauch – bedingt. Bei Abschaltung eines Leuchtmittels in der Leuchte ist die resultierende Abnahme der Helligkeit proportional gleich der Abnahme des Verbrauchs.

84) Unter Berücksichtigung der DIN 13 201, hierzu [b2].

85) In Kapitel b.4 werden Modellrechnungen zum Einsparpotenzial gezeigt.

» Fast die Hälfte der Leuchtstellen wird zu Nachtstunden in Halbnachtschaltung betrieben. Im Ergebnis zeigt sich so eine 20 %-ige Energieersparnis im Jahresverbrauch.

» Geprüft werden sollte ein Wechselbetrieb der Lampen um die gruppenbezogene Lebensdauer zu verlängern. Die Schaltpunkte der Halbnachtschaltung sind an Nutzungszeiten anzupassen. Auch die zeitbegrenzte Ganzabschaltung sollte geprüft und ausgeweitet werden.

+

Lichtmanagementsystem

Analog zum Fortschritt der LED-Technologie wird es zukünftig einfacher werden, abgestufte Dimm- und Schaltprofile zu realisieren. Unter Verwendung eines Lichtmanagementsystems können zudem individuelle und dynamische Umweltanpassungen (Wetter, Verkehr etc.) geregelt werden. Ein zeitgleicher Rückfluss von Informationen der Leuchte erlaubt ein exaktes Monitoring von Zustand und Verbrauch. Aufbau und Unterhalt solcher Infrastrukturen stellen hingegen einen erheblichen Kostenfaktor dar. **In einer objektiven Kosten-Nutzen Rechnung ist ein solches System ausschließlich für die Straßenbeleuchtung zu aufwendig.** Nur in Kombination mit anderen Anwendungsgebieten des Energiemanagements (Gebäudeversorgung, Verkehrsregelung usw.) werden komplexe Managementsysteme zukünftig wirtschaftlich.

Der Vergleich der Leuchten in Halbnachtschaltung mit dem Anteil an faktisch betroffenen Lampen zeigt dabei, dass die Reduktion des Gesamtstromverbrauchs insgesamt nicht so ausfällt, wie es der Anteil von 45 % Leuchten in Halbnachtschaltung nahe legen könnte. Da systembedingt ein Großteil der Leuchten mit mehr als zwei Lampen bestückt ist, zeigt sich letztlich, dass insgesamt nur 23 % der Lampen von der Halbnachtschaltung betroffen sind. Im Fazit ergibt sich so eine folgerichtige Energieersparnis durch diese Maßnahme von ca. 20 % im Gesamtjahresverbrauch.⁸⁶⁾

Im Weiteren kann festgestellt werden, dass die Leuchten, in denen eine Lampe abgeschaltet wird, nicht im Wechselbetrieb geführt werden. Unter technischer Voraussetzung könnten die Leuchtmittel den Betrieb in jeder folgenden Nacht wechseln. Das heißt, dass z. B. ein Leuchtmittel an geraden Kalendertagen betrieben wird und das weitere Leuchtmittel an ungeraden Tagen. Hiermit kann die gesamte Lebensdauer der Lampengruppe in der Leuchte verlängert und die Wartungskosten reduziert werden.⁸⁷⁾

Der gewählte Zeitraum der Halbnachtschaltung ist hingegen zu prüfen und an vorhandene Nutzungszeiten anzupassen. Die Wahl der Zeitpunkte – 22.00 und 06.00 Uhr – ist historisch eher pragmatisch bzw. willkürlich festgelegt, als methodisch hergeleitet. Mit heutigen Methoden der Raumanalyse können und sollten die Zeitpunkte überarbeitet werden.⁸⁸⁾

Nach 1-lampiger Abschaltung oder Reduktion können Leuchtstellen zu bestimmten Zeiten auch gänzlich abgeschaltet werden. Diese Praxis wird in Castrop-Rauxel nur bei insgesamt vier Leuchtstellen angewandt. Eine zeitlich begrenzte Abschaltung oder eine an den faktischen Verkehr ausgelegte Stufenschaltung würde sich dabei deutlich auf den Energieverbrauch auswirken (+). Die Möglichkeit zur Ausweitung dieser Betriebsart sollte somit ebenfalls nach methodisch hergeleiteten Raumnutzungszeiten ausgebaut werden.

Maßnahmenempfehlungen

Dämmerungswerte und Schaltschwellen prüfen.



- Tatsächliche Dämmerungswerte mittels eigenem Dokumentationssensor auf Verwaltungsseite abgleichen → Hierdurch können lokale Dämmerungszeiten dokumentiert und Jahresbetriebsstunden präziser abgerechnet werden.
- Anpassung der Ein- und Ausschaltswellen sofern Steuerungs- und Lampentechniken kürzere Anlaufzeiten benötigen → Über präzisierte Ein- und Ausschaltzeiten können Energie- aber auch Lampenersatzkosten reduziert werden.

Halbnachtschaltung ausbauen und präzisieren.



- Erhöhung des Anteils an Leuchtstellen in Halbnachtschaltung → Der Betrieb in Halbnachtschaltung zeigt heute schon deutliche Einsparpotenziale.
- Anpassung der aktuell pragmatisch geführten Schaltzeitlogik an Raumnutzungszeiten → Indem der Betrieb auf differenzierte Nutzungszeiten beruht, kann unnötige Energiekonsumtion vermieden werden.

86) Ca. 475.000 kWh/ 56.000 Euro (brutto) gem. Verbrauch im Jahr 2008.

87) Der Lampenwechsel erfolgt wirtschaftlich bedingt nicht nach Einzeldefekt. Im Zyklus von vier Jahren (aktuell durchschnittliche Lampenlebensdauer) erfolgen pauschale Gruppenwechsel.

88) Siehe hierzu Gliederungsteil: a.4, Pkt. 4.2

- Wechselbetrieb bei Leuchten mit mehr als einer Lampe einrichten → Hierdurch wird die Lebensdauer der Lampengruppe erhöht, was die zyklischen Austauschkosten reduziert.
- Teilnächtlige Abschaltung ebenfalls berücksichtigen und weiter ausbauen → Der ausschließlich abendliche Lichtbedarf kann somit berücksichtigt bleiben, ohne die Leuchte in nutzungsfreien Nachtzeiten zu betreiben.
- In langfristiger Perspektive: Prüfung und Nutzung von Infrastrukturen, deren Betrieb sich adaptiv an Umgebungsbedingungen (Helligkeit und Nutzung) anpasst → Kurz- und Mittelfristig bieten leistungsreduzierende Betriebsarten nach festen Zeitprofilen und Schaltstaffelungen den besten Kosten-Nutzwert.

zu g) Leuchtmittel

Bewertung

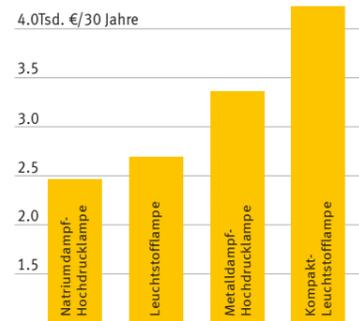
Auf die einzelne Leuchte bezogen, verursacht jede Einheit unabhängig ihres spezifischen Lampenbesatzes einen mittleren Energieverbrauch von ca. 250 kWh pro Jahr. Auch wenn interkommunale Vergleiche im Segment Straßenbeleuchtung ohne äquivalente Bezugsgröße nicht objektiv sein können, kann trotzdem konstatiert werden, dass dieser Wert in einem guten Bereich liegt. Ein mittlerer Energieverbrauch von > 450 kWh pro Jahr/Leuchte ist in Deutschland durchaus keine Seltenheit. Der niedrige Verbrauchswert erklärt sich u. a. durch die verwendeten ein- oder zweiseitig gesockelten Leuchtstofflampen, die zwar einen Anteil am jährlichen Stromverbrauch von ca. 70 % halten, gleichzeitig jedoch 89 % des Mengenanteils ausmachen. Die mit 7 % eingesetzten Natriumdampf-Hochdrucklampen machen dagegen ca. 18 % des jährlichen Stromverbrauchs aus. Hier liegt der Grund darin, dass Natriumdampf-Hochdrucklampen mit ihrem sehr viel höheren Lichtstrom auch höhere Anschlusswerte einfordern (50-150 Watt). Im Resultat produziert eine Natriumdampf-Hochdrucklampe einen höheren Gesamtlichtstrom bei gleichzeitig höherer Lichtausbeute. Im Vergleich zu Leuchtstofflampen müssen damit weniger Lampen und Leuchten pro Straßenlänge eingesetzt werden, um die gleiche "Lichtmenge" zu erzielen.

Die Anzahl betriebener Leuchtmittel in Castrop-Rauxel ist in der Gesamtbetrachtung nahezu doppelt so hoch wie die Anzahl der Leuchten. Der signifikante Großteil an Leuchten ist mit zwei oder mehr Lampen bestückt und ermöglicht so den zuvor bewerteten Halbnachtbetrieb mit entsprechender Abschaltung mindestens einer Lampe in der mehrfach bestückten Leuchte. Die hohe Lampenmenge ist insofern historisch begründbar, als die Halbnachtschaltung in der Vergangenheit vorrangig über mehr-lampige Leuchten mit Abschaltung ermöglicht werden konnte und die Lichtstrom reduzierenden Hochdrucklampen eine "jüngere" Ausführungspraxis darstellen. Nachteilig zu bewerten ist in der heutigen Betrachtung jedoch die systembedingte mehrfache Menge einzusetzender Lampen einschließlich ihrer Vorschaltgeräte, da Beschaffungs- und Entsorgungskosten sowie technikbedingte Belastungen in Produktion und Rezyklierung dadurch entsprechend erhöht sind. Wie erwähnt, bietet sich hier die Alternative 1-lampiger Leuchten an, die höhere Gesamtleistungen vorweisen und in verkehrsschwachen Zeiten

» Pro Jahr und Leuchte zeigt sich aktuell ein guter mittlerer Energieverbrauch von ca. 250 kWh. Die vorrangig genutzten Leuchtstofflampen sind effizient, produzieren im Vergleich zu Hochdrucklampen jedoch einen geringeren Lichtstrom. Bei gleichen Lichtansprüchen erhöht sich so ihre Gesamtzahl.

» Historisch begründbar ist die Menge an Lampen sehr hoch und wird durch mehr-lampige Leuchten hervorgerufen. Diese Menge ist heute negativ zu beurteilen.

» Auch wenn 1-lampige Natriumdampf-Hochdrucklampen in Reduzierschaltung etwas mehr Strom verbrauchen als die Lichtreduktion vorgibt, ist diese Variante in der Gesamtbetrachtung wirtschaftlicher als mehr-lampige Leuchtstofflampen.



2.38 // An Lichtstrom angepasste Kosten für Material und Energie im Lebenszyklus

» Kompaktleuchtstofflampen sind kein Ersatz für stabförmige Leuchtstofflampen. Bei erhöhter Lichtanforderung sind sie unwirtschaftlich.

entsprechend reduziert werden können. Das beschriebene Ungleichgewicht von Energie- und Lichtstromreduktion bei dieser Alternative steht nun den Aufwendungen bzw. Belastungen der um ein vielfaches einzusetzenden Lampen und Vorschaltgeräte der mehr-lampigen Variante entgegen, um eine objektive Bewertung der Varianten vornehmen zu können. Eine Vergleichsrechnung kann hier zunächst nur entlang der unmittelbaren Lebenszykluskosten der Leuchtmittel veranschaulicht werden. Obwohl die Kenntnis faktischer Lampenpreise nur ungefähr gegeben ist,⁸⁹⁾ zeigt Abbildung //2.38 die Annäherung eines Kostenvergleichs unterschiedlicher Leuchtmittel über eine einheitliche Nutzungsdauer und Lichtstromleistung gemittelt.⁹⁰⁾ Hierbei zeigt sich zunächst, dass die auf die Lebensleistung gemessen wirtschaftlichsten Leuchtmittel die mit 6 % eingesetzten Natriumdampf-Hochdrucklampen sowie nahezu gleichsam die vorrangig verwendeten Leuchtstofflampen sind. Da der Halbnachtbetrieb mehr-lampiger Leuchten mit Abschaltung maßgebend auf Leuchtstofflampen zutrifft und die Lichtstromreduktion bei den Hochdrucklampen durchgeführt wird, kann nun ein Vorteil der Lichtstromreduktion 1-lampig betriebener Leuchten konstatiert werden – vor allem wenn nun die jeweils zusätzlichen Vorschaltgeräte und Wechselkosten sowie die konsequent zu berücksichtigende Leuchtengesamtzahl in Straßenlänge aufgerechnet würden, die, wie zuvor erwähnt, aufgrund der höheren Gesamtleistung der Hochdrucklampen geringer ausfallen wird. Der aktuelle Umbau auf reduzierbare Hochdrucklampen (1-lampig) ist somit nachvollziehbar und trotz Ungleichgewicht von Energie- und Lichtstromreduktion wirtschaftlicher als die mehr-lampige Variante mit Leuchtstofflampen.

In der Vergleichsbetrachtung in Abbildung //2.38 präsentieren sich die Kompaktleuchtstofflampen hingegen deutlich unwirtschaftlich, sofern sie auf eine höhere Lichtleistung reagieren müssen. Im geführten Lampenvergleich ist die Unwirtschaftlichkeit durch eine Kumulation von geringerem Lichtstrom sowie geringer Lebensdauer und Lichtausbeute pro Watt begründet. So ist diese Technik erst in Situationen mit geringen Lichtanforderungen in gesamtträumlicher Betrachtung vorteilhaft – nicht jedoch als Ersatz für Lampen mit höheren Leistungsprofilen. Insofern stellen sie keine Alternative zu stabförmigen Leuchtstofflampen in Langfeldleuchten dar, wie es in Castrop-Rauxel praktiziert wird.⁹¹⁾ Kompaktleuchtstofflampen besitzen zwar für sich einen guten Wirkungsgrad, doch ist ihre Lichtstromleistung im Gegensatz zu stabförmigen Leuchtstofflampen stets geringer, was letztlich in höheren Leuchtanzahlen oder geringeren Raumhelligkeiten resultiert. Da ebenso ihre Lebensdauer in dieser Bezugsgröße geringer und ihr Preis etwas höher ausfällt, sind stabförmige Leuchtstofflampen in Langfeldleuchten vorzuziehen.

Positiv anzumerken ist der sehr geringe Anteil an Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, die aufgrund europäischer Bestimmungen nicht mehr zertifiziert werden und neben anderen Nachteilen sehr ineffizient sind. Der Anteil an Halogen-Metalllamp-Hochdrucklampen ist sehr gering und bezieht sich in der Auswertung eher auf kommunale Objektorstrahlungen.

89) Beschaffungs- und Entsorgungspreis nach Abnehmer bzw. Abnahmemenge.
90) Annahmen für eine einheitliche Nutzungsdauer von 30 Jahren: 8 x HST jew. 20€/ 16 x HIT jew. 35€/ 11 x T26 jew. 4€/ 12 x TC-L jew. 5€. Abweichende Lampenlichtströme wurden faktorisiert angeglichen; höhere Energieverbräuche durch geringere Lichtausbeuten berücksichtigt. Strom: 0,12 ct/kWh. Grundwerte siehe Pkt. 2.1 h)
91) Siehe hierzu auch Pkt. 2.2 c)

Maßnahmenempfehlungen

Lampenergiebilanz halten und langfristig senken.

- Nur in einer langfristigen Perspektive können andere Lampentechniken Energieverbräuche reduzieren → Der aktuelle mittlere Jahresenergieverbrauch kann durch andere Leuchtmittel nicht bedeutend gesenkt werden, ohne dass andere Qualitäten stark reduziert würden oder sich versteckte Folge- bzw. Investitionskosten ergeben würden.

Auf Lampen mit hohem Lichtstrom umrüsten.

- Sofern erhöhte Lichtanforderungen bestehen, sind Hochdruckentladungslampen zu verwenden → Die Nutzung von Lampen mit höherem Lichtstrom resultiert bei gleichen Lichtanforderungen in einer niedrigen Lampen- und Leuchtenanzahl.

Lampemenge mittelfristig reduzieren.

- Bei zukünftigen Umrüstmaßnahmen sollten vorrangig 1-lampige Leuchten mit hocheffizienten Lampen verwendet werden → Hierdurch reduziert sich die Menge an Vorschaltgeräten und Lampen und dementsprechende Ersatzkosten.

Kompaktleuchtstofflampen in Langfeldleuchten vermeiden.

- Die Umrüstung von stabförmigen Leuchtstofflampen in Langfeldleuchten auf Kompaktleuchtstofflampen ist zu vermeiden → Im Resultat ergibt sich hierdurch eine geringerer Lichtstrom (oder Helligkeit) aufgrund geringerer Lichtausbeuten. Die Unwirtschaftlichkeit erhöht sich durch kürzere Lebensdauern und höhere Lampenpreise.

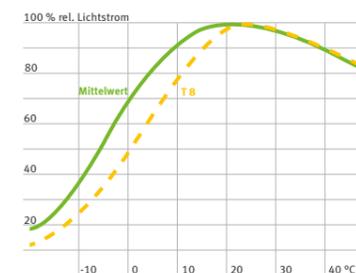
zu h) Lichttechnische Eigenschaften der Leuchtmittel

Bewertung

Die zuvor an den Grundgesamtheiten geführten Aussagen werden unter Betrachtung der spezifischen lichttechnischen Kennwerte der Lampen in ihrer Ursächlichkeit deutlicher. Die Abwägungsaspekte der verwendeten Lampentechnologien können wie folgt zusammengefasst werden:

Leuchtstofflampe T8

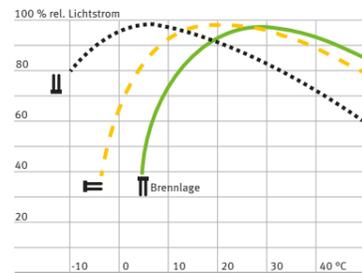
Stabförmige Leuchtstofflampen mit einem Röhrendurchmesser von 26mm – auch "T8" genannt – bieten unterschiedliche Qualitäten. Sie können je nach Ausführung hohe Lichtausbeuten von bis zu 90 lm/W in der Praxis⁹²⁾ bei gleichzeitig guter bis sehr guter Farbwiedergabe garantieren. Eine Dimmung von Leuchtstofflampen ist möglich und sie stehen in unterschiedlichen Lichtfarben zur Verfügung. In der Entwicklung ihrer Effizienz ist hingegen nicht mehr davon auszugehen, dass die aktuelle Lichtausbeute deutlich gesteigert werden kann. Ein Nachteil besteht in ihrer Temperaturabhängigkeit. Sofern ihr relativer Lichtstrom von 100 % bei ca. +20 °C Umgebungstemperatur liegt, kann sich dieser auf 50 % bei 0 °C reduzieren.⁹³⁾ Hinzu kommt, dass eine Lichtbündelung



2.39 // Abhängigkeit von Lichtstrom und Umgebungstemperatur der Lampe [b2]

92) Die vorgenommene Darstellung von Praxiswerten ist insofern von Bedeutung, als mithilfe von Labor- oder Theoriewerten, die in der kommunalen Praxis selten evaluiert werden, Realitäten durchaus vorgetäuscht werden.
93) Siehe Abbildung //2.39

und exakte Lichtlenkung aufgrund relativ großer Abmessungen kaum möglich ist. Dies ist nur insofern vorteilhaft, als eine direkte Blickverbindung auf die Lampe nicht zu hohen Blendungen führt, da sie im Vergleich zu Hochdrucklampen zudem nur einen geringen Lichtstrom produziert. So bedingt ihre Lichtwirkung keine starken Schatten und Kontraste, was einer verbesserten Sehleistung zugute kommt. Die Nutzlebensdauer der Leuchtstofflampe kann je nach qualitativer Ausführung und Vorschaltgerät > 4 Jahre (16.000 Betriebsstd.) ausfallen.



2.40 // Abhängigkeit von Lichtstrom und Brennlage der Lampe [b2]

Kompaktleuchtstofflampe

Aufgrund der gleichartigen Technologie ist die Kompaktleuchtstofflampe in vielen qualitativen Eigenschaften mit den stabförmigen Leuchtstofflampen zu vergleichen, da es sich hierbei lediglich um eine kompaktere Bauform handelt. Gleichwohl ist ihre Lebensdauer tlw. deutlich geringer als die der stabförmigen Variante. Zudem kennzeichnet die kompakte Bauform eine geringere Lichtausbeute, wobei der abgegebene Lichtstrom auch von der Brennlage beeinflusst wird.⁹⁴⁾ Bei einer mittleren Jahrestemperatur der Stadt Castrop-Rauxel von ca. 9–10 °C erweisen sich nach oben gerichtete oder seitlich liegende Brennlagen vorteilhaft. Da in kälteren Monaten die Kunstlichtzeiten früher am Abend beginnen und dabei mit höheren Lichtbedarfen zusammenfallen,⁹⁵⁾ ist die Wahl einer nach oben gerichteten Brennlage nachvollziehbar vorteilhaft.

Beide Leuchtstofflampenvarianten kennzeichnet ein diskontinuierliches Strahlungsspektrum, das, sofern es die Leuchtmittelmischung zulässt, nur wenig Strahlung außerhalb des für Menschen sichtbaren Bereichs zeigt und die spektralen Schwerpunkte in der photopischen Hellempfindlichkeitskurve des menschlichen Auges hält. Das heißt zum einen, dass das Maximum der menschlichen Hellempfindlichkeit und die entsprechenden intensiven Wellenlängen zusammenfallen und zum anderen, dass die Emissionslinien im nahen Infrarot- und Ultraviolettbereich eher gering ausfallen (+).

Natriumdampf-Hochdrucklampe

Es kann konstatiert werden, dass diese Art der Lichterzeugung im Straßenbeleuchtungsbereich aktuell eine der energetisch effizientesten ist. Natriumdampf-Hochdrucklampen besitzen eine sehr hohe Lichtausbeute bei einer gleichzeitig hohen Nutzlebensdauer von ca. 4 Jahren. Entscheidender energetischer und wirtschaftlicher Vorteil ist, dass ein hoher Lichtstrom auf einer kleinen Abmessung des Lampenkörpers produziert werden kann. Über eine dementsprechend verbesserte Möglichkeit der Lichtlenkung und -bündelung können die hohen Lichtausbeuten des Leuchtmittels auch in die Systemlichtausbeuten der Leuchte bzw. unmittelbar auf die zu beleuchtenden Oberflächen übertragen werden. Zudem befindet sich diese Technologie immer noch in Entwicklung, so dass mittelfristig eine Effizienzsteigerung zu erwarten ist. Wie zuvor erwähnt, kann die Natriumdampf-Hochdrucklampe gedimmt oder in ihrer Leistung reduziert werden, ohne dass sich die Lebensdauer verkürzt oder lichtqualitative Einbußen hingenommen werden müssen.

Der energetische Vorteil bedeutet hingegen auch eine erhöhte Gefahr visueller Blendung und räumlicher Schattenbildung,

da ein extrem hoher Lichtstrom auf einer relativ kleinen Fläche (Brenner) erzeugt wird. Unter Berücksichtigung der Sehqualitäten ist zudem zu berücksichtigen, dass Natriumdampf-Hochdrucklampen schlechte Farbwiedergabeeigenschaften besitzen und die Umgebung nur orange-rötlich darstellen, da ihr spektrales Maximum in Bereichen um 600nm liegen.⁹⁶⁾ Im Vergleich bedeutet dies, dass die gleiche physikalische Lichtmenge bei Natriumdampf-Hochdrucklampen dunkler wahrgenommen wird als bei Lampen, die weißes Licht erzeugen.⁹⁷⁾ Im Umkehrschluss fordert weißes Licht demnach eine niedrigere Lichtleistung (Energie) ein, sofern die gleiche Wahrnehmungshelligkeit erzielt werden soll. Vorteilhaft ist die spektrale Eigenschaft der Natriumdampf-Hochdrucklampen jedoch insofern, als die Strahlungsintensität ultravioletter Wellenlängen sehr geringfügig ist. Gleichwohl zeigen sich dafür relativ starke Emissionen im infraroten Wellenlängenbereich.

Halogen-Metallampflampe

Halogen-Metallampflampen sind in der Straßenbeleuchtung zunehmend bedeutender geworden, da sie zum einen hohe Lichtströme in klein dimensionierten Kolben produzieren – damit auch die Möglichkeiten der verbesserten Lichtbündelung und -lenkung bieten – und zum anderen sehr gute Farbwiedergabequalitäten vorweisen. Insbesondere im Bereich der Stadtattraktivierung ist ihr weißes Licht von Vorteil, da Körperfarben der Umgebung natürlicher wiedergegeben werden. Diese lichtqualitativen Vorteile werden aus dem ausgewogenen Strahlungsspektrum deutlich, das jedoch auch hohe Intensitäten außerhalb des für Menschen sichtbaren Strahlungsbereichs nachweist: im Ultravioletten wie auch im Infraroten.

Doch liegen die entscheidenden Nachteile dieser Technologie darin, dass die Lebensdauer relativ gering ausfällt und gleichzeitig sehr hohe Materialpreise zu tragen sind. Ihre Lichtausbeute ist noch nicht auf dem hohen Stand der Natriumdampf-Hochdrucklampen und eine Reduzierung bzw. Dimmung ist nicht ohne Weiteres durchführbar. Den meisten Produkten fehlt die entsprechende Freigabe für einen leistungsreduzierten Betrieb oder es sind technische Einschränkungen hinzunehmen. So kann eine Reduzierung nur bei bestimmten Produkten und unter ausschließlicher Verwendung bestimmter Vorschaltgeräte vorgenommen werden, wobei sich die vom Hersteller zugesicherte Lebensdauer zudem verkürzen kann. Darüber hinaus ist im Reduzierbetrieb eine grünlich wirkende Farbverschiebung zu erwarten. Gleichwohl ist unter den Aspekten des Marktes und zukünftiger Regulierungsmechanismen eine Fortentwicklung dieser Technologie zu erwarten, die die genannten Punkte kompensieren könnte. Im heutigen Stand ist eine Verwendung von Halogen-Metallampflampen nur unter den genannten Prämissen und demnach in Abwägung einzusetzen. Stehen erhöhte Bedarfe der räumlichen Attraktivierung und qualitativ hochwertiger Sehbedingungen im Vordergrund, sind die Materialkosten hinnehmbar. Der bewusste Einsatz dieser Technologie in Castrop-Rauxel belegt die zu führende Kosten-Nutzen-Abwägung und demonstriert die lichtqualitativen Vorteile unter Beachtung der gleichzeitig höheren Blendungsgefahren.⁹⁸⁾

Spektrale Hellempfindlichkeit

Für das menschliche Auge bedeutet Licht die elektromagnetische Strahlung in einem Spektrum zwischen 380 nm und 780 nm Wellenlänge. Die Empfindung von Helligkeit ist in diesem Spektrum jedoch nicht überall gleich. In einer Umgebung mit hohen Helligkeiten liegt der Schwerpunkt der Hellempfindung im grünlichen Bereich von 550 nm. Nimmt die Umgebungshelligkeit ab, verschiebt sich dieser Schwerpunkt in den bläulichen Spektralbereich von 500 nm. Die Empfindlichkeitskurven und ihre Verschreibung sind in Punkt 2.1 h) dargestellt. "Photopisches Sehen" ist somit "Tagsehen" und stellt sich ab Umgebungshelligkeiten über 30 cd/m² ein. "Skotopisches Sehen" ist "Nachtsehen" und stellt sich ab Umgebungshelligkeiten unter 0,1 cd/m² ein. Dazwischen liegt das "mesopische" oder Dämmerungssehen. In städtischer Umgebung befinden wir uns meist im photopisch/mesopischen Bereich.

94) Siehe Abbildung // 2.40

95) Aufgrund höherer Außenaktivitäten zu frühen Abendzeiten.

96) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.1 – Standorte LCR-R-054-W und LCR-R-054-S.

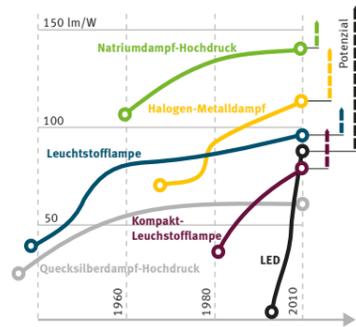
97) In Großbritannien dürfen aufgrund dessen für Wohnstraßen niedrige Beleuchtungsintensitäten angelegt werden, sofern die Farbwiedergabe >60 Ra liegt.

98) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.2 – Standort LCR-I-057-NW.

Alternativen, Tendenzen und Entwicklungen

In Punkt 2.1 h) wurden nachrichtlich zwei weitere Leuchtmitteltechnologien gezeigt, um die in Castrop-Rauxel verwendeten Lampen besser beurteilen zu können und um zu verdeutlichen, inwiefern andere Technologien zu niedrigeren Energieverbräuchen oder besseren Lichtqualitäten führen können. Die gezeigten und zuvor schon negativ bewerteten Quecksilberdampf-Hochdrucklampen bilden hierbei weder eine energetische noch lichtqualitative Alternative. In der Darstellung ihrer sehr niedrigen Lichtausbeute von ca. 40 lm/W zeigt sich hingegen die Ursache, warum die Energieverbräuche in anderen Städten Deutschlands im o. g. Niveau liegen und dort aktuell immense Einsparpotenziale gerechnet werden können. Städte, die diese Technologie immer noch flächendeckend eingesetzt haben, haben in der Vergangenheit versäumt, energetisch bessere Alternativen zu suchen. Die europaweite Verbannung dieser und anderer ineffizienter Technologien führte dabei zu dem heute wahrnehmbaren Handlungsdruck in den Kommunen, der durch subventions- und ökologiepolitische Unterstützung den gesellschaftlichen sowie kommunalpolitischen Fokus mehr als je zuvor auf die Straßenbeleuchtung richtet. Dieser Fokus ist aufgrund der nicht vorhandenen Quecksilberdampf-Hochdrucklampen nicht in dem Maße auf die Stadt Castrop-Rauxel anlegbar, da die bereits verwendeten Lampen, wie zuvor geschildert, eine hohe energetische Effizienz kennzeichnet.

Der Wegfall der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe infolge europäischer Bestimmungen wird zumeist mit der "populären" LED ausgeglichen. Ihr hoher Status in der Gesellschaft als ökologische Antwort auf lichtenergetische Fragen sowie die monetären Marktinteressen an einer neuen Schlüsseltechnologie führen so häufig zu nicht objektivierten Entscheidungen auf kommunaler Ebene. In vielen Einsatzgebieten der Objektbeleuchtung stellt die LED-Technologie heute schon das geeignetste Mittel der Wahl dar. In der Straßenbeleuchtung hingegen müssen – insbesondere im Rahmen der in Castrop-Rauxel genutzten Technologien – die LED an sich und ihre Leuchten noch verbessert und getestet werden, um eine energetisch sowie wirtschaftlich objektive Alternative zu konventionellen Leuchtmitteln darzustellen. Ihre Systemlichtausbeute kann aktuell in ausführungsorientierter und realistischer Betrachtung bei ca. 70 lm/W liegen – also unter oder gleich den Werten der o. g. konventionellen Technologien. Doch ist davon auszugehen, dass diese Werte schon in naher Zukunft stark gesteigert werden können und mit weiterer Etablierung die aktuell hohen Anschaffungskosten gemindert werden.⁹⁹⁾ Wie sich die in der Praxis noch nicht bewiesene Lebensdauer von ca. 12-14 Jahren auf Wartungszyklen auswirken wird, bleibt fraglich, da die entsprechenden Unfallverhütungsvorschriften einen generellen Prüfvorgang für elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel vorgeben.¹⁰⁰⁾ Gleichwohl müssen die LED-Module an sich nicht im üblichen Vierjahreswechsel pauschal ausgetauscht werden. Insgesamt kann festgestellt werden, dass der Zeitpunkt, diese Technologie einzusetzen, für Castrop-Rauxel noch nicht gegeben ist und hierdurch noch keine energetischen Einsparpotenziale benannt werden können. Zudem mindert die hohe Blendung bei vielen Produkten, die aktuell verfügbar sind, sehqualitative



2.41 // Entwicklungstendenzen und -potenziale der Lichtausbeute nach Lampentechnologie

99) Siehe Abbildung // 2.41

100) Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – BGV A3.

Aspekte. In langfristiger Perspektive hingegen wird diese Technologie auch für Castrop-Rauxel Vorteile bieten können. LED-Beleuchtung bietet nämlich die Möglichkeit der schnellen Schaltung und Helligkeitsanpassung, ohne dass hierdurch energetische, technische oder lichtqualitative Nachteile erwartet werden müssen – sie eröffnet damit das Einsatzgebiet für eine absolut bedarfsorientierte Beleuchtung, und im Gegensatz zur Leistungsreduzierung bei Entladungslampen sinken Lichtstrom und Verbrauch bei LED-Leuchten proportional [b24]. Auch die absolut exakte Lichtlenkung auf Bedarfsflächen resultiert in eine Beleuchtung ohne großartige Streuverluste und dementsprechend hohen Wirkungsgraden. Die Begutachtung des Strahlungsspektrums zeigt zudem die guten Farbwiedergabequalitäten sowie das Zusammentreffen der spektralen Emissionen und der Hellempfindung des Auges im Sehzustand geringer Umgebungshelligkeiten. Die LED emittiert vorrangig das elektromagnetische Strahlungsspektrum, das vom menschlichen Auge als Licht wahrgenommen werden kann – ultraviolette oder infrarote Strahlung ist kaum vorhanden.

EXKURS

LED-Leuchten in der Lichtstruktur: Wann und unter welchen Bedingungen?

Eine dauerhaft angelegte Rahmenplanung kann den aktuellen Tendenzen einer sich rasant ändernden Lichttechnik nur im Rahmen von kurzfristigen Maßnahmen, mittelfristigen Empfehlungen und langfristigen Perspektiven gerecht werden – weniger durch die exakte Nennung technischer Instrumente. Gleichwohl ist es angezeigt, in der aktuellen Debatte zum Einsatz von LED-Leuchten einige Grundaussagen zusammenzufassen. Folgende Punkte sollten beim Einsatz von LED-Leuchten in der Lichtstruktur berücksichtigt werden:

- LED-Leuchten (Module usw.) unterliegen noch keiner einheitlichen Normung. Die Entscheidung für ein bestimmtes Produkt führt zur Konsequenz, eine Bindung zum jeweiligen Hersteller einzugehen, um Leuchtmittelmodule und Ersatzteile zu beziehen. **Die Normung ist abzuwarten.**
- LED-Leuchten führen je nach Konstruktionsweise zu starken Blendungen und Schattenbildungen. Die Auswahl der Leuchten sollte unter diesen Aspekten **vor Ort bemustert** werden.
- Auf die Lichtverhältnisse der Stadt Castrop-Rauxel bezogen, kann die Investition in LED-Leuchten noch nicht durch einen geringeren Verbrauch in ökonomisch sinnvollen Zeiträumen amortisiert werden. Bei Vergleichsrechnungen zum **Einsparpotenzial sollte die beste konventionelle Technologie herangezogen** werden. Der Einsatz von LED-Modulen in vorhandene Leuchten (sog. "Plug-In"-Methode) wird den Eigenschaften der LED nicht gerecht und sollte vermieden werden.
- Die Marktetablierung der Hersteller sollte genutzt werden, Leuchten nur im Preisvergleich zu Standardprodukten zu erwerben.
- Es sollten im aktuellen Stand nur Produkte von etablierten und hochwertigen Herstellern genutzt werden, um hohe Betriebskosten zu vermeiden und um nach Möglichkeit langfristig Module oder Bauteile beziehen zu können. **Die Ersatzteillieferung muss über lange Perioden gesichert sein.**
- Die Farbtemperatur sollte in warmweißen oder neutralweißen Bereichen liegen, wobei die Effizienz eher in kaltweißen Farbtemperaturbereichen garantiert werden kann. **Kaltweiße Farbtemperaturbereiche werden von Nutzern hingegen nicht positiv empfunden.**
- Unter Herstellergarantie sollte der **Leuchtenwirkungsgrad** heutig **mind. 70 lm/W** betragen. Lichttechnische Angaben sollten insgesamt **nachweislich (am besten unabhängig) verifiziert** sein.
- **Wärmemanagement, Degradation und optisches System** sollten geprüft und verglichen werden.

Sofern LED eingesetzt werden sollen, begründen die folgenden Punkte einen derartigen Entschluss:

- LED-Leuchtmittel können aufgrund ihres positiven Meinungsbildes in der Gesellschaft **als Innovation** in benachteiligten Stadtteilen dem gesamten **Stadtteilimage** zuträglich sein.
- Für die **Aneignung kommunaler Erfahrungswerte** kann die Ersteinrichtung dazu dienen, den örtlichen Lichteindruck, die Akzeptanz bei Anwohnern, die technische Bedienung und Wartung oder die Betriebsmöglichkeiten/-effizienz für eine Übertragung auf weitere Straßenzüge zu **testen**.

Maßnahmenempfehlungen

Produktspezifische Qualität prüfen und steigern.



- Entlang der in Castrop-Rauxel verwendeten und ggf. zukünftig verwendeten Lampen und ihren Nennleistungen sollten folgende Mindestanforderungen an die technischen Kennwerte gestellt werden:¹⁰¹⁾

» Mindestanforderungen von einseitig gesockelten Leuchtstofflampen:

T 8	Nennleistung [W]		Mindestlichtausbeute [lm/W]	
	18		75	
	36		90	
	Lampenlichtstromerhalt		Lampenüberlebensfaktor	
	> 0,90		> 0,90	
Betriebsstunden [h]		> 12.000		

» Mindestanforderungen von zweiseitig gesockelten Leuchtstofflampen:

TC-L	Nennleistung [W]		Mindestlichtausbeute [lm/W]	
	18		65	
	24		75	
	Lampenlichtstromerhalt		Lampenüberlebensfaktor	
	> 0,80		> 0,80	
Betriebsstunden [h]		> 8.000		

» Mindestanforderungen von Natriumdampf-Hochdrucklampen:

HST	Nennleistung [W]		Mindestlichtausbeute [lm/W]	
	50		80	
	70		90	
	100		100	
	150		110	
	Lampenlichtstromerhalt		Lampenüberlebensfaktor	
> 0,80		> 0,90		
Betriebsstunden [h]		> 16.000		

» Mindestanforderungen von Halogen-Metaldampflampen:

HIT-CE	Nennleistung [W]		Mindestlichtausbeute [lm/W]	
	50		80	
	70		90	
	100		90	
	150		100	
	Lampenlichtstromerhalt		Lampenüberlebensfaktor	
> 0,80		> 0,90		
Betriebsstunden [h]		> 12.000		

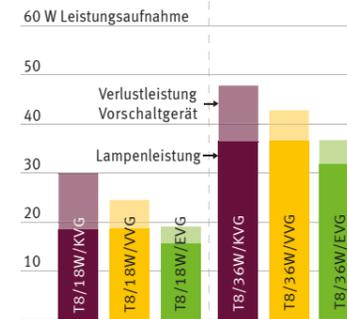
Für LED-Leuchten können heute nur wenig gesicherte Angaben gemacht werden. In jedem Fall sollten Leuchtenwirkungsgrade > 70 lm/W ausfallen und Herstellerangaben extern verifiziert werden.

101) "Lampenlichtstromerhalt": Verhältnis zwischen dem von der Lampe nach den angegebenen Betriebsstunden ausgesendeten Lichtstrom und ihrem ursprünglichen Lichtstrom. "Lampenüberlebensfaktor": Anteil der nach den angegebenen Betriebsstunden noch intakten Lampen an ihrer Gesamtzahl. Hierzu auch [b25].

• zu i) **Vorschaltgeräte**

Bewertung

Bei den verwendeten Vorschaltgeräten zeigt sich ein weiterer Grund für den relativ niedrigen Stromverbrauch in Castrop-Rauxel. Maßgeblich werden verlustarme Vorschaltgeräte (47 % VVG) eingesetzt, die im Vergleich zu konventionellen Typen (KVG) eine verbesserte Energieeffizienz vorweisen. Je nach Lampe kann bei einem VVG die Verlustleistung des Systems aus Lampe und Vorschaltgerät um beispielsweise 7 % geringer ausfallen, als bei einem KVG mit einer insgesamt 25-prozentigen Verlustleistung. Dieses Verhältnis wird im Vergleich der Geräte zu ihrem Anteil am Stromverbrauch deutlich: Während konventionelle Vorschaltgeräte mit einem Mengenanteil von 33 % eingesetzt werden, beträgt ihr Anteil am gesamten Energieverbrauch der Vorschaltgeräte 52 %. Die geringsten Verlustleistungen weisen dagegen elektronische Vorschaltgeräte (EVG) auf. Im Vergleich zum VVG sinkt die Verlustleistung im einzelnen System hierbei auf lediglich 3,5 %. Dies zeigt sich in der Gesamtbetrachtung insofern, als EVG bisher mit einem Mengenanteil von 17 % eingesetzt werden, sie hingegen nur drei Prozent am Energieverbrauch der Vorschaltgeräte halten.



2.42 // Lampenleistung und Verlustleistung der Vorschaltgeräte im Vergleich [b26]

Insbesondere bei Leuchtstofflampen ergeben sich energetische und auch qualitative Vorteile bei einem Betrieb der Lampe am EVG. Energetisch ergeben sich nicht nur die Vorzüge aufgrund geringerer Verlustleistungen, sondern gleichzeitig über eine insgesamt niedrigere Leistungsaufnahme der Lampe. Abbildung //2.42 zeigt, inwiefern die am EVG betriebene Lampe weniger Energie verbraucht, als die Nennleistung vorgibt und veranschaulicht zudem die geringeren Verlustleistungen des EVG im Vergleich zu den induktiven Vorschaltgeräten (KVG/VVG).¹⁰²⁾

Zu den qualitativen Vorzügen elektronischer Vorschaltgeräte kann festgehalten werden, dass die Lampenbetriebsdaten auch bei Spannungsschwankungen konstant gehalten werden, die Lampenlebensdauer deutlich erhöht werden kann, keine Starter benötigt werden und je nach Gerät dezentrale oder zentrale Steuerung einzelner Leuchtstellen möglich wird. Zur Ansteuerung von Hochdrucklampen können ebenfalls elektronische Vorschaltgeräte genutzt werden. Hier jedoch fällt die erhöhte Systemlichtausbeute mit ca. 2 % nicht so deutlich aus, wie bei Leuchtstofflampen. Gleichwohl ist auch hier von einer Steigerung der Lampenlebensdauer auszugehen.

Da die Investitionskosten für EVG vergleichsweise hoch ausfallen können, ist der Einsatz mit entsprechender Amortisation vorrangig bei Leuchtstofflampen anzuraten – insbesondere der Betrieb mehrerer Lampen an einem Gerät.¹⁰³⁾ Für Hochdrucklampen bietet sich solange der Betrieb an induktiven Vorschaltgeräten an (+), bis Anschaffungskosten niedriger ausfallen und das Steuerungsmanagement der Anlagen differenzierter erfolgen soll.¹⁰⁴⁾

Energie-Effizienz-Klassen
 Vorschaltgeräte sind nach dem europaweit gültigen Energie-Effizienz-Index (EEI) in sieben Klassen eingeteilt, wobei die Energie-Effizienz-Klassen D und C seit 2002 bzw. 2005 "verboten" sind.

- A1: EVG – elektronisch/dimmbar
- A2: EVG – elektronisch/red. Verluste
- A3: EVG – elektronisch
- B1: VVG – sehr geringe Verluste
- B2: VVG – geringe Verluste
- C: KVG – moderate Verluste
- D: KVG – sehr hohe Verluste

102) Beispielsweise hat eine 58-Watt-Lampe beim Betrieb an einem entsprechenden EVG nur einen Verbrauch von 50 Watt, ohne dass sich die Lichtausbeute ändert. Anders: Für gleichbleibenden Lichtstrom sind 90 % Lampenleistung notwendig. Voraussetzung: Es muss sich um eine 50 Hz definierte Lampe handeln.
 103) In der Untersuchung wurde davon ausgegangen, dass in pro Lampe ein Vorschaltgerät eingesetzt wird.
 104) Beispielsweise zentraler Dimmbetrieb über Telemagementsysteme. Siehe auch Abbildung // 2.36

Maßnahmenempfehlungen

Lampen an wirtschaftlichen Vorschaltgeräten betreiben.

- Stabförmige und kompakte Leuchtstofflampen sollten je nach Investitionsaufwand am EVG betrieben werden → Hierdurch verbessert sich neben der Energieeffizienz auch die Licht- und Betriebsqualität maßgeblich.
- Hochdrucklampen sollten je nach Investitionsaufwand am energieeffizienten induktiven Vorschaltgerät betrieben werden → Diese Variante stellt aktuell den besten Kompromiss von Investition zu Energieeinsparung dar.



» Mindestanforderungen von Vorschaltgeräten:

EEI	Lampentyp	Mindesteffizienzklasse
	Leuchtstofflampen, mittelfristige Perspektive	A3
	Leuchtstofflampen, Zielperspektive	A2
	Leuchtstofflampen, dezentral gesteuert	A1
	Hochdrucklampen, mittelfristige Perspektive	B2
	Hochdrucklampen, Zielperspektive	> A3

Anzahl der Vorschaltgeräte pro Leuchte reduzieren.



- Anspeisung mehrerer Lampen mit einem elektronischen Vorschaltgerät → Hierdurch können die höheren Investitionskosten von EVG pro Leuchte gesenkt werden. Ebenso reduziert sich hierdurch der generelle Materialeinsatz.¹⁰⁵⁾

• zu j) **Energie- und Betriebskosten**

Bewertung

Im Bezugsjahr 2009 betragen die mittleren Stromkosten 8,6 Cent pro Kilowattstunde.¹⁰⁶⁾ Mit den Aufwendungen der Stromsteuer sowie den Abgaben zum EEG und KWKG¹⁰⁷⁾ lag der Preis pro Kilowattstunde bei 12,26 Cent ohne Umsatzsteuer und 14,6 Cent einschließlich Umsatzsteuer. Gleichwohl ist diese Preisangabe nicht sachlich, da der Energieversorger einen jährlichen Rabatt von 33 % auf Grund- und Arbeitspreise gewährt. Wird dieser Rabatt vernachlässigt, liegt der tatsächliche Bruttopreis bei 19,75 ct/kWh. Auf den rabattierten Strompreis bezogen, kann konstatiert werden, dass Bruttostrompreise um 14 ct/kWh einem deutschlandweit üblichen Mittelwert folgen.

Nicht deutlich wird die Grundlage der Rabattierung, die zwischen den Jahren 2004 und 2006 von fünf auf 33 % erhöht wurde. Wird der elementare Nutzen dieser Rabattierung zunächst vernachlässigt, tritt hierbei negativ hervor, dass die Rabattierung – deren garantierte Gewährung ungewiss ist – den tatsächlichen Preis verbirgt und objektive Vergleiche¹⁰⁸⁾ äußerlich verzerrt.¹⁰⁹⁾ Obendrein suggeriert die immense Rabattierung eine kundenorientiertes Wohlwollen, was in einer unhinterfragt vertrauensvollen Bindung von Kunde und Anbieter resultiert.

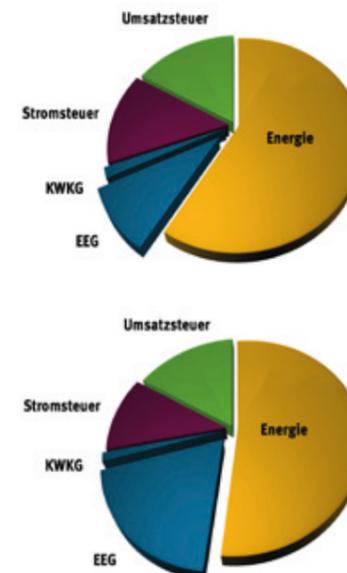
105) Z. B. können zwei 18W T8-Lampen mit einem 36 W-Vorschaltgerät betrieben werden.
 106) Mittelwert aus Grund- und Arbeitspreisen incl. Rabatt 33 %.
 107) EEG: "Gesetz zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien"; KWKG: "Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung"
 108) Z. B. mit anderen Kommunen oder Anbietern.
 109) Ein Umstand, der im aktuellen Bericht der Gemeindeprüfanstalt NRW deutlich hervortritt. Siehe [b27].

» Die Kosten für Instandhaltung bedingen den größten Kostenfaktor. Eine interkommunal vergleichende Aussage zum Preis ist jedoch nicht objektiv führbar. Die Leistungsinhalte sind ausgeschöpft. Eine Ausweitung eigener Leistungen würde Kosten auf kommunaler Seite erhöhen.

Zum anderen bleibt in dieser Rabattierung die Frage offen, ob das gewährte Entgegenkommen auch einem Drittvergleich standhalten kann. Dies ist insofern kritisch bzw. zukünftig nicht haltbar,¹¹⁰⁾ als hierdurch eine mittelbare oder unmittelbare Nebenleistung hergeleitet werden kann, die entgegen des § 3 Konzessionsabgabenverordnung verboten ist.

Aussagen und Beurteilungen zum durchschnittlichen Entgelt für Betrieb und Instandhaltung können nur reduziert geführt werden. Aufgrund der vielfältigen Betreibermodelle, die in deutschen Kommunen geführt werden, und den darin abweichenden Leistungsaspekten sind keine genauen Vergleichswerte herleitbar – Leistungen und Personal, die von den Kommunen im Bereich Straßenbeleuchtung in unterschiedlichem Ausmaß erbracht werden, können nicht in einen repräsentativen Vergleich eingebracht werden. Ein Kostenvergleich von Abgaben an entsprechende Dienstleister vernachlässigt demnach personelle und betriebliche Kosten, die die Kommune für Lagerhaltung, Störungsbehebung, Planung usw. u. U. selbst erbringt und nicht auf Dritte überträgt. Bezogen auf Castrop-Rauxel ist festzuhalten, dass sich die selbst erbrachten Leistungen auf Aspekte im Bereich Auftragsvergabe und Dokumentation sowie Planungs-, Ausführungs- und Rechnungskontrolle beschränken und der Großteil strategischer Entscheidungen und operativer Leistungen von der RWE Deutschland AG oder entsprechenden Nachunternehmern erbracht werden. Insofern wird der monatlich gezahlte Mittelwert von brutto 5,63 Euro pro Brennstelle erst in einem Vergabeverfahren mit genauer Leistungsbeschreibung vergleichbar. Bezogen auf die darin eingeschlossenen Leistungen gilt anzuerkennen, dass sich Inhalte, Zyklen, Arten usw. des Leistungsbereichs "Betrieb und Instandhaltung" aktuell ausgeschöpft darstellen. Hier Kürzungen vorzunehmen (z. B. Ausweitung der Wartungsintervalle) würde eher zu qualitativen und technischen Missständen führen. Es bleibt hingegen festzuhalten, dass die dargestellten Kosten betriebliche Gewinne beinhalten. Das beauftragte Unternehmen kann jedoch zugleich aufgrund seiner Größe, Spezialisierung und Fachkompetenz wirtschaftlich handeln, bzw. Mischkalkulationen anwenden, was bei kleineren Wettbewerbern oder der Stadt Castrop-Rauxel selbst nicht derart ausgeprägt funktionieren wird. Ein Aspekt, der in einem interkommunalen Vergleich hingegen auffällt, ist, dass der größere Kostenanteil in Castrop-Rauxel auf die Instandhaltung entfällt und nicht auf die Energiekonsumtion – in vielen anderen Kommunen stellt sich eine gegenteilige Kostenzusammenstellung dar.¹¹¹⁾ Dieser Umstand gründet sich u. a. in den Tatsachen, dass der mittlere Energieverbrauch der Leuchtstellen in Castrop-Rauxel relativ niedrig ausfällt und zudem der genannte Rabatt von 33 % das Verhältnis umkehrt.

Ein weiterer anzusprechender Punkt in den Betriebskosten ist die Umlage zum "Erneuerbare-Energien-Gesetz" – EEG. Die der Untersuchung zu Grunde gelegte, aktuellste Rechnung ist auf das Jahr 2009 mit einem Steuersatz von 1,382 ct/kWh bezogen – dieser beträgt aktuell 3,53 ct/kWh. Die Umlage verzeichnet damit eine deutliche Steigerung und erhält in den kommenden Jahren ein bemerkenswerteres Gewicht, wie Abbildung //2.43 verdeutlicht. Ebenso wie in der Bewertung zum Vertragsverhältnis an



2.43 // Stromkostenanteile 2009 / 2011

110) Sofern Konzessionsvertrag und Beleuchtungsvertrag gekoppelt bleiben.
 111) Der Deutsche Städte- und Gemeindebund berichtet hier z. B. von einem anteiligen Verhältnis von 76 % Energiekosten und 24 % Instandhaltungskosten [b22].

» **Steuerabgaben erhalten ein immer deutlicheres Gewicht in den Gesamtkosten. Gleichwohl gibt es Optionen steuerlicher Einsparungen.**

+1

Grünstromprivileg

Auch Elektrizitätsversorgungsunternehmen können von der EEG-Umlage befreit werden, sofern sie mind. 50 % ihres Stroms aus EEG-Anlagen (Wind, Solar etc.) beziehen. Für den Endabnehmer kann somit auch die EEG-Lastung verringert werden. Gleichwohl können Marktpreise für eine Ökostromlieferung höher ausfallen als Preise für sog. "Graustrom" – dies ist erst bei entsprechender Ausschreibung zu klären.

» **Die Kosten steigen insgesamt stark an. In den letzten Jahren unproportional zum quantitativen Anlagenbestand.**

+2

Änderung der Bundesnetzagentur

Nach Anforderungen der BNetzA ist bei der Ermittlung der Netzentgelte für die Straßenbeleuchtung nur noch dann das Leistungs-/Arbeitspreismodell anwendbar, wenn es sich bei der Beleuchtungsanlage um eine leistungsgemessene Abnahmestelle handelt. Ist demnach kein Zähler an der Leuchtstelle, ist das hochpreisigere Grund-/Arbeitspreismodell anzuwenden.

der Stromsteuerabgabe aufgeführt, können hier Möglichkeiten der Steuerreduktion geprüft werden. Die Umlage auf den Strom zur öffentlichen Beleuchtung könnte nämlich entfallen, sofern der Betreiber den Strom selbst erzeugt, der Betreiber den Strom selbst verbraucht und der Betreiber den Strom im räumlichen Zusammenhang mit dem Verbrauch erzeugt. Hierbei ist einmal mehr zu klären, ob die Stadt Castrop-Rauxel nicht nur eine mit "Licht" belieferte Körperschaft ist, da, wie zuvor erläutert, die RWE Deutschland AG Betreiber, Stromlieferant und juristischer Eigentümer der Anlagen ist, und demnach für den Betrieb der eignen Anlagen auch den eigenen Strom verbraucht. Für Castrop-Rauxel würde eine derartige Steuerbefreiung heutig ca. 73.000 Euro jährlich bedeuten. Auch wenn sich die Stadt zum autarken Betrieb mit eigenen Anlagen entscheidet, würde sich eine derartige Option öffnen, sofern der kommunal erzeugte Strom aus regenerativen Energien für die Straßenbeleuchtung genutzt würde. Hierfür müsste z. B. der Bestand an kommunalen Fotovoltaikanlagen um den Faktor 5,2 ausgebaut werden.¹¹²⁾ In einer Gegenüberstellung der dabei zu erwartenden Einspeisevergütungssumme von ca. 760.000 Euro jährlich und einem Wegfall prognostizierter Stromkosten einschließlich steuerlicher Abgaben von ca. 510.000 Euro,¹¹³⁾ würden sich jedoch im Zeitraum der zugesicherten Einspeisevergütung monetäre Nachteile für die Stadt ergeben. Erst danach und mit einer gleichsam zu erwartenden Stromkostensteigerung könnte sich die ökologisch basierte Eigenversorgung finanziell positiv erweisen(+1).

Grundsätzlich ist gegenüber dem zugrunde gelegten Abrechnungsjahr 2009 eine eindeutige Kostensteigerung zu erwarten. Diese gründet sich gleichsam auf steigende Strompreise, Wartungsentgelte und Steuerabgaben, so dass für das Jahr 2011 mit einer Belastung von insgesamt ca. 940.000 Euro gerechnet werden muss (+2).¹¹⁴⁾ Sofern die generelle Erhebung der Umsatzsteuer und deren Erhöhung im Jahr 2007 vernachlässigt wird, haben sich die Kosten für die Straßenbeleuchtung in den letzten zehn Jahren um ca. 17 % erhöht, wobei der Leuchtstellenbestand nur um ca. 5 % zugenommen hat.

Maßnahmenempfehlungen

Objektivierte Kosten konsolidieren.

- Die Stromkosten sollten garantiert festgelegt werden → Der gewährte Rabatt verfälscht präzise Vergleichsmöglichkeiten und ist langfristig nicht haltbar, was der kommunalen Planungssicherheit abträglich ist.

Kosten ohne Qualitätsverlust optimieren.

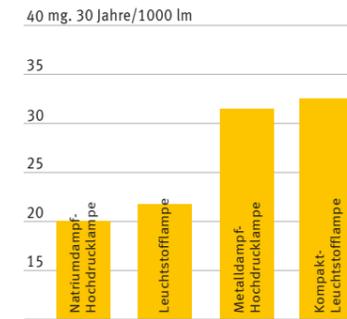
- Aktuelle Inhalte im Bereich Betrieb/Instandhaltung scheinen ausgeschöpft → Veränderungen könnten langfristig nachteilig wirken: lichtqualitativ und ökonomisch.
- Es sollten steuerliche Vergünstigungen geprüft werden → Unter Umständen können EEG-Abgaben gemindert werden.
- Es sollte geprüft werden, ob die Ausstattung der Brennstellen mit Leistungsmessern langfristig zu Kosteneinsparungen führt → Nur dann kann nach Bundesnetzagentur das Leistungs- und Arbeitspreismodell angewendet werden.

112) Stand 2010 mit einem jährlichen Ertrag von ca. 400.000 kWh.

113) Angenommene Stromkosten incl. sämtlicher Steuern ca. 0,245 ct/kWh.

114) Ab 2011: Arbeitspreis + 9,1 %; Grundpreis + 2,16 %; gesetzl. Abgaben + 28,6 %; Instandhaltung + 4,6 %. Siehe E-Mail der RWE Deutschland AG vom 17.01.2011.

» **Bezogen auf den Lebenszyklus zeigen Natriumdampf-Hochdrucklampen und Leuchtstofflampen relativ adäquate Quecksilberbilanzen. LED beinhalten kein Quecksilber; gleichwohl ist die Art ihrer Rezyklierung noch nicht geklärt und auch LED fordern kritische Stoffe – insbesondere in der Produktion.**



2.44 // An Lichtstrom angepasste Quecksilbermengen im Lebenszyklus.

» **Alle technischen Produkte verursachen umweltwirksame Belastungen. Der stromproduktionsbedingte Betrieb bedingt jedoch den anteilig höchsten Schadstoffausstoß und Ressourcenverbrauch im System der Straßenbeleuchtung.**

zu k) Umweltwirksame Belastungen I

Bewertung

Aufgrund einer reduzierten Informationslage konnten die entsprechenden umweltwirksamen Belastungen aus Herstellung, Energiekonsumtion und Rezyklierung nur im Ausschnitt und je nach Quellenlage allgemein oder in geringem Umfang im Speziellen dargestellt werden.¹¹⁵⁾ So zeigt sich, dass die viel betonten Quecksilbergehalte bei den in Castrop-Rauxel vorzugsweise eingesetzten Lampen relativ gleich groß ausfallen, sofern sie auf den Lichtstrom der jeweiligen Lampen bezogen werden. Aus der zuvor benannten Tatsache heraus, dass die jeweiligen Lampen unterschiedliche Lichtströme produzieren und die Lampenlebensdauer ungleich ausfällt, ergibt sich bei einer rechnerischen Vereinheitlichung dieser Faktoren ein Vorteil in der Nutzung von Natriumdampf-Hochdrucklampen und Leuchtstofflampen. Abbildung //2.44 vergleicht die Quecksilbermengen der Lampen, bezogen auf einen vereinheitlichten Lichtstrom und einer Leuchtenlebensdauer von 30 Jahren.¹¹⁶⁾ Die einzelne Kompaktleuchtstofflampe mit zunächst sehr geringen Quecksilberanteilen erweist sich in diesem Vergleich als Technologie, die eine relativ hohe Gesamtmenge im Lebenszyklus einfordert. Aufgrund mangelnder Informationslagen und Vergleichbarkeit wurde die LED-Technologie hier nicht abgebildet. Hierzu kann bemerkt werden, dass LED zwar keine Quecksilbergehalte vorweisen und nach Nutzung auch keinen Sondermüll darstellen, die aktuell ungeklärte Rezyklierung des Elektroschrotts hingegen nicht unkritisch behandelt werden darf.

Angaben zu Quecksilbermengen sind seit jüngerer Zeit allen Endkunden über europäische Vorgaben zugänglich. Hiermit kann die Erwerbsentscheidung über diesen Aspekt erweitert werden, da Quecksilbergehalte innerhalb einer Technologie und entlang der Hersteller sehr unterschiedlich ausfallen können. Welche Angaben hingegen nicht umfassend und systematisch zugänglich sind, sind die genauen Anteile aller produktspezifischen Ressourcenverbräuche oder produktionsbedingter Schadstoffe – insbesondere wenn die Betrachtung über das Leuchtmittel hinaus auch andere Bauteile der Beleuchtungseinheit sowie deren Transport und Rezyklierung nach Nutzungsende einschließen möchte. Auch wenn die Informationslage hierzu nur rudimentär ausfällt, konnte die Darstellung belegen, dass der stromproduktionsbedingte Betrieb den anteilig höchsten Schadstoffausstoß und Ressourcenverbrauch im System der Straßenbeleuchtung einnimmt. Neben der energetischen Effizienz der einzelnen Verbrauchsstelle ist somit hauptsächlich die Art der Stromproduktion eine bedeutende Stellschraube zur Reduktion umweltwirksamer Belastungen. Der spezifische, auf die Versorgung der Anlagen in Castrop-Rauxel anlegbare "Energieträgermix" zeigt die deutlichen Anteile nachhaltig schädigender Emissionen und anhaltend kritischer Rückstände. Eine Regulierung dieser Umstände ist grundsätzlich nur über die aktive Festlegung des Energiebezugs möglich, der auf nachhaltig zur Verfügung stehenden Ressourcen basieren sollte.

115) Für Produktion und Rezyklierung wurden verallgemeinernde Modellstudien [b27] genutzt. Der Bereich Betrieb konkretisiert auf die faktische Stromproduktion des Lieferanten – eine erschöpfende Darstellung aller umweltwirksamen Belastungen ist im heutigen Wissensstand nicht möglich.

116) Annahmen für eine einheitliche Nutzungsdauer von 30 Jahren: 8 x Natriumdampf-Hochdrucklampen / 15 x Halogen-Metalllampf-Hochdrucklampen / 11 Leuchtstofflampen / 12 x Kompaktleuchtstofflampen.

Maßnahmenempfehlungen

Niedrige Quecksilbermengen im Lebenszyklus beachten. 

- Über den Lebenszyklus betrachtet bedingen heutige Natriumdampf-Hochdrucklampen und Leuchtstofflampen die niedrigsten Quecksilbermengen → Bei Produktwahl sollten folgende Mengen entlang der unterschiedlichen Techniken unterschritten werden:

Lampentyp	Quecksilbergehalt [mg]
Leuchtstofflampen, mittelfristige Perspektive	< 3
Leuchtstofflampen, Zielperspektive	< 1,5
Hochdrucklampen, mittelfristige Perspektive	< 20
Hochdrucklampen, Zielperspektive	< 10

» Höchstmengen der Lampen-Quecksilbergehalte:

Strom aus erneuerbaren Energien beziehen. 

- Um die Menge schädigender Emissionen und kritischer Rückstände deutlich zu reduzieren, sollte der Strom aus erneuerbaren Energien bezogen werden → Im Vergleich von produkt- und betriebsspezifischen Aspekten bedingt der Stromkonsum bzw. die Stromproduktion die anteilig größten Belastungen im gesamten Lebenszyklus der Leuchte.

Ökologische Nachhaltigkeit frühzeitig berücksichtigen. 

- Bevorzugung von Leuchten, deren Bauteile aus wiederverwertbaren Materialien bestehen und nach Ende des Nutzungsgangs der Leuchte problemlos separiert werden können → In der Entscheidung zur Beschaffung von Produkten kann aktiv die langfristig zu sehende ökologische Nachhaltigkeit festgelegt werden.

- zu l) **Umweltwirksame Belastungen II**

Bewertung

Es wurde dargestellt, dass künstliches Licht als unmittelbare Immission eine zu berücksichtigende Dimension der belebten Umwelt darstellt. Künstliche Beleuchtung stört menschliche Regenerationsprozesse und beeinflusst biochemische Prozesse – zur "falschen Zeit", am "falschen Ort" hat Licht demnach negative psychische und physische Komponenten für Menschen. Auch wenn es sich hierbei um eine relativ junge Wissenschaft handelt und gesundheitliche Auswirkungen bzw. Einflusskomponenten nur grob benannt werden können, darf dieser Aspekt im Planungs- und Entscheidungsprozess nicht vernachlässigt werden. Die benannten Indizien genügen, mögliche Störwirkungen und Beeinträchtigungen auszuschließen, die von öffentlicher Beleuchtung ausgehen könnten. Nach der generellen Vermeidung starker Aufhellung von Wohnfassaden bzw. deren Fensterflächen ist das Augenmerk auf die jeweilige Technologie zu legen. Je größer der spektrale Anteil der Lampen im blauen, kurzwelligen Strahlungsbereich liegt – kaltweiße Leuchtstofflampen, LED usw. deren unmittelbarer Nutzen im Außenraum darin liegt, die visuelle Wahrnehmung im Dämmerungszustand zu steigern – desto größer sollte die Aufmerksamkeit auf den Schutz privater Wohnraumaufhellungen liegen. In Abwägung sind somit Beleuchtungsintensitäten mit der Umgebung abzustimmen.

» Künstliches Licht kann sich auch negativ auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen auswirken. Beleuchtungsart und -intensität ist auf die Umgebung abzustimmen.



2.45 // Wachstumsbeeinträchtigung

» Deutlich wird die schädigende Wirkung von Licht bei Flora und Fauna. Naturbereiche sind Dunkelbereiche. Sofern der Lichtbedarf überwiegt, sind Lampen, Leuchten und Beleuchtungsart auf die Umgebung abzustimmen.

Sehr viel deutlicher kann die natürliche Prozesse beeinflussende bzw. schädigende Wirkung von Licht bei Flora und insbesondere Fauna benannt werden. Zwar konnten die Belastungen (z. B. Mortalität nachtaktiver Tiere und Insekten) im Rahmen dieser Untersuchung nicht für Castrop-Rauxel quantifiziert, die Tatsache der generellen Beeinträchtigung jedoch konstatiert werden.¹¹⁷⁾

Generell sollte die städtische Beleuchtung weit mehr auf die benannten Wechselwirkungen reagieren. Im Abwägungsprozedere und in der Ausführung der Stadtbeleuchtung sollten die Dunkelbedarfe nachtaktiver Tiere und Insekten konsequent berücksichtigt werden – Naturbereiche sind Dunkelbereiche. Sofern der Lichtbedarf dennoch überwiegt, kann die Entscheidung von Lampen-, Leuchten- und Beleuchtungsart das Ausmaß etwaiger Anlockwirkungen oder Schädigungen eindämmen. Auch hier ist die Raum- bzw. Flächennutzungsart – und damit die räumliche Verteilung etwaig zu schädigender Tiere – von Bedeutung.

Maßnahmenempfehlungen

Licht als beeinträchtigende Immission handhaben.  

- Regenerations- und Lebensbereiche von Mensch und Tier sind vor schädigenden Lichteinflüssen zu schützen → Bei Menschen kann Licht zur "falschen Zeit" und am "falschen Ort" zu negativen psychischen und physischen Beeinträchtigungen beitragen. Flora und Fauna werden in ihrem natürlichen Lebensverhalten behindert oder sterben aufgrund künstlicher Beleuchtung.
- Konsequente Trennung von Leuchtstellen und Baumzonen bei Neuplanungen → Das Wachstum von Vegetationen wird durch die künstliche Beleuchtung beeinträchtigt.
- Bewusste Planung der räumlichen Umgebungsaufhellung mit Beschränkung der Aufhellung privater Hausfassaden/-fenster auf ein geringes Maß → Öffentliches Licht ist in privaten Wohnräumen auszuschließen.
- Vermeidung von grenzüberschreitenden Immissionen, die zur Störung der Nachbarschaft beitragen.

Technische Qualitätskriterien zum Insektenschutz festlegen. 

- Verwendung von UV-Filtern oder Lichtquellen ohne UV-Lichtspektrum → Insekten werden besonders über diese, für sie sichtbare Strahlung angelockt.
- Nutzung von optimierten Schutzarten (IP54 / IP65) → Hierdurch wird ein Eindringen der Insekten vermieden.
- Beachtung der Oberflächentemperatur der Leuchtenkörper → Temperaturen ab 60 °C führen zum schnellen Tod anfliegender Insekten.

¹¹⁷⁾ Abbildung // 2.45 veranschaulicht die Wachstumsbeeinträchtigung einer Platane in Castrop-Rauxel. Der Alterungsprozess der beleuchteten Blätter wurde verzögert.

- zu m) **Umweltwirksame Belastungen III**

Bewertung

Neben den ökologischen Problemen ist die mangelnde Sichtbarkeit des Sternenhimmels als Verlust eines Naturguts mit kultureller Bedeutung anzusprechen. Infolge der dargestellten Aufhellung des nächtlichen Himmels wird die vollständige Beobachtung von natürlichen Himmelsphänomenen und Gestirnen über Castrop-Rauxel erschwert. Der Messwert von 19.6 mag/arcsec² verweist entlang allgemeiner Vergleichstabellen auf die Beurteilungskategorie "Heller Vorstadthimmel" (+). Ein ideal dunkler Himmel würde eine Messgröße von 21.6 mag/arcsec² hervorbringen. Werte sehr heller Großstädte können unter 14 mag/arcsec² liegen [b28]. Ein entsprechender "NELM"-Wert¹¹⁸⁾ zwischen 5.1 und 5.5 lässt darauf schließen, dass das Zodiaklicht über Castrop-Rauxel nicht sichtbar wird und die hellen Teile der Milchstraße nur in Nähe des Zenits erkennbar werden. Der Horizont unter 35° leuchtet grau-weiß und etwaige Wolken reflektieren das künstliche Licht deutlich. Im Vergleich zu einem natürlichen Nachthimmel ist der Himmel über Castrop-Rauxel durch die künstliche Beleuchtung siebenmal heller. Die Anzahl von möglichen 6.000 sichtbaren Sternen wird dabei auf ca. 1.100 Sterne (ca. 18 %) reduziert.

Neben der Innenstadt/Altstadt und den einzelnen Versorgungsbereichen der Nebenzentren tragen gerade die Gewerbegebiete bedeutend zur Himmelsaufhellung bei. Auf die Aspekte der Straßenbeleuchtung bezogen, kann konstatiert werden, dass die zum Teil stark in den "oberen Halbraum" abstrahlenden Leuchten – die bis zu neun Prozent des Lichtstroms der Leuchte in den Himmel strahlen lassen – zur dargestellten "Lichtverschmutzung" signifikant beitragen.¹¹⁹⁾

Himmelsaufhellung als Aspekt des Umweltschutzes wird in Deutschland noch immer viel zu stark vernachlässigt.¹²⁰⁾ Aus diesem Grund sollte die Kommune ihren Handlungsspielraum besonders nutzen und in Vorbildfunktion sämtliche Maßnahmen in Abwägung mit dem benannten Problem treffen.

Maßnahmenempfehlungen*Himmelsaufhellung über Lampen und Leuchten mindern.* 

- Abgeschirmte oder stark abgeschirmte Leuchten einsetzen → Lichtströme im oberen Halbraum sind < 1 % zu halten.
- Bevorzugung von Leuchten mit klaren, flachen oder leicht gewölbten Glasabschlüssen → Gewölbte Lichtaustrittsflächen produzieren himmelseitiges Streulicht durch Lichtbrechung.
- Weißes Licht bewusst einsetzen → Der Himmel wird durch weißes Licht viermal stärker aufgehellt als durch orange-rötliches Licht; zudem streuen blaue Lichtanteile 2½-mal mehr.

Himmelsaufhellung über Zeit- & Raumorganisation mindern. 

- Der städtische Nachtraum zeigt Lichtbedarfe zu unterschiedlichen Zeiten → Zeit- und raumbegrenzte Beleuchtung kann einen Kompromiss von Licht- und Dunkelbedarfen erbringen.

118) Visuelle Grenzgröße "Naked-eye limiting magnitude" – Bortle-Skala 6

119) Siehe auch Bewertung zu 2.1 c)

120) Slowenien ist seit 2007 das erste EU-Land mit einem Gesetz gegen Lichtverschmutzung. Andere europäische Länder besitzen regionale Gesetzgebungen oder sind gerade in der Erstellungs-/Genehmigungsphase: z. B. Frankreich.

» Die bisher gebildete Grundlage der Straßenbeleuchtung ist gut zu bewerten. Energieverbräuche sind niedrig, Kosten adäquat. Gleichwohl wird die Fortentwicklung aufgrund steigender Kosten und komplexeren Rahmenbedingungen vielschichtig.

» Entscheidungshoheit und -kompetenz auf Seiten der Stadt Castrop-Rauxel sollten intensiviert werden, um in den anstehenden Prozessen die nachhaltige Entwicklung prägen zu können.

» Kosteneinsparungen sind auch in steuerlichen Bereichen möglich. Der Stromverbrauch ist heutig auf einem niedrigen Niveau und besitzt relativ wenige Stellschrauben der Einsparung.

2.2.3 Fazit

Im ersten Überblick und im interkommunalen Vergleich zeigt das System der öffentlichen Straßenbeleuchtung der Stadt Castrop-Rauxel ein gutes Fundament. Insbesondere in der Vergangenheit wurden technische Entscheidungen getroffen, die heute dazu führen, dass energetische Kennwerte auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau und dass die entsprechenden Kosten in einem nachvollziehbaren Rahmen liegen. Gleichwohl steht der Handlungsbereich vor großen Herausforderungen. Die Abwägung wirtschaftlicher, ökologischer und kultureller Wechselwirkungen für einen nachhaltigen Umgang mit Straßenbeleuchtung fordern eine Qualifizierung und Entwicklung dieses Handlungsbereichs ein, die in einer derartigen Bandbreite bisher nicht präsent war. Gesamtkosten sind aufgrund politischer und betriebswirtschaftlicher Bedingungen bis heute deutlich gestiegen und werden mit lichtqualitativen Anforderungen weiter zunehmen. Auch Handhabungsmöglichkeiten werden vielfältiger und Entscheidungsvorgänge im technischen sowie im betriebsorganisatorischen Bereich diversifizierter. Die Stadt Castrop-Rauxel sollte ihre aktive Beteiligung und stringente Lenkung im System der öffentlichen Straßenbeleuchtung zukünftig deutlich intensivieren, um die Balance von Effizienz und Qualität selbst zu bestimmen.

Die Entscheidungshoheit und Entscheidungskompetenz sollten auf Seiten der Stadt Castrop-Rauxel intensiviert werden. Mittelfristig wird das Modell des infrastrukturellen Betriebs neu organisiert werden müssen: aufgrund äußerer Bedingungen – wie z. B. durch die Entkopplung von Konzessions- und Beleuchtungsvertrag mit verpflichtender Ausschreibung der Leistungen – aber auch aufgrund interner Chancen, die sich z. B. durch Mechanismen des sich einstellenden Wettbewerbs ergeben. Entscheidend wird hierbei die Güte des kommunalen Sachverstands im Wissen über Anlagenzustände – die aktuell über den Dienstleister nicht systematisch zugänglich werden – und Entwicklungsinhalte, damit die Ausgestaltung zukünftiger Vertragsbindungen langfristig zugunsten der Stadt Castrop-Rauxel ausfallen. Letztgenannte Vorgänge sind dabei selbstredend in Abhängigkeit von ausstehenden Rahmenseetzungen zu betrachten (z. B. die Frage zur Gründung eigener Stadtwerke). Die Festlegung eigener Maßstäbe, die Qualifizierung und Systematisierung der infrastrukturellen Handhabung und die Erhöhung der querschnittsorientierten Fachkompetenz sind Aspekte, die unabhängig davon angegangen werden können und sich auch auszahlen werden: ob im eigens organisierten Betrieb oder im qualifizierten Verhältnis mit externen Dienstleistern.

Die zu optimierende Betriebsführung geht dabei weit über unmittelbare Aspekte der technischen Infrastruktur hinaus. Steuerliche Kosten aufgrund klimapolitischer Ziele müssen keine unhinterfragten Belastungen bleiben. Es besteht die Aussicht, dass bestimmte Strategien der Betriebsführung immer dominanter werdende Kostenanteile – namentlich die EGG-Umlage mit heute ca. 73.000 Euro – reduzieren können. Auf die aktuellen Umstände in Castrop-Rauxel bezogen, kann konstatiert werden, dass monetäre Einsparungen weniger über eine weiter reduzierte Energiekonsumtion der einzelnen Anlage erreicht werden können. Wie erwähnt, liegt die Stromkonsumtion in Castrop-Rauxel auf einem durchschnittlich gesehen sehr niedrigen Niveau, da effiziente Leuchtmittel genutzt werden und in relativ ausgeprägtem Maße zu Nachtzeiten eine Beleuchtungsreduzierung durchgeführt wird. Hier gibt es zwar Stellschrauben, die Stromkosten weiter reduzieren

» Weit mehr Einsparungspotenzial liegt in der Reduktion des Anlagenbestands. Entweder durch effiziente Leuchten oder gezielten Rückbau.

» Die Wirkungsgrade der bei vielen Neubaumaßnahmen eingesetzten Leuchten sind alarmierend schlecht zu beurteilen. Im Resultat wird aktuell ein monetärer Verlust von jährlich ca. 23.200 € hingenommen. Gleichzeitig vergehen jährlich unnütz 14.500 € über Licht, das in den Himmel strahlt.

» Straßenbeleuchtung darf nicht nur auf monetäre Einsparungsaspekte reduziert werden. Sofern die Schadstoffbilanz verbessert werden soll, ist der Strombezug zu ändern.

» Künstliches Licht beeinträchtigt auch das Wohlbefinden von Menschen und wirkt schädlich auf nachtaktive Tiere. Dies ist ein Handlungsfeld, das berücksichtigt werden sollte.

können,¹²¹⁾ doch liegt das weit bedeutsamere Potenzial in der Leuchtstelle selbst, da ihre Wartung das größere Teilstück in der Kostengesamtheit darstellt. Hierbei geht es weit weniger um die gerechtfertigte Höhe der Dienstleistungsvergütung pro Leuchtstelle, als vielmehr um die Gesamtanzahl betriebener Leuchten. Diese kann durch zwei Punkte optimiert werden: zum einen durch einen hohen Betriebswirkungsgrad der Leuchte – je höher dieser ausfällt, so weniger Anlagen erfüllen die gleiche Beleuchtungsaufgabe. Hätten z. B. sämtlich Leuchtstellen der Stadt einen Wirkungsgrad > 75 %, könnten jährlich 23.200 Euro eingespart werden. Zum anderen kann die Gesamtheit der Leuchtstellen reduziert werden, indem ein genereller Entschluss zur Vermeidung einer flächendeckenden Ausstattung der Straßen- und Wegeinfrastruktur mit Beleuchtungsanlagen vorliegt. Ein solcher Entschluss kann eine willkürliche Ausweitung der Leuchtstellen von vornherein vermeiden oder bestehende Anlagen, deren Funktion z. B. im historischen Verlauf nicht mehr gegeben ist, zum Rückbau vorbereiten – eine etwaige Unwirtschaftlichkeit aufgrund hoher Umbaukosten und langfristiger Amortisationszeiten wäre nahezu ausgeschlossen. Insbesondere jüngere Entscheidungsprozesse und Maßnahmen verdeutlichen einen Weg, der qualifiziert werden sollte. So werden zunehmend dekorativ erscheinende Leuchten eingesetzt, deren Lampen durch energetische Effizienz gekennzeichnet werden, die Licht lenkenden Eigenschaften der Leuchte diese Effizienz hingegen nicht zur Entfaltung bringen. Gleichzeitig werden vermeintliche objektgestalterische Aspekte über ökologisch kritische Streuverluste und visuell ergonomische Nachteile gestellt. Eine an licht- und beleuchtungsqualitativen Prämissen ausgerichtete Standardisierung der zu verwendenden Produkte im Sinne der Stadt, die über den Produktrahmen des Dienstleisters hinaus geht, ist anzuraten.

Es bleibt festzuhalten, dass die Senkung finanzieller Belastungen das Verhältnis lichtqualitativer Aspekte nicht überwiegen darf, sodass die Straßenbeleuchtung auf einen Handlungsbereich reduziert wird, der rein auf Einsparung bei vermeintlicher Einhaltung etwaiger Normierung fokussiert. Licht ist auf der einen Seite ein wichtiger Bestandteil, der zur Lebensqualität in der Stadt beitragen kann, auf der anderen Seite jedoch auch mit Emissionen und umweltwirksamen Belastungen verbunden ist. Sofern hierbei die Anteile klimaschädigender Emissionen und anhaltend kritischer Rückstände im Vordergrund stehen, ist der Strombezug zu ändern. Bezogen auf den Lebenszyklus der Leuchten ist der Betrieb der Anlagen – d. h. der Stromkonsum mit vorausgehender Stromproduktion – für die meisten Belastungen verantwortlich. Letztlich bedeutet ein nachhaltiger Umgang mit Straßenbeleuchtung auch, sich den beeinträchtigenden und schädigenden Wirkungen von Licht bewusst zu werden. Straßenbeleuchtung, die ihre räumliche Umgebung ignoriert und auf intendierte Wegeaufhellung beschränkt wird, missachtet den Dunkelbedarf anliegender Bürgerinnen und Bürger. Zudem sind Vögel, Froschlurche und Insekten durch Straßenbeleuchtung bedroht. Letztere sind ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems (z. B. in Nahrungsketten oder Blütenbestäubung), sodass Beeinflussungen nicht nur auf Arten und deren Population zu beschränken sind, sondern es gesamtökologische Konsequenzen anzuerkennen gilt.¹²²⁾ Letztlich sind über der Stadt nur noch ca. 18 % der möglich sichtbaren Sterne erkennbar. Die zukünftige Straßenbeleuchtung sollte auch hier den Begriff Nachhaltigkeit mit Ausführungskonsequenz belegen.

121) Was in Abhängigkeit zu Investitionskosten nicht von vorn herein wirtschaftlich sein muss. Hierzu auch Kapitel b.4: "Szenarien und Potenziale".

122) Siehe hierzu: Flächennutzungsplan Castrop-Rauxel 2025 – Begründung, S. 56

» Folgende Maßnahmenempfehlungen werden ausgesprochen:

- **Vertragsverhältnis und Bewirtschaftung**
Potenziale verschiedener Vertragskonstellationen prüfen. Straßenbeleuchtungsvertrag als Instrument nutzen. Dienstleistung in den Wettbewerb stellen. Kommunale Kompetenzen intensivieren. Erneuerungen vor Vertragsablauf intensivieren.
- **Leuchtstellen**
Kommunale Dokumentation komplettieren und ausbauen. Typenvariation gering halten und weiter reduzieren. Besonders gestaltete Leuchten gezielt verwenden. Leuchten- und Komponentenkatalog überarbeiten.
- **Lichttechnische Eigenschaften der Leuchten**
Lichttechnisch optimierte Leuchten verwenden. Streuverluste vermeiden. Langfristigkeit der Produktqualität berücksichtigen.
- **Leuchtenträger und -höhen**
Abwägungsorientiert auf Mastträger umbauen. Straßenmittig ausgerichtete Träger verwenden. Visuelle und materialbedingte Qualität beachten.
- **Altersstruktur**
Altersinformationen vom Betreiber einfordern. Sanierung intensivieren und langfristig planen.
- **Betriebsart**
Dämmerungswerte und Schaltschwellen prüfen. Halbnachtschaltung ausbauen und präzisieren.
- **Leuchtmittel**
Lampenenergiebilanz halten und langfristig senken. Auf Lampen mit hohem Lichtstrom umrüsten. Lampenmenge mittelfristig reduzieren. Kompaktleuchtstofflampen in Langfeldleuchten vermeiden.
- **Lichttechnische Eigenschaften der Leuchtmittel**
Produktspezifische Effizienz prüfen und steigern.
- **Vorschaltgeräte**
Lampen an wirtschaftlichen Vorschaltgeräten betreiben. Anzahl der Vorschaltgeräte pro Leuchte reduzieren.
- **Energie- und Betriebskosten**
Objektivierte Kosten konsolidieren. Kosten ohne Qualitätsverlust optimieren.
- **Umweltwirksame Belastungen I**
Niedrige Quecksilbermengen im Lebenszyklus beachten. Strom aus erneuerbaren Energien beziehen. Ökologische Nachhaltigkeit frühzeitig berücksichtigen.
- **Umweltwirksame Belastungen II**
Licht als beeinträchtigende Immission handhaben. Technische Qualitätskriterien zum Insektenschutz festlegen.
- **Umweltwirksame Belastungen III**
Himmelsaufhellung über Lampen und Leuchten mindern. Himmelsaufhellung über Zeit- und Raumorganisation mindern.

b.3 Raum und Verteilung

3.1 Stadt- und Straßenraum	69
Leuchtstellenverteilung nach Gebietstyp	69
Örtliche Leuchtstellenevaluation	73
Energie- und Lichtverteilung: Autom. Ermittlung	85
Lichtverteilung: Exemplarische Messung	108
Lichtverteilung: Exemplarische Simulation	114
3.2 Zusammenfassung, Bewertung und Empfehlungen	121
3.2.1 Zusammenfassung	121
3.2.2 Bewertung und Maßnahmenempfehlungen	123
3.2.3 Fazit	131

3 Raum und Verteilung

Licht ist maßgeblich unter Berücksichtigung räumlicher Verteilung zu begutachten, um den Beleuchtungsvorgang vollständig optimieren zu können. Hierfür wird das Lichtsystem in quantitativer und qualitativer Hinsicht im Stadt- und Straßenraum untersucht – nicht zuletzt, um zwischen den Variablen Energieeinsatz und Lichtertrag unter Berücksichtigung von Praxis- und Zielwerten abwägen zu können.

3.1 Stadt- und Straßenraum

a) Leuchtstellenverteilung nach Gebietstyp

Die räumliche Umgebung stellt unterschiedliche Anforderungen an den Leuchtentyp. Für die Stadtgliederung werden folgende Kategorien eingeführt, die die aktuelle und perspektivische Raumsituation nach Flächennutzungsplan [b29] gleichsam berücksichtigen:

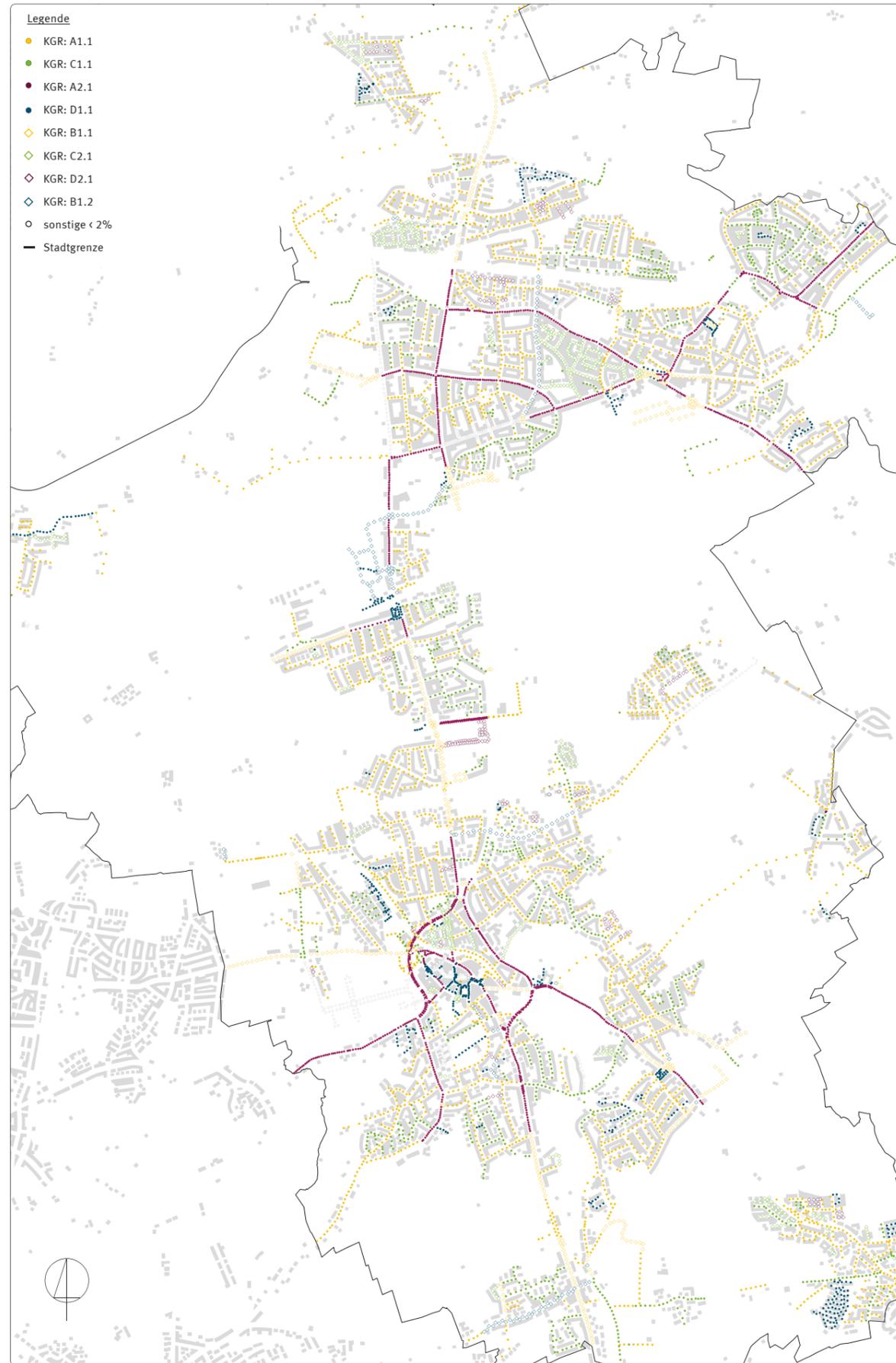
- **Naturraum (NR)** mit Feld-, Wald und Wiesenbereichen;
- **Zentrenbereich (ZB)** mit Altstadt, Neben- und Subzentren;
- **Wohngebiet** mit vorhandener (WGa) / geplanter Wohnbebauung (WGb);
- **Gewerbegebiet**, das vorrangig bebaut (GGa), sporadisch bebaut (GGb) oder unbebaut ist (GGc) sowie Gebiete, die vorrangig mit kundenorientiertem Gewerbe bebaut sind (KG);
- **Sonderbereich (SB)** mit kommunaler oder sozialer Infrastruktur;
- **Vorbehaltensnetz (VN)** als übergeordneter Funktionsraum.

Nachstehende Tabelle sowie die Abbildungen //3.2 und //3.3 zeigen die Leuchtenverteilung in den Gliederungsbereichen nach KGR-System:

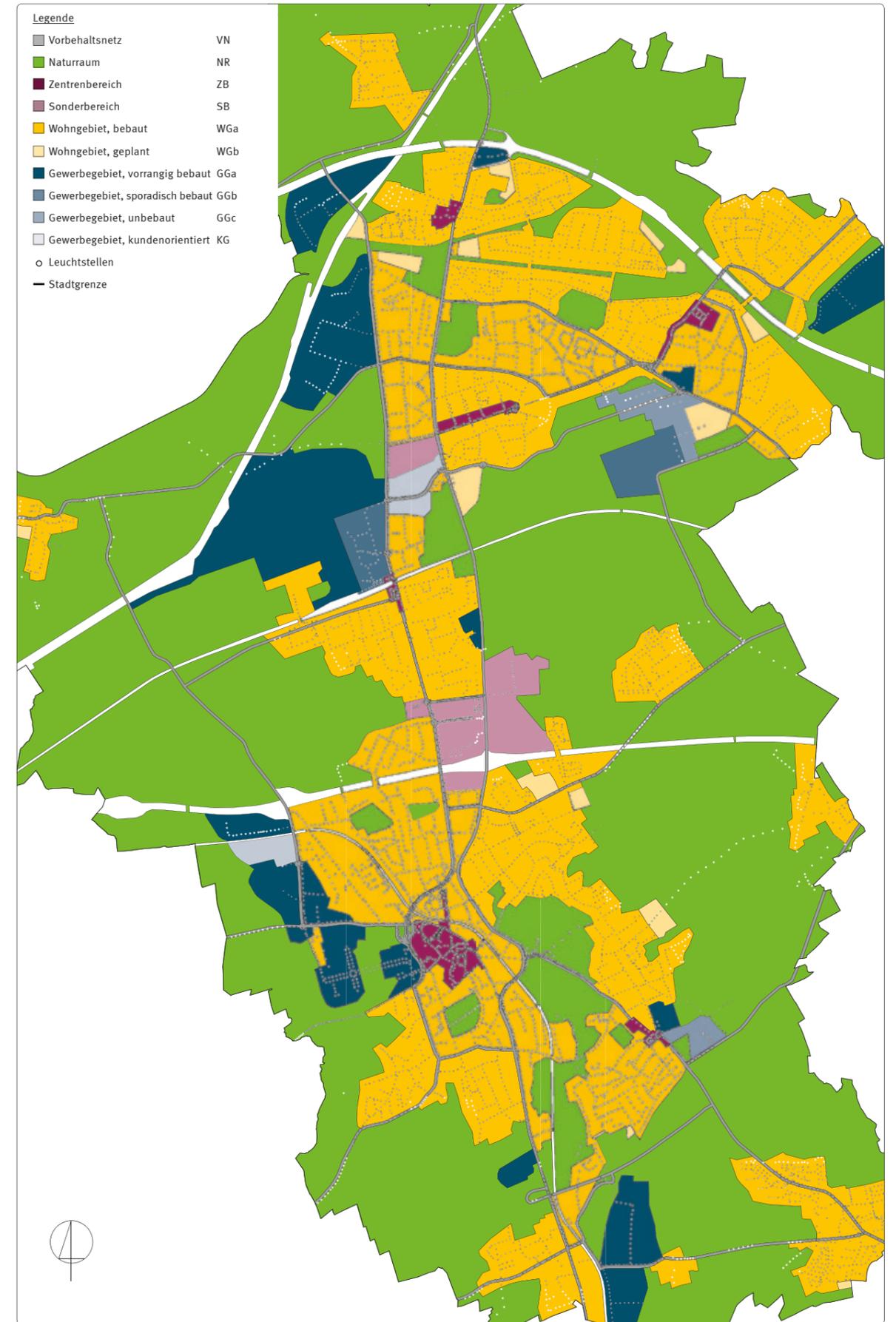
>> Räumlich relevante Gliederungsbereiche:

Gebiet/KGR																				Total			
		A1.1	A2.1	B1.1	B1.2	B2.1	C1.1	C2.1	C2.2	C3.1	D1.1	D1.2	D2.1	D3.1	E1.1	E1.2	E2.1	F1.1	F2.1		F3.1	G1.1	G3.1
NR	Stck.	174	40	26	4	.	50	6	.	.	29	20	367
	a [%]	47,4	10,9	7,1	1,1	.	13,6	1,6	.	.	7,9	5,4	100 %
	b [%]	5,8	3,1	5,4	2,2	.	3,4	1,2	.	.	4,8	18,7	4,4 %
	c [%]	2,1	0,5	0,3	.	.	0,6	0,1	.	.	0,3	0,2	4,4 %
ZB	Stck.	17	109	30	1	.	6	15	.	.	189	12	.	.	76	.	.	9	.	.	42	5	526
	a [%]	3,2	20,8	5,7	0,2	.	1,1	2,9	.	.	36	2,3	.	.	14,5	.	.	1,7	.	.	8	1	100 %
	b [%]	0,6	8,4	6,2	0,5	.	0,4	2,9	.	.	31,2	100	.	.	89,4	.	.	12,9	.	.	100	100	6,3 %
	c [%]	0,2	1,3	0,4	.	.	0,1	0,2	.	.	2,3	0,1	.	.	0,9	.	.	0,1	.	.	0,5	0,1	6,3 %
WGa	Stck.	2452	86	101	49	5	1264	452	30	38	319	.	130	.	9	14	.	8	2	.	.	4994	
	a [%]	49,1	1,7	2	1	0,1	25,3	9,1	0,6	0,8	6,4	.	2,6	.	0,2	0,3	.	0,2	.	.	.	100 %	
	b [%]	81,3	6,7	20,9	26,9	6,9	84,8	87,9	100	100	52,7	.	71	.	10,6	100	.	11,4	25	.	.	59,8 %	
	c [%]	29,4	1	1,2	0,6	0,1	15,1	5,4	0,4	0,5	3,8	.	1,6	.	0,1	0,2	.	0,1	.	.	.	59,8 %	
WGb	Stck.	4	.	4	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
	a [%]	40	.	40	.	.	20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100 %
	b [%]	0,1	.	0,8	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1 %
	c [%]	0,1 %
GGa	Stck.	119	.	21	12	.	77	.	.	.	.	.	.	1	.	87	.	.	.	1	.	327
	a [%]	36,4	.	6,4	3,7	.	23,5	.	.	.	.	.	.	0,3	.	26,6	.	.	.	0,3	.	100 %
	b [%]	3,9	.	4,3	6,6	.	5,2	.	.	.	.	.	.	100	.	81,3	.	.	.	14,3	.	3,9 %
	c [%]	1,4	.	0,3	0,1	.	0,9	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	3,9 %
GGb	Stck.	.	.	7	33	.	8	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	60
	a [%]	.	.	11,7	55	.	13,3	.	.	.	16,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100 %
	b [%]	.	.	1,4	18,1	.	0,5	.	.	.	1,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,7 %
	c [%]	.	.	0,1	0,4	.	0,1	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,7 %
GGc	Stck.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16
	a [%]	.	.	62,5	.	.	.	.	.	.	37,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100 %
	b [%]	.	.	2,1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2 %
	c [%]	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2 %
KG	Stck.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
	a [%]	.	.	37,5	.	.	.	.	.	.	62	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100 %
	b [%]	.	.	0,6	.	.	.	.	.	.	0,8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1 %
	c [%]	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1 %
SB	Stck.	29	.	10	.	.	8	37	.	.	20	.	52	.	.	.	.	.	.	.	.	156
	a [%]	18,6	.	6,4	.	.	5,2	23,7	.	.	12,8	.	33,3	.	.	.	.	.	.	.	.	100 %
	b [%]	1	.	2,1	.	.	0,5	7,2	.	.	3,3	.	28,4	.	.	.	.	.	.	.	.	1,9 %
	c [%]	0,3	.	0,1	.	.	0,1	0,4	.	.	0,2	.	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.	1,9 %
VN	Stck.	220	1056	271	83	67	76	4	.	.	27	.	1	.	.	.	53	6	6	.	.	1883	
	a [%]	11,7	56,1	14,4	4,4	3,6	4	0,2	.	.	1,4	.	0,1	.	.	.	2,8	0,3	0,3	.	.	100 %	
	b [%]	7,3	81,8	56,1	45,6	93,1	5,1	0,8	.	.	4,5	.	0,5	.	.	.	75,7	75	85,7	.	.	22,6 %	
	c [%]	2,6	12,7	3,2	1	0,8	0,9	.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	0,6	0,1	0,1	.	.	22,6 %

3.1 // a: Typanteil im Gebiet / b: Typanteil im Gebiet entlang der Gesamtheit des Typs / c: Typanteil im Gebiet entlang aller Leuchtentypen



3.2 // Verteilung der Leuchtstellen nach KGR-System im Stadtgebiet



3.3 // Stadtgliederung nach räumlich relevanten Kategorien

» Über die örtliche Begutachtung ergibt sich eine Vielzahl an Optimierungsmöglichkeiten in ökologischer, ökonomischer und lichtqualitativer Hinsicht. Die geografische Verortung dient dabei der systematischen Umsetzung.

» Bewertungskriterien des Bestands:

b) Örtliche Leuchtstellenevaluation

Das Erfordernis der örtlichen Evaluation der Leuchtstellen ergibt sich aus zwei Aspekten: Zum einen können sich räumliche Bedingungen seit Anschlusslegung grundlegend geändert haben, so dass sich gleichsam der örtliche Lichtbedarf geändert hat. Zum anderen zeigt sich vorrangig vor Ort, inwiefern die Beleuchtung mit der räumlichen Umgebung⁰¹⁾ korrespondiert und ob sich im Verlauf der Jahrzehnte ungleichartige Beleuchtungssituationen – im Vergleich einzelner Stadtgebiete – ergeben haben. Insgesamt werden Stadtsituationen ersichtlich, in denen sich ggf. eine lichttechnisch unangemessene Leuchtstellenanhäufung ergeben hat, Leuchten in Vegetationen liegen oder bei denen starke Streuverluste festzustellen sind.

Parallel zur individuellen Begutachtung vor Ort erfolgte eine Überlagerung des Leuchtstellenbestands mit der Raumwidmung durch den Flächennutzungsplan der Stadt [b29].

Die Begutachtung des Leuchtstellenbestands folgte den Fragen zur:

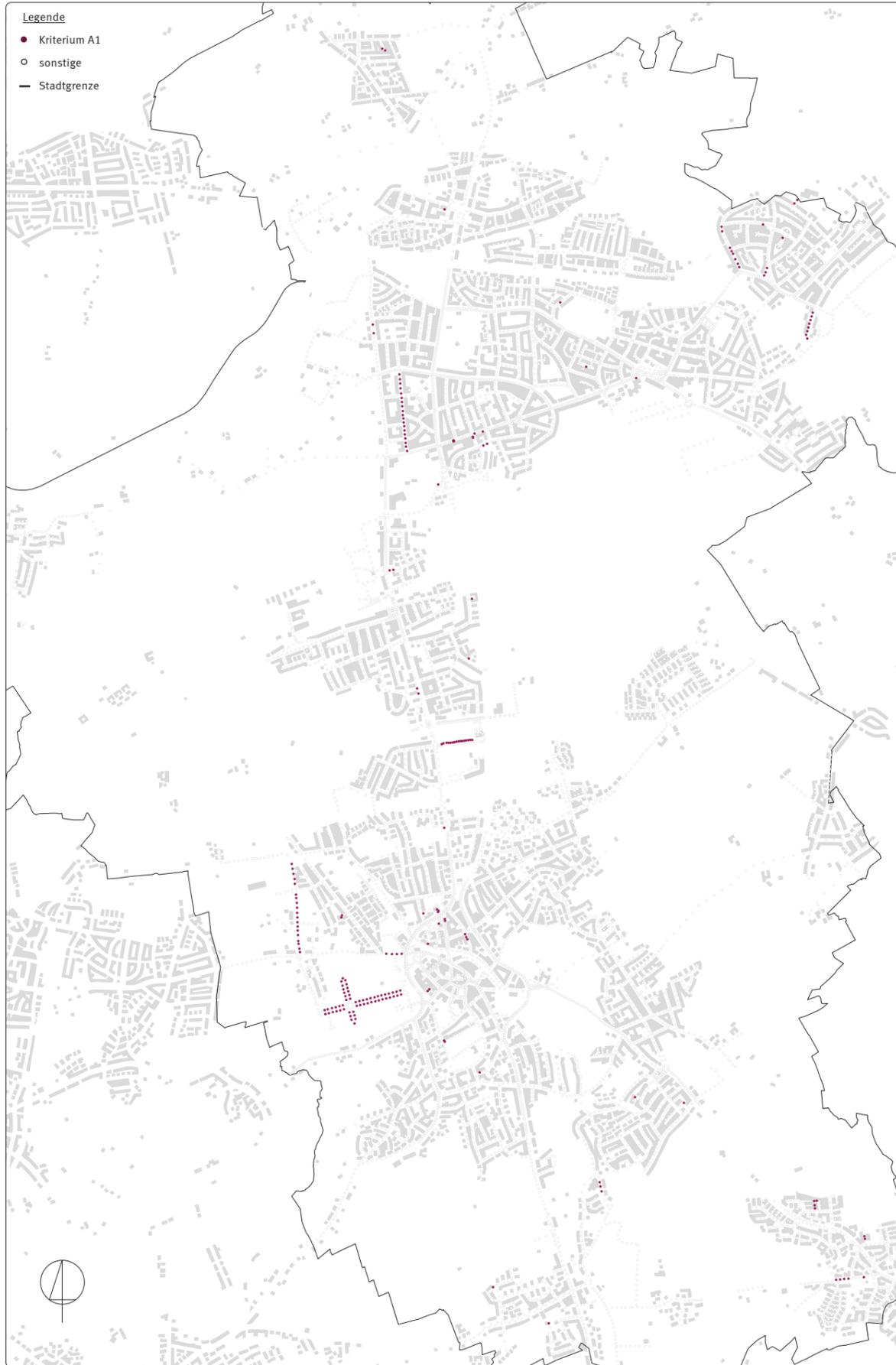
- Leuchtenlage im öffentlichen/privaten Straßenbegleitgrün;
- Leuchtenlage im Abstand zu Hausfassaden oder Vegetationen;
- Leuchtenlage nach Bereichsnutzung und -widmung;
- Leuchtenlage nach Straßennutzung und -widmung;
- ersichtlichen Beleuchtungsrelevanz;
- ersichtlichen Beleuchtungsquantität;
- ersichtlichen Beleuchtungsqualität.

Aus diesen Fragen ergaben sich folgende Bewertungskriterien:⁰²⁾

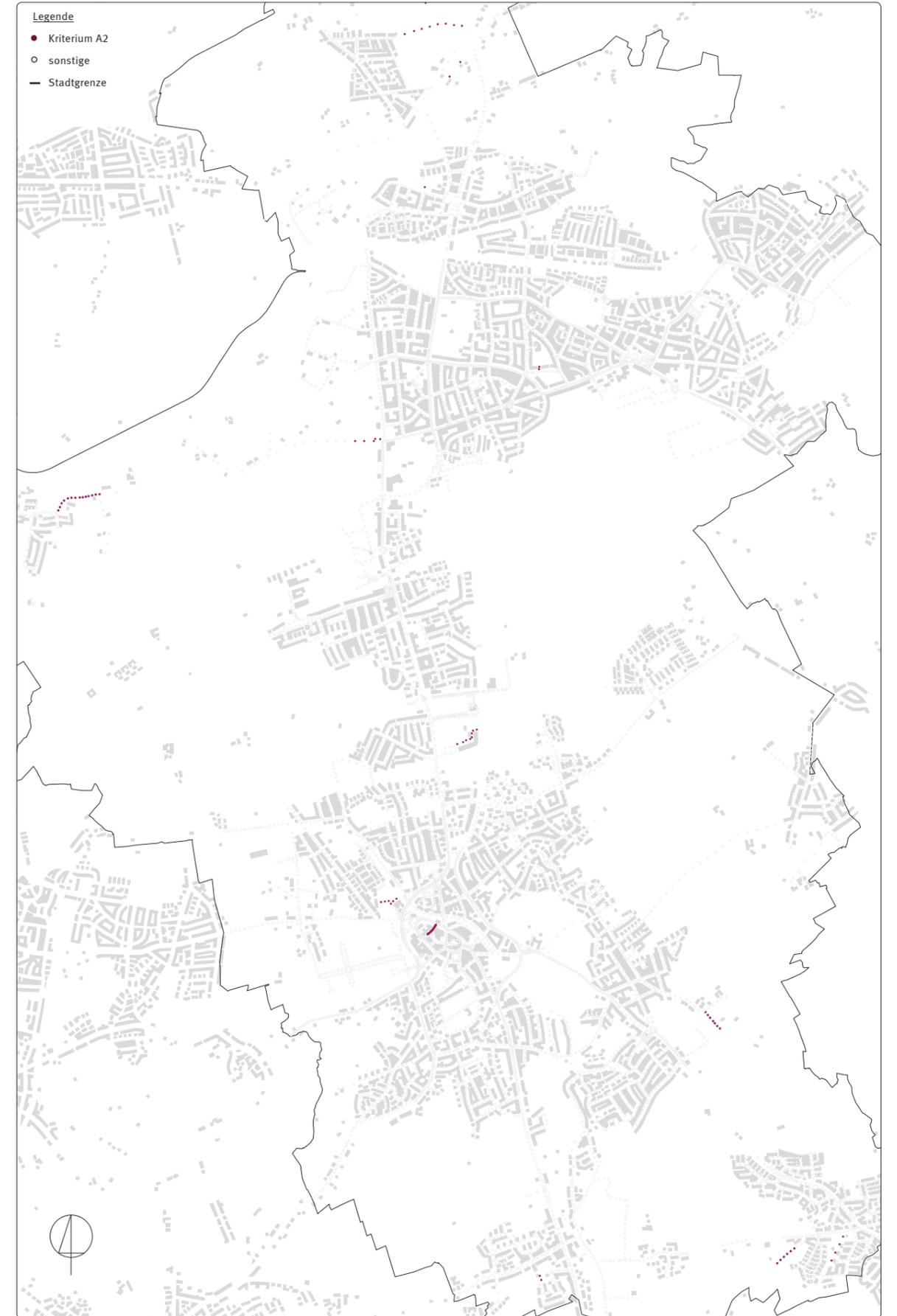
- **A1** Leuchte(n) unmittelbar in Vegetationen eingewachsen
- **A2** Leuchte(n) an Wegen temporärer Nutzung (Sportplätze, Schulen, Kindergärten, ÖPNV usw.)
- **A3** Leuchte(n) mit Streuverlusten in nah liegende Vegetationen, Freiflächen, private Gärten oder in Wohninnenbereiche
- **A4** Leuchte(n) im un- bzw. schwach entwickelten Bereich
- **B1.1** Leuchte(n) im unbebauten Außenbereich ohne grundlegende Relevanz
- **B1.2** Leuchte(n) im sporadisch bebauten Außenbereich mit etwaiger, einzeln zu prüfender Relevanz
- **B2** Leuchte(n) ohne ersichtliche Relevanz (z. B. wenig frequentiert, alternative Beleuchtung vorhanden, Straßenendbereiche mit sehr wenig Anliegern usw.)
- **B3** Leuchte(n) an definierten Privat- oder Firmenwegen sowie deren unmittelbare Zuwege
- **B4** Hohe Leuchtendichte (z. B. Überdimensionierung, Bestand der bei Neuplanung unberücksichtigt blieb)
- **V1** Beleuchtungssituation ist insgesamt verbesserungsfähig (z. B. Modell oder Positionierung ändern)
- **V2** Sehr weite Leuchtenabstände

01) Hiermit ist der gebaute Stadtraum einschl. seiner zeit/organisatorischen Widmung gemeint.

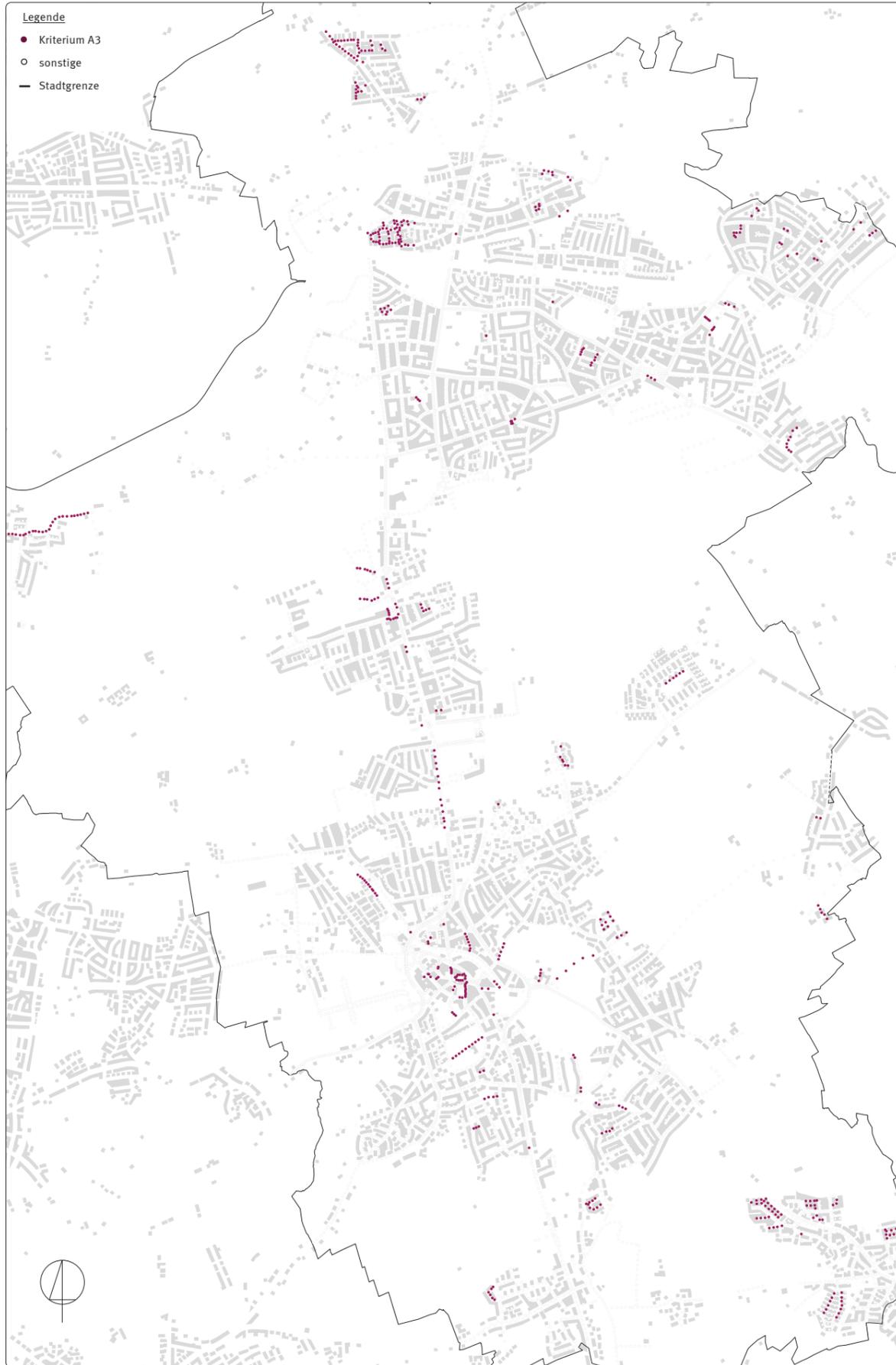
02) Siehe Abbildungen // 3.4 – // 3.13



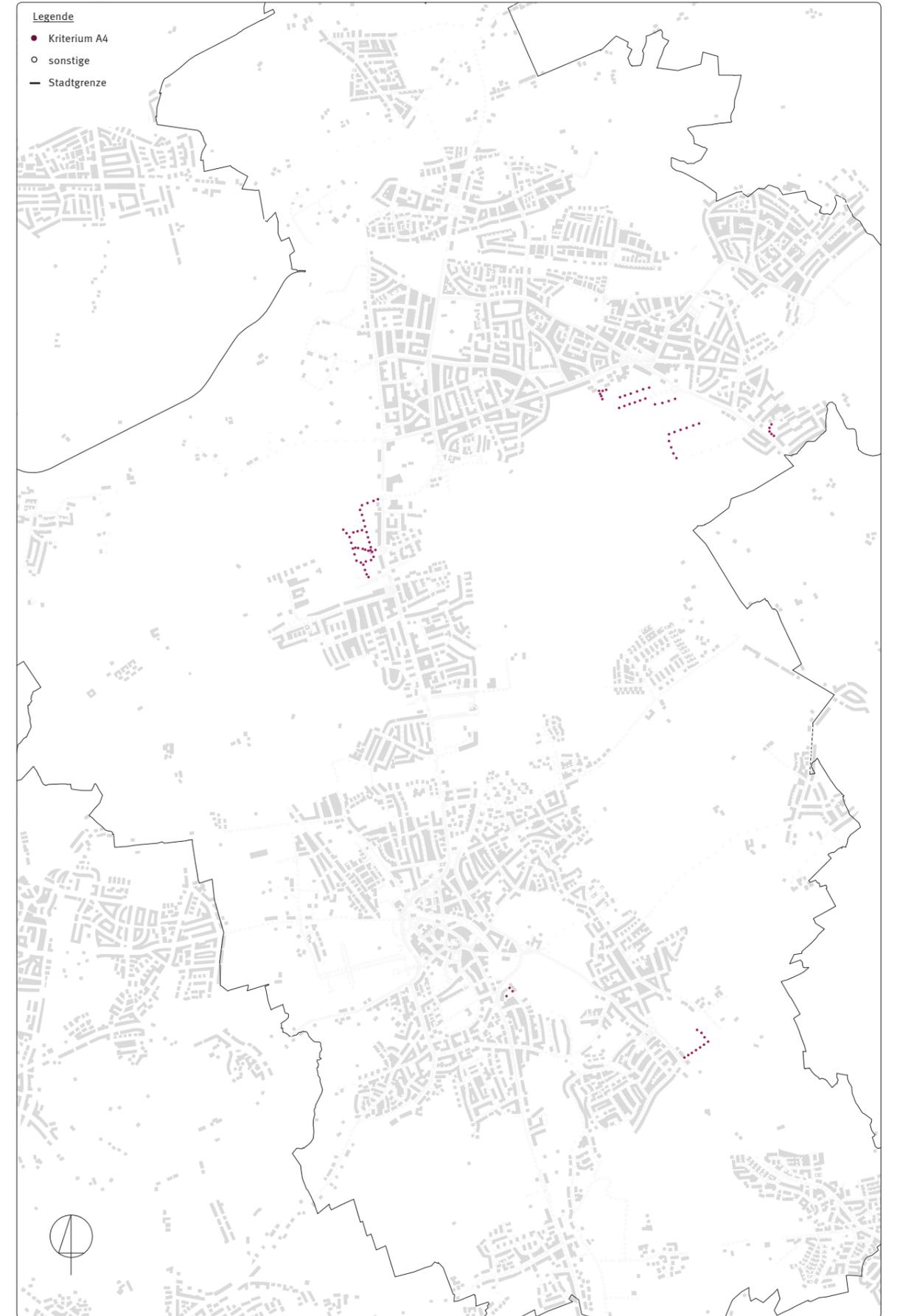
3.4 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium A1: Leuchte(n) unmittelbar in Vegetationen eingewachsen



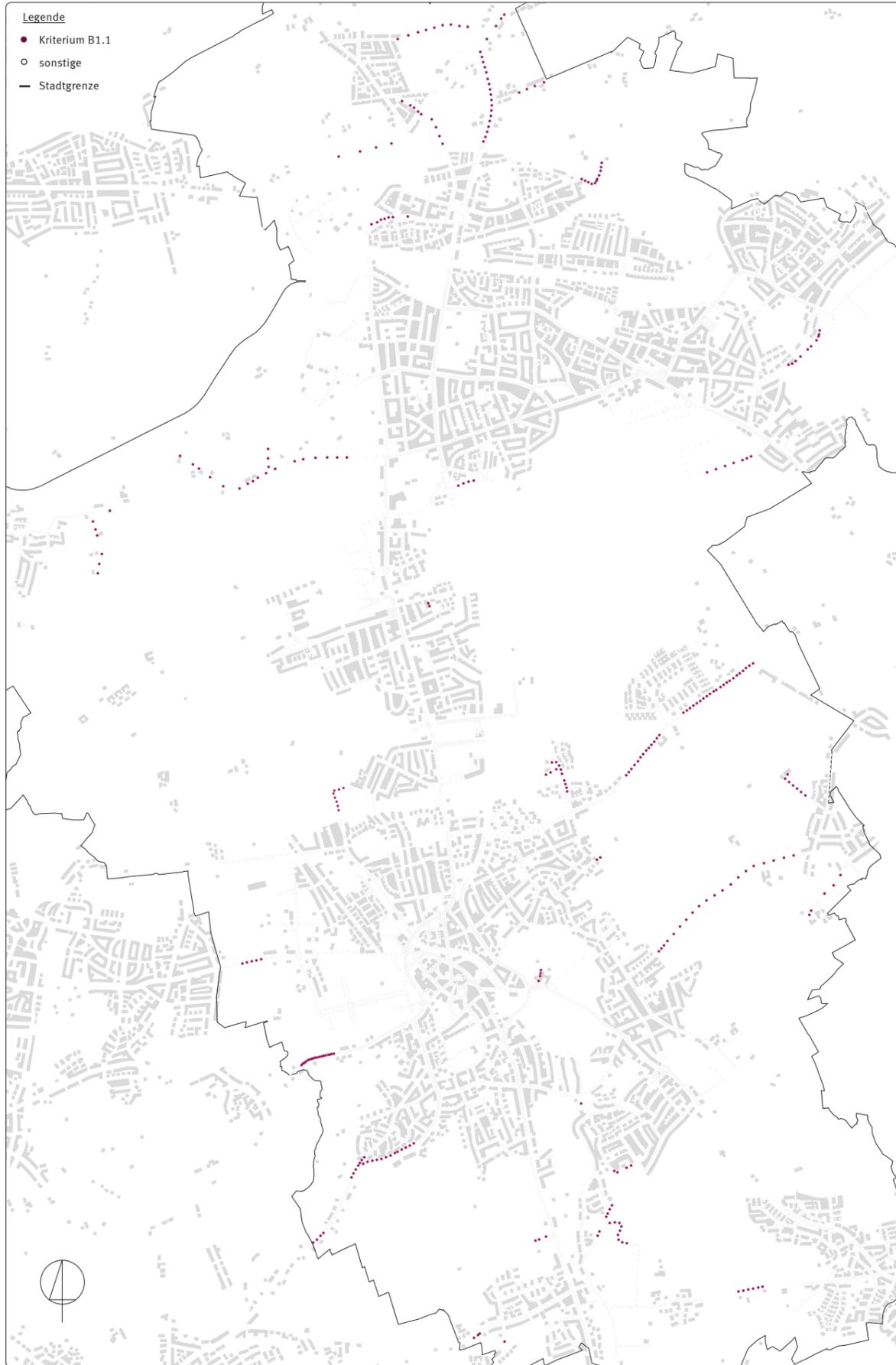
3.5 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium A2: Leuchte(n) an Wegen temporärer Nutzung (Sportplatz, Schulweg, ÖPNV-Weg usw.)



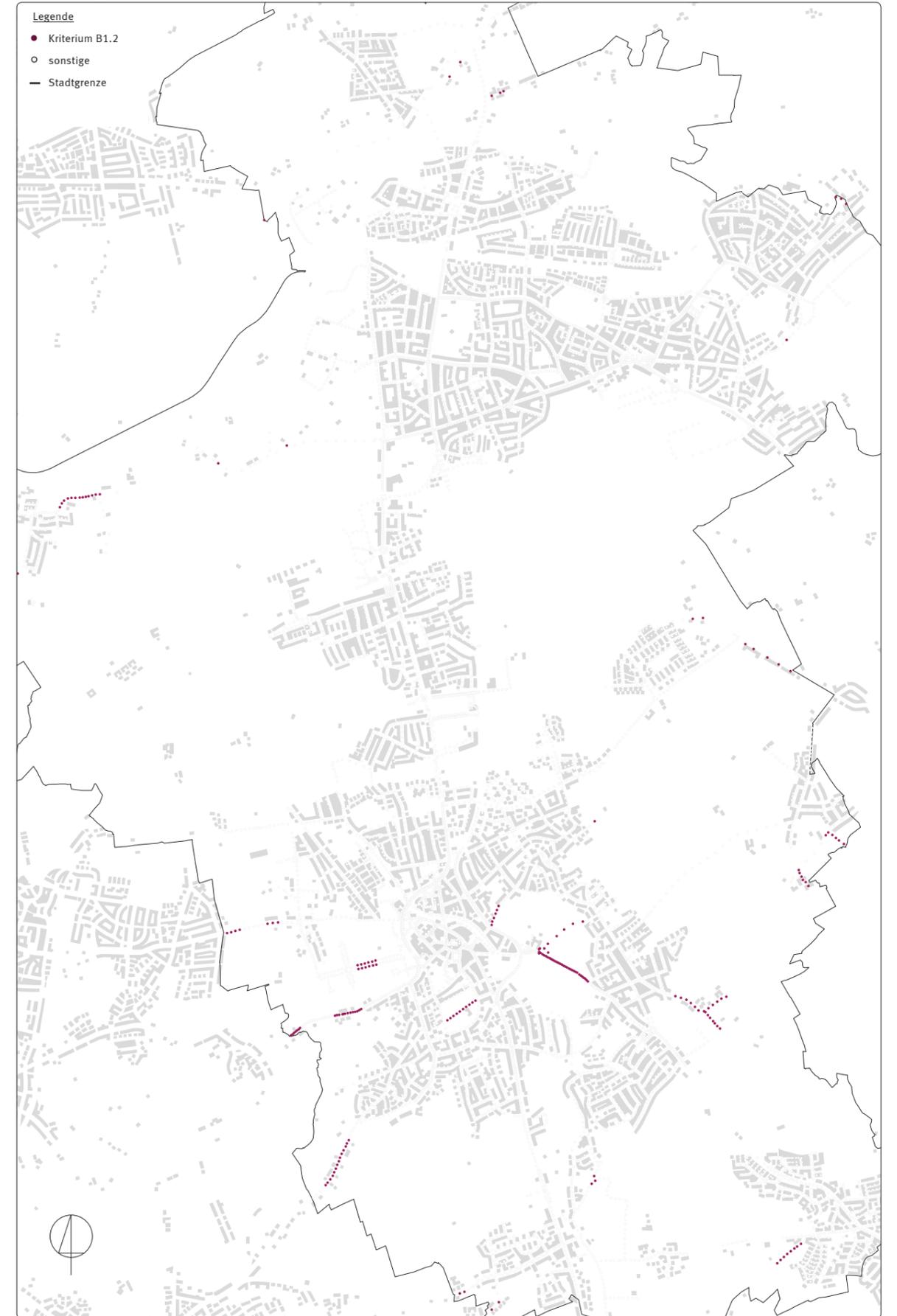
3.6 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium A3: Leuchte(n) mit Streuverlusten in nah liegende Vegetationen, Freiflächen oder Wohninnenbereiche



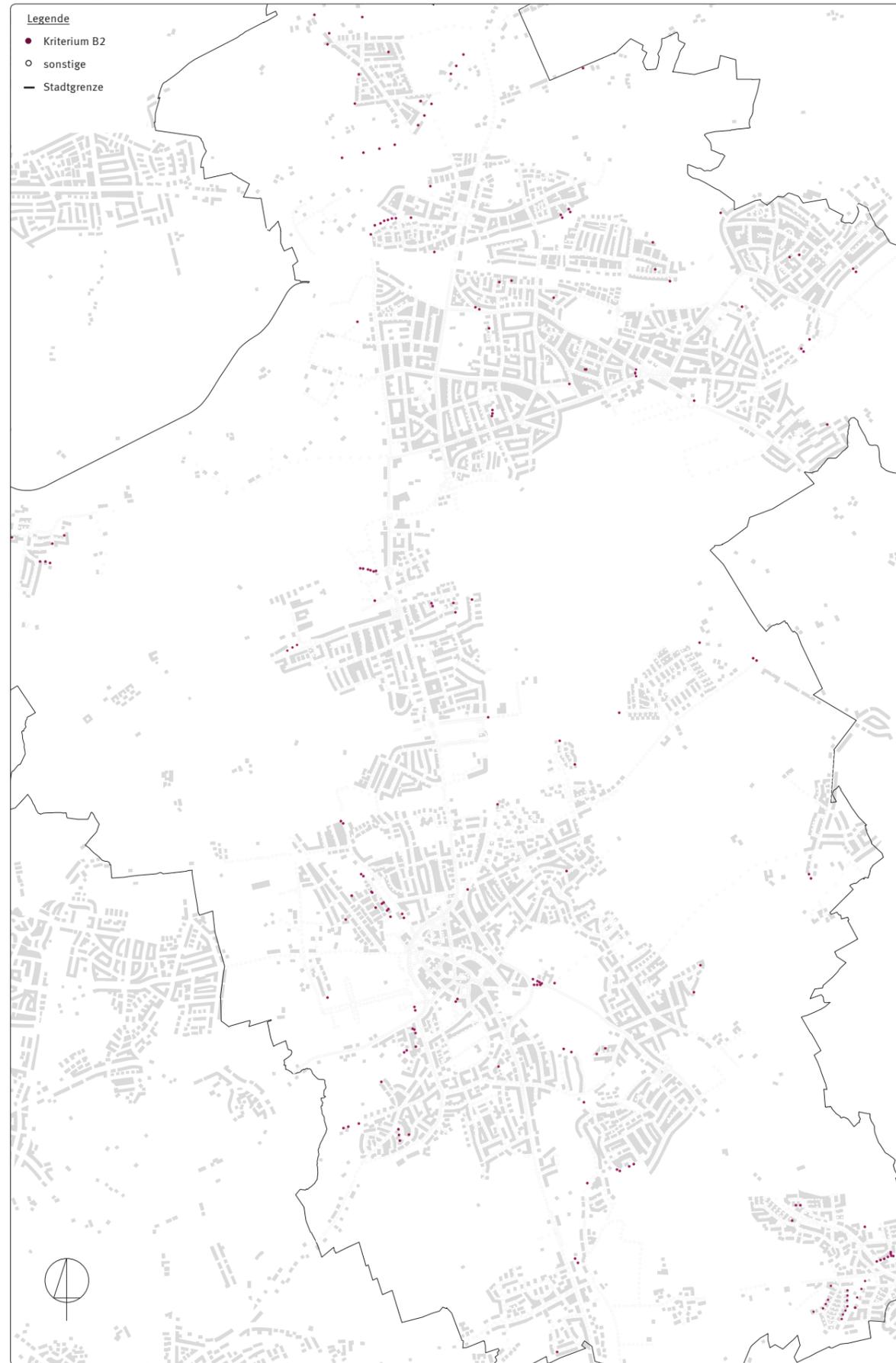
3.7 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium A4: Leuchte(n) im un- bzw. schwach entwickelten Bereich



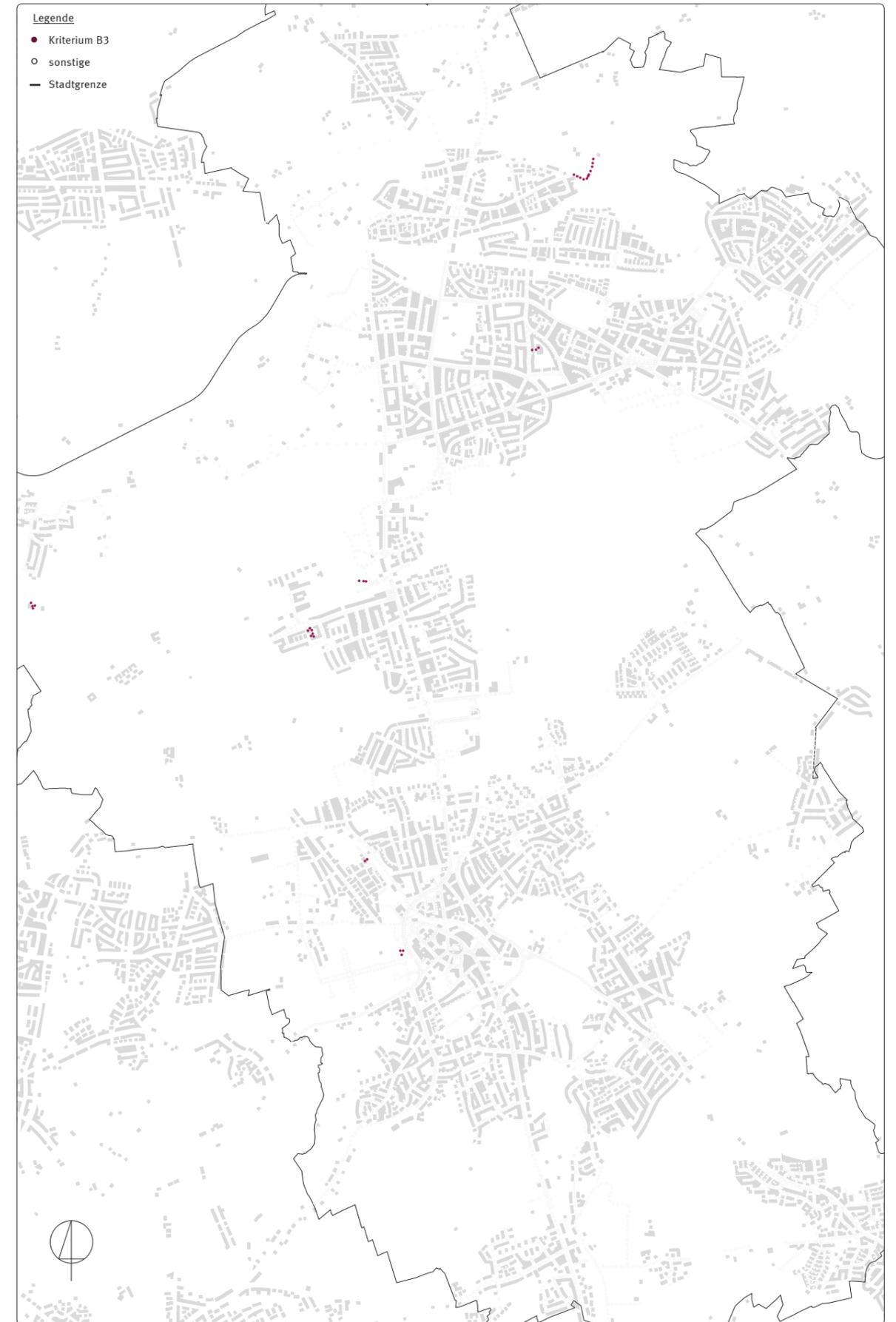
3.8 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium B1.1: Leuchte(n) im unbebauten Außen- und Naturbereich ohne grundlegende Relevanz



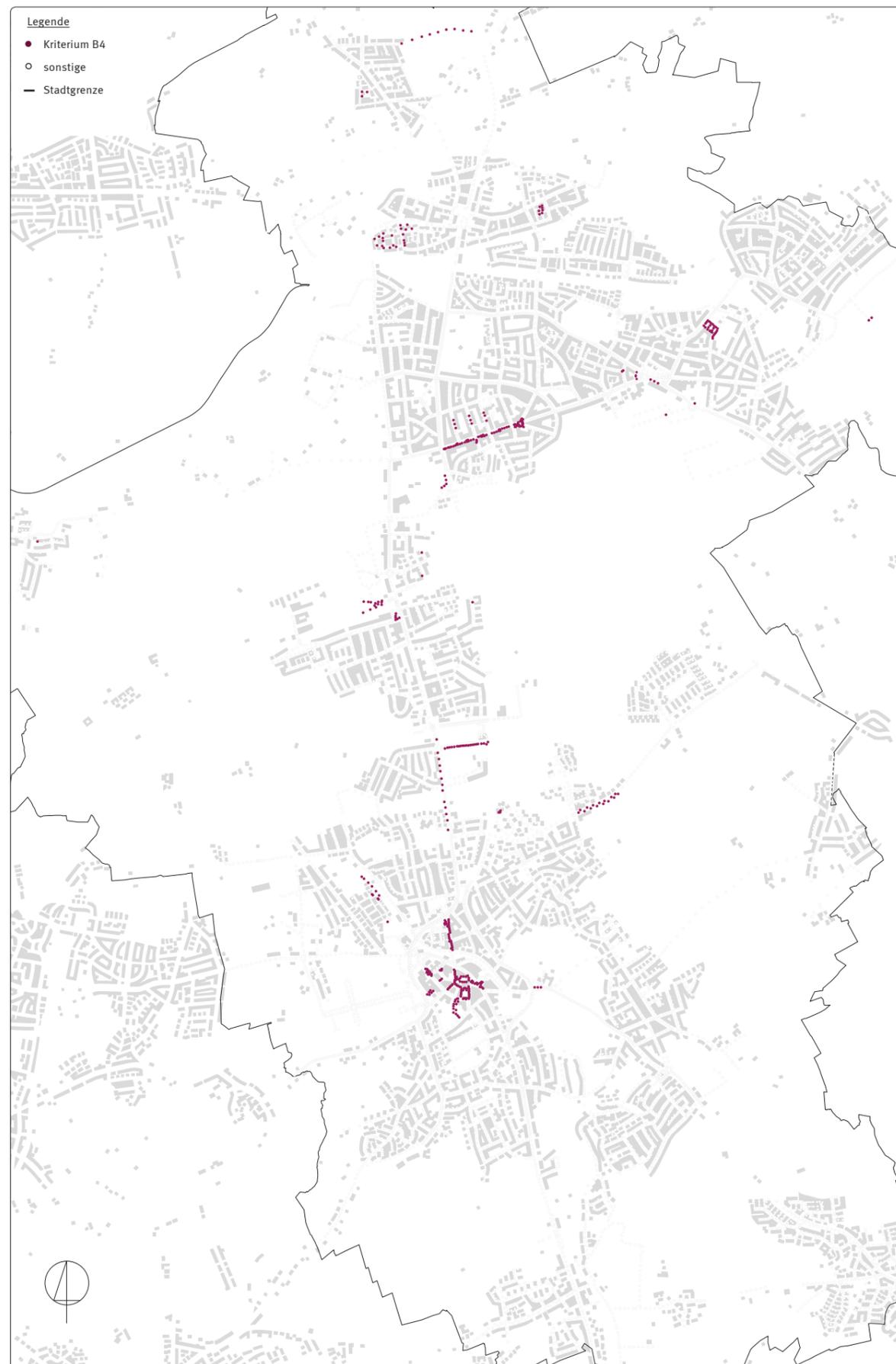
3.9 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium B1.2: Leuchte(n) im sporadisch bebauten Außen- und Naturbereich mit etwaiger Relevanz



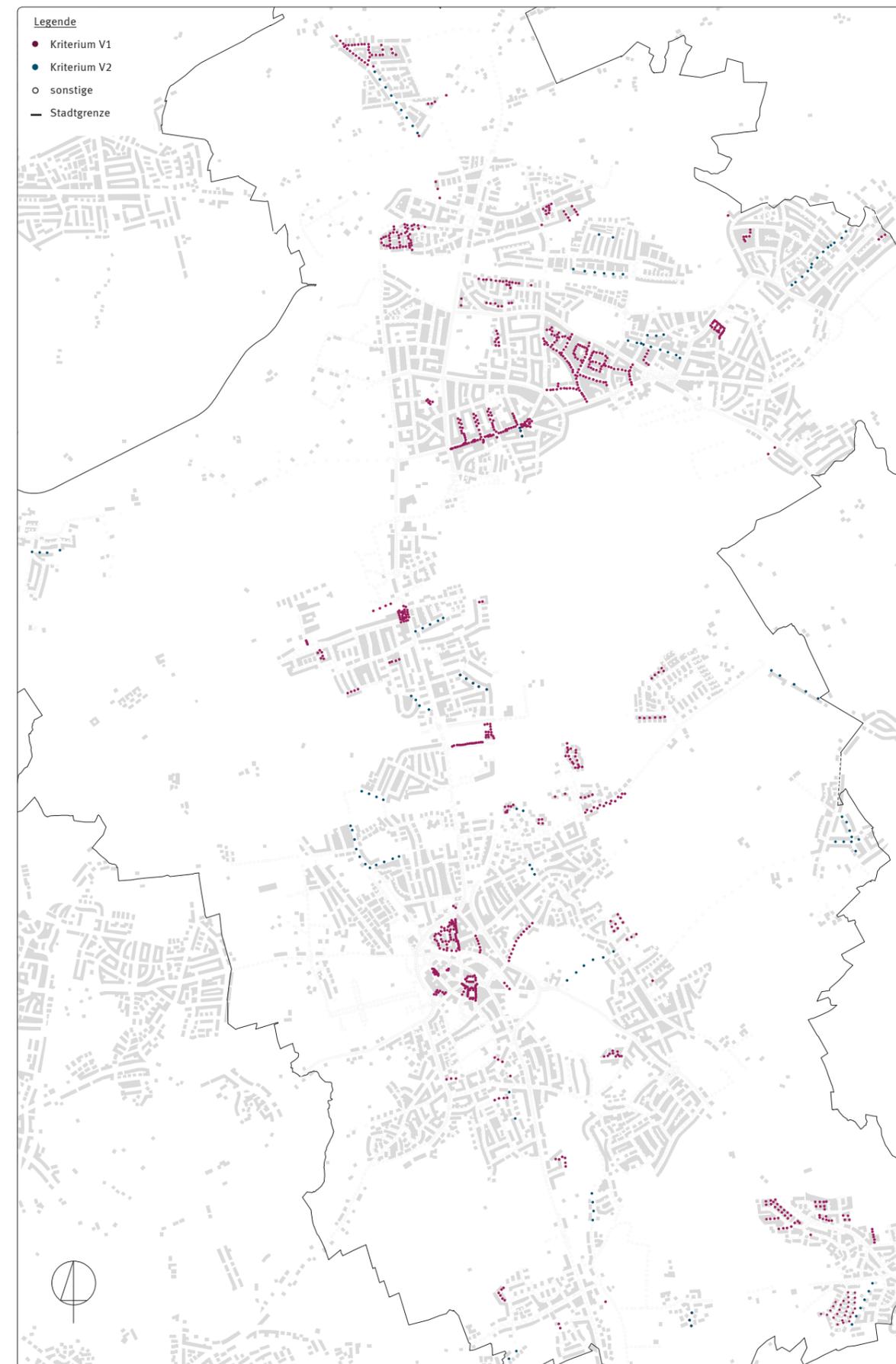
3.10 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium B2: Leuchte(n) ohne ersichtliche Relevanz (wenig frequentiert, Alternativen vorhanden usw.)



3.11 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium B3: Leuchte(n) an definierten Privat- oder Firmenwegen (zzgl. unmittelbare Zuwege)



3.12 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium B4: Hohe Leuchtdichte (z. B. Überdimensionierung od. Bestand bei Neuplanung unberücksichtigt)



3.13 // Verortung der Leuchtstellen Kriterium V1 & V2: Beleuchtungssituation ist insgesamt verbesserungsfähig & weite Leuchtenabstände

c) Energie- und Lichtverteilung: Automatisierte Ermittlung

Die statistisch signifikanten KGR-Typen (> 5 %) und ihre jeweils statistisch signifikanten Anschlussleistungen (> 5 %) sind:

-  • **A1.1a:** 126 W (3*36W T-26, VVG)
- **A1.1b:** 84 W (2*36W T-26, VVG)
- **A1.1c:** 70 W (1*18W T-26 + 1*36W T-26U, VVG)
- **A1.1d:** 50 W (2*24W TC-L, EVG)
- **A1.1e:** 48 W (2*18W T-26, KVG)
- **A1.1f:** 38 W (2*18W TC-L, EVG)

-  • **A2.1a:** 126 W (3*36W T-26, VVG)
- **A2.1b:** 84 W (2*36W T-26, VVG)

-  • **B1.1a:** 170 W (1*150W HST, KVG)
- **B1.1b:** 115 W (1*100W HST, KVG)
- **B1.1c:** 83 W (1*70W HST, KVG)

-  • **C1.1a:** 60 W (2*24W TC-L, VVG)
- **C1.1b:** 48 W (2*18W TC-L, VVG)
- **C1.1c:** 38 W (2*18W TC-L, EVG)

-  • **C2.1a:** 166 W (1*70W HST, KVG) + (1*70W HST, KVG)
- **C2.1b:** 48 W (2*18W TC-L, VVG)
- **C2.1c:** 44 W (2*18W T26U, VVG)

-  • **D1.1a:** 100 W (2*24W TC-L, EVG) + (2*24W TC-L, EVG)
- **D1.1b:** 48 W (2*18W TC-L, VVG)
- **D1.1c:** 38 W (2*18W TC-L, EVG)
- **D1.1d:** 19 W (1*18W TC-L, EVG)

Ausgenommen der tlw. praktizierten Halbnachtschaltung zeigen sie folgende Licht- bzw. Beleuchtungsleistung nach Straßenkilometer:

KGR-Anschlussstyp / Mittelwerte	A1.1a	A1.1b	A1.1c	A1.1d	A1.1e	A1.1f	A2.1a	A2.1b	B1.1a	B1.1b	B1.1c
Mastabstände/Betriebswirkungsgrad η (i. M.)	32m/78%						15m/79%		34m/88%		
Prozentsatz nach Grundgesamtheit [%]	2,1	4,1	9,8	2,5	16,2	2,1	3,9	12,5	2,4	1,0	0,6
Prozentsatz nach Teilgesamtheit KGR [%]	5,6	10,8	25,6	6,6	42,4	5,4	23,5	76,2	53,7	21,6	12,9
Anschlussleistung / Kilometer [kW/km]	3,9	2,6	2,2	1,6	1,5	1,2	8,40	5,60	4,9	3,4	2,4
Lichtstrom / Kilometer [klm/km]	245	163	115	88	66	59	523	349	453	277	170
Lichtausbeute [klm/kW]	62	62	53	56	44	50	62	62	92	81	71
Jahresverbrauch / Brennstelle [kWh]	517	344	287	205	197	156	517	344	697	472	340
Jahresverbrauch / Kilometer [kWh/(km*a)]	16.170	10.780	8.980	6.420	6.160	4.880	34.460	22.970	20.490	13.860	10.000
Leuchtstellen–Leuchten / Kilometer [LS–LK/km]	31,3-31,3						66,7-66,7		29,4-29,4		
KGR-Anschlussstyp / Mittelwerte	C1.1a	C1.1b	C1.1c	C2.1a	C2.1b	C2.1c	D1.1a	D1.1b	D1.1c	D1.1d	
Mastabstände/Betriebswirkungsgrad η (i. M.)	30m/68%			25m/54%			30m/34%				
Prozentsatz nach Grundgesamtheit [%]	2,1	7,1	5,9	0,7	2,5	2,7	1,0	0,6	3,5	0,3	
Prozentsatz nach Teilgesamtheit KGR [%]	11,8	40,4	33,8	10,5	39,2	42,5	15,3	8,7	52,6	5,0	
Anschlussleistung / Kilometer [kW/km]	1,9	1,6	1,3	6,6	1,9	1,8	3,3	1,6	1,3	0,6	
Lichtstrom / Kilometer [klm/km]	82	54	54	285	52	58	82	27	27	14	
Lichtausbeute [klm/kW]	43	34	42	43	27	32	25	17	21	23	
Jahresverbrauch / Brennstelle [kWh]	246	197	156	681	197	180	410	197	156	78	
Jahresverbrauch / Kilometer [kWh/(km*a)]	8.190	6.550	5.190	27.220	7.870	7.220	13.630	6.550	5.190	2.600	
Leuchtstellen–Leuchten / Kilometer [LS–LK/km]	33,3-33,3			40-80	40-40		33,3-66,6	33,3-33,3			

3.14 // Energetische und lichttechnische Mittelwerte der statistisch signifikanten Leuchtentypen im Straßenraum

Zur vollständigen Energie- und Lichtbewertung im Stadtraum werden im Folgeschritt die vorhandenen Leuchtstellen mit dem Raumnutzungs-, Straßen- und Wegesystem Castrop-Rauxels überlagert. Abbildung //3.15 zeigt zunächst die Aufteilung der Straßen im Innen- und Außenbereich. In Abbildung //3.16 wird zwischen Straßen mit und ohne anliegende Leuchtstellen unterschieden. In der Überlagerung dieser Informationen stellt Abbildung //3.17 die Straßen und Wege dar, die mit und ohne Leuchtstellen im Innen- oder Außenbereich liegen.⁰³⁾ Insgesamt kann festgestellt werden, dass sich die ca. 8.350 Leuchtstellen der Stadt Castrop-Rauxel zu einer Strecke von insgesamt 243 Kilometern aufreihen – davon befinden sich 221 Kilometer im Innen- und 22 Kilometer im Außenbereich. Damit sind ca. 71 %⁰⁴⁾ des gesamten Straßen- und Wegenetzes als "beleuchtet" zu bezeichnen. Vorläufig lassen sich so folgende arithmetische Mittelwerte für die Gesamtstadt ableiten:

Anschlussleistung/Kilometer:	2,5	kW/km
Verbrauch/Kilometer:	8.543	kWh/km
Leuchtstellen/Kilometer:	34,5	LS/km
Lichtpunktabstand:	29	Meter

Die arithmetischen Mittelwerte für die Gesamtstadt sind hingegen nicht weiter operationalisierbar, da Platzbereiche und Parkplätze, Unter- und Überführungen, sporadisch und dicht gesetzte Leuchten sowie die generell unterschiedliche Beleuchtungsintensität entlang der verschiedenen Straßenkategorien (Fußweg, Anliegerstraße, Vorbehaltsweg usw.) das Gleichgewicht geeigneter Vergleichswerte verschieben. Ihre Aussagekraft ist insofern nicht zielführend, als die o. g. Werte nach innen (innerhalb der Stadt) und außen (zu anderen Städten) keine robusten Vergleiche zulassen. Aus diesem Grund werden Lage und Streuung der Leuchtstellen nunmehr entlang unterscheidbarer Straßenkategorien ermittelt. Das Straßen- und Wegenetz wird hierfür folgendermaßen gegliedert:

- **Vorbehaltsweg**
Vor1 mit einem mittleren täglichen Verkehrsaufkommen > 7.000⁰⁵⁾
Vor2 mit einem mittleren täglichen Verkehrsaufkommen < 7.000
- **Wohngebiet**
Woh1 mit Hauptverkehr
Woh2 mit Nebenverkehr
- **Gewerbegebiet**
Gew1 mit Hauptverkehr
Gew2 mit Nebenverkehr
- **Zentrenbereich**
Zen1 mit motorisiertem Verkehr
Zen2 ohne motorisiertem Verkehr
Zen3 Platzbereiche, ggf. mit ÖPNV oder Parken
- **Naturraum**
NatSt mit motorisiertem Verkehr
NatWg ohne motorisiertem Verkehr
- **Sonstige**
Vor3 Vorbehaltsweg ohne öffentliche Beleuchtung
Par Parkplatz mit und ohne öffentliche Beleuchtung
Son Sonderbereiche (Unterführungen, Kreisverkehre usw.)

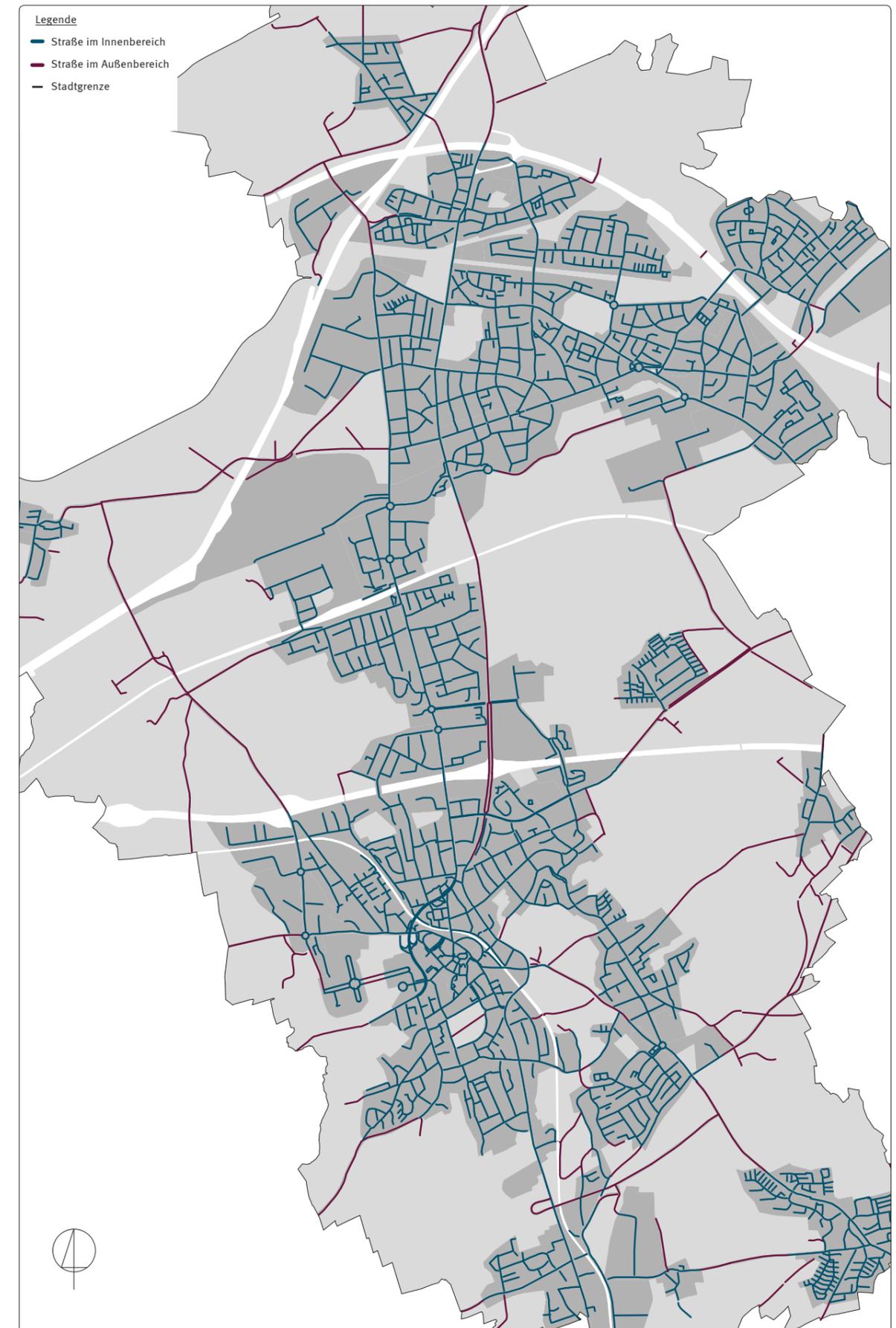
03) Neben den öffentlichen Straßen und Wegen zeigt diese Abbildung auch private bzw. Firmenstraßen (o. ä.) und untergeordnete Wegeverbindungen.

04) Straßen- und Wegenetz (einschl. Bundes-, Land- und Kreisstraßen) mit ca. 340 km.

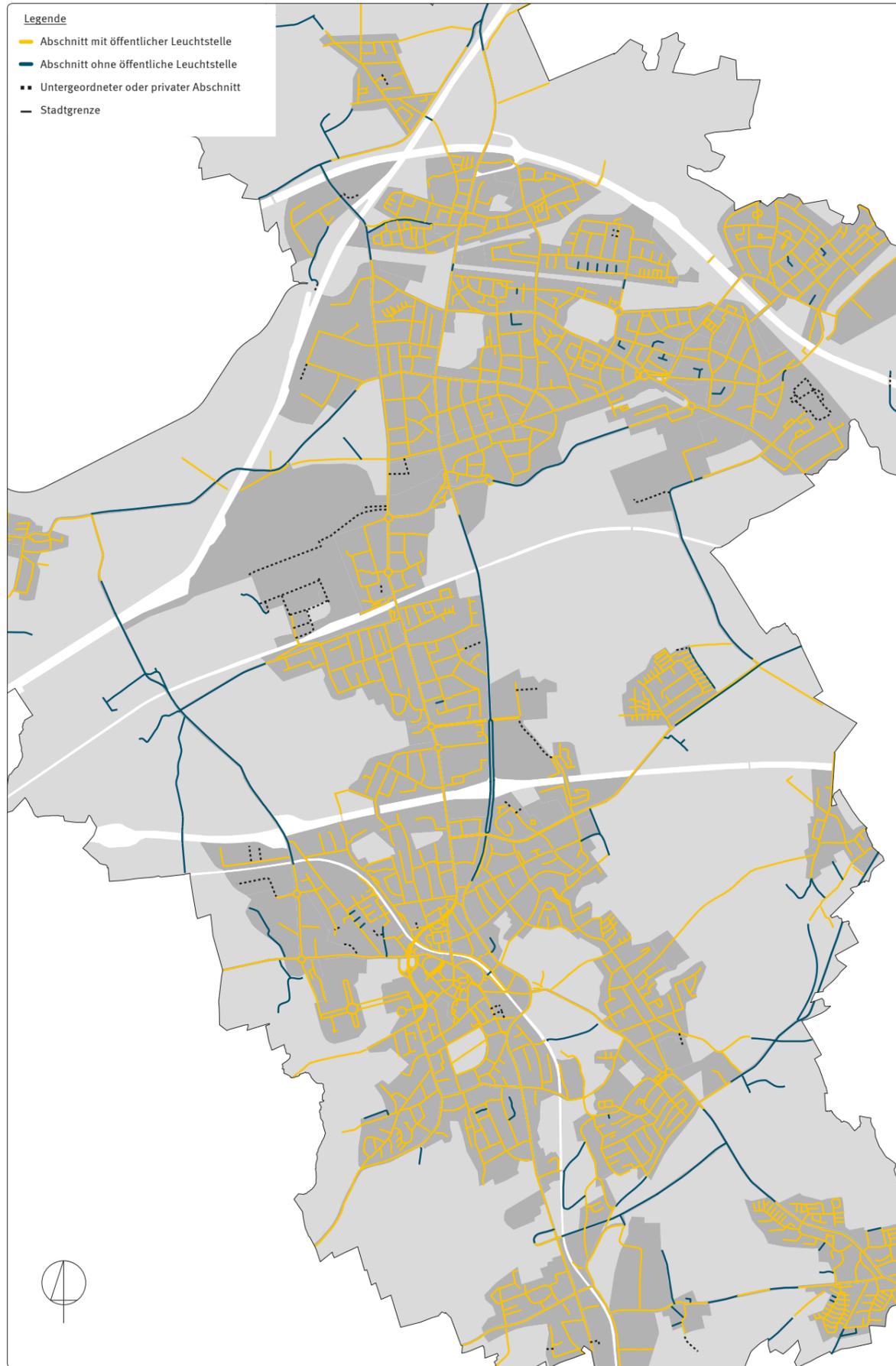
05) Nach Masterplan Mobilität Castrop-Rauxel [b30] und eigenen Messungen.

» Für die räumliche Bewertung des Energieverbrauchs und Lichtertrags sind arithmetische Mittelwerte der Gesamtstadt unbrauchbar. Um Handlungsbereiche zu erkennen, werden Straßenkategorien gebildet, die mit Hilfe von Lagewerten verglichen werden.

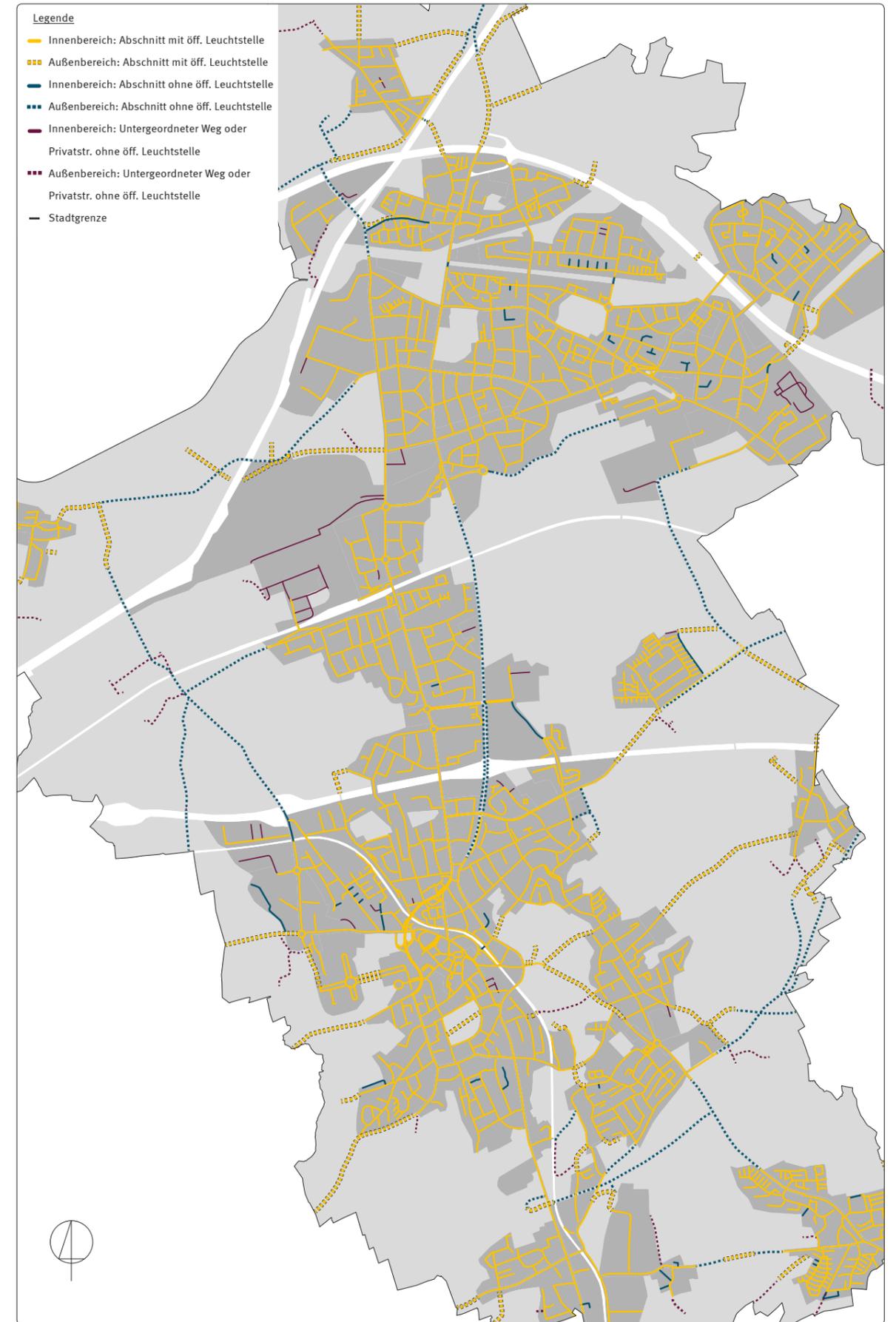
» Gliederung des Straßen- und Wegenetzes:



3.15 // Darstellung sämtlicher Straßen und Wege im Innen- und Außenbereich



3.16 // Darstellung sämtlicher Straßen- und Wegeabschnitte mit und ohne öffentliche Leuchtstellen



3.17 // Darstellung der Straßen mit und ohne Leuchtstellen im Innen- und Außenbereich



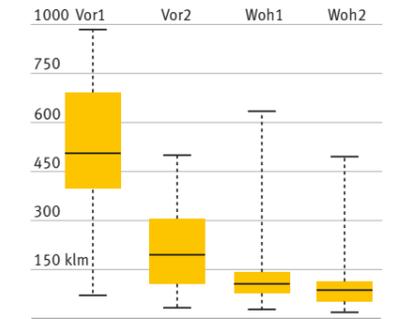
3.18 // Darstellung der Nutzungskategorien zu Straßen- und Wegeabschnitten mit öffentlichen Leuchtstellen

Straßennutzungskategorie/ Attribut: 0,25-Quantil / Median / 0,75-Quantil	Vor 1	Vor 2	Woh 1	Woh 2
Lichtpunktabstand [m]	14,9 | 16,4 | 30,3	29,6 | 34,6 | 43,4	31,3 | 34,2 | 39,0	27,7 | 31,7 | 39,1
Brennstellen / Kilometer [Stck/km]	33,0 | 61,0 | 67,3	23,0 | 28,9 | 33,8	25,6 | 29,3 | 31,9	25,6 | 31,6 | 36,1
Anschlussleistung / Kilometer [kW/km]	4,90 | 6,16 | 8,34	1,60 | 2,53 | 3,75	1,26 | 1,56 | 2,10	1,22 | 1,50 | 1,86
Jahresverbrauch / Kilometer [kWh/km]	13.730 | 18.140 | 25.040	4.520 | 6.540 | 10.910	4.690 | 5.990 | 8.090	4.440 | 5.540 | 7.100
Lichtstrom (DLOR) / Kilometer [klm/km]	406,7 | 519,5 | 685,1	100,3 | 188,3 | 304,9	75,0 | 97,8 | 145,3	70,7 | 85,8 | 103,9

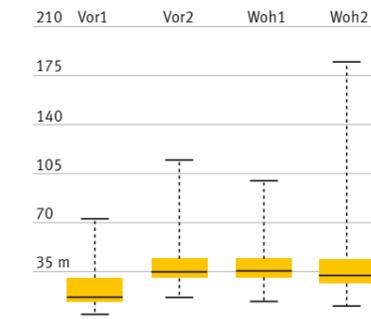
3.19 // Lage und Streuung nach Attribut und Straßennutzungskategorie

"Quartil", "Median" & "Boxplot"
 Die Kastengrafiken ("Boxplot") der Abbildungen // 3.20 – // 3.24 zeigen Lage und Streuung der jeweils zugrunde gelegten Daten (z.B. Lichtpunktabstände). Sie stellen dar, in welchem Bereich die Daten liegen und wie sie sich über diesen Bereich verteilen. Der Kasten entspricht dem Bereich, in dem die mittleren 50 % der Daten liegen. Er wird durch das obere und untere "Quartil" begrenzt. Der schwarze Strich ("Median") zeigt das Lagemaß. D. h., dass die kleinsten 50 % der Datenwerte kleiner diesem Kennwert sind. Beispiel: 25 % aller Lichtpunkte des Vorbehaltsnetzes "Vor1" haben Abstände zwischen 14,9 und 16,4 Metern. Die nächsten 25 % haben Abstände zwischen 16,4 und 30,3 Metern. Insgesamt haben die mittleren 50 % aller Leuchten einen Abstand zwischen 14,9 und 30,3 Metern.

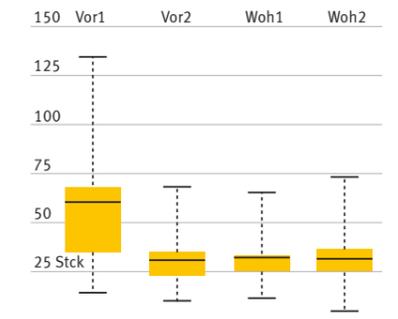
Abbildung // 3.18 zeigt die gebildeten Nutzungskategorien der Straßen- und Wegeabschnitte, an denen heute öffentliche Leuchtstellen positioniert sind. Zur Bildung robuster Vergleiche werden Straßen unter und über 75 Metern Länge separiert. Bei Straßen über 75 Metern Länge werden Lage und Streuung für die Kategorien "Vor 1", "Vor 2", "Woh 1", "Woh 2" ermittelt (+). Aufgrund ihrer geringen Anzahl werden für die anderen Kategorien bzw. für die Straßen und Wege unter 75 Metern keine Lagemaße ermittelt.



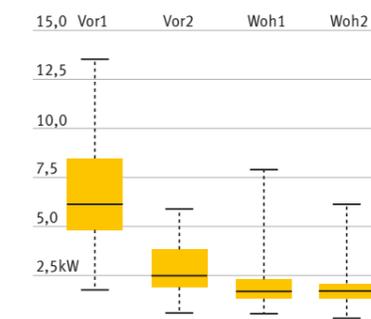
3.20 // Lagemaß Kilolumen/Kilometer



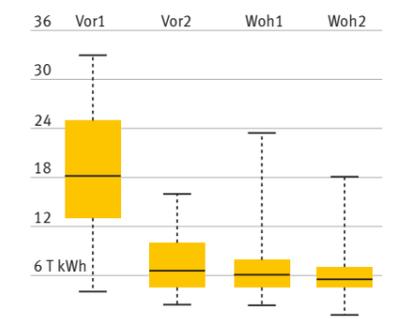
3.21 // Lagemaß Lichtpunktabstände



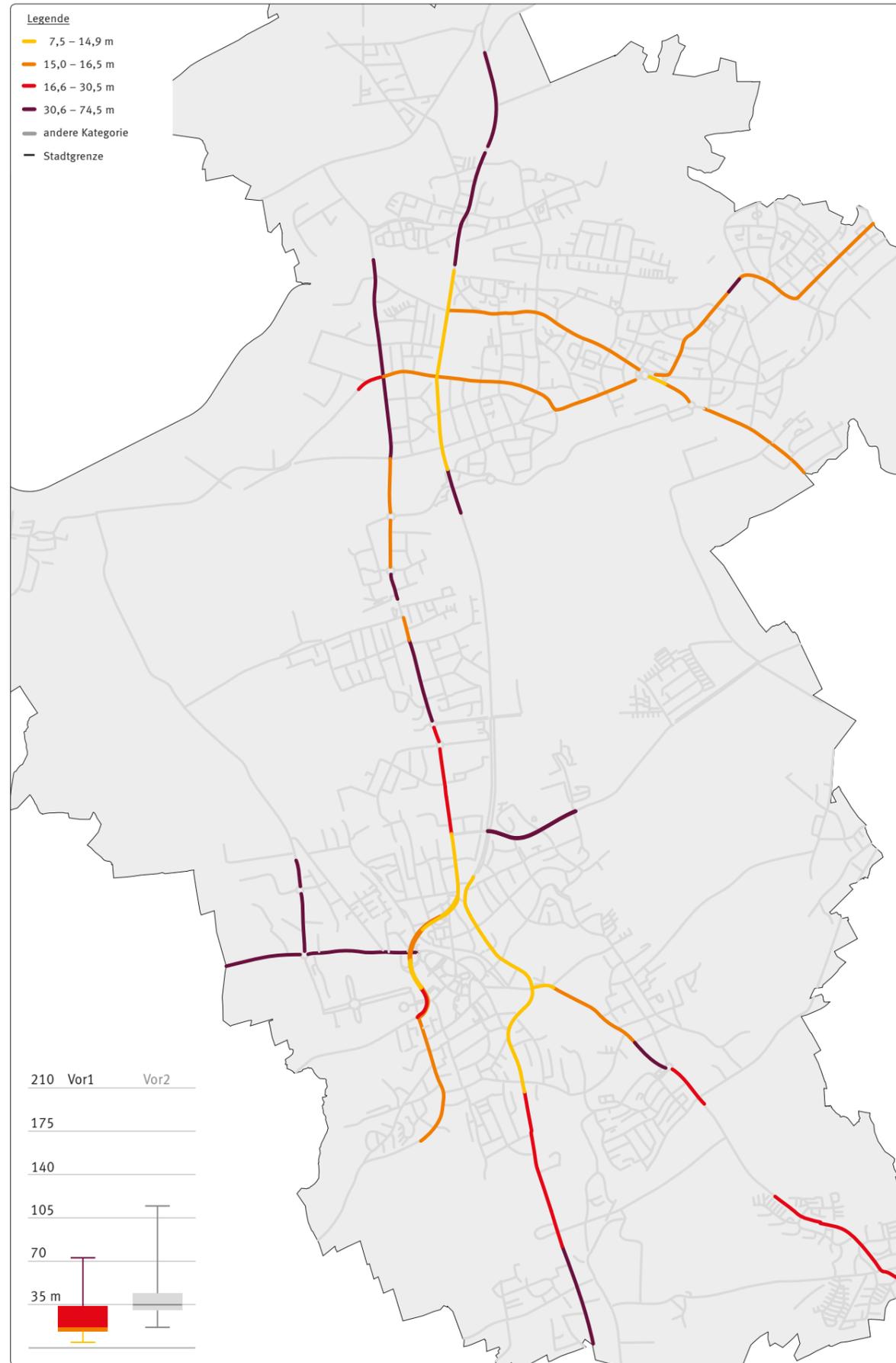
3.22 // Lagemaß Brennstellen/Kilometer



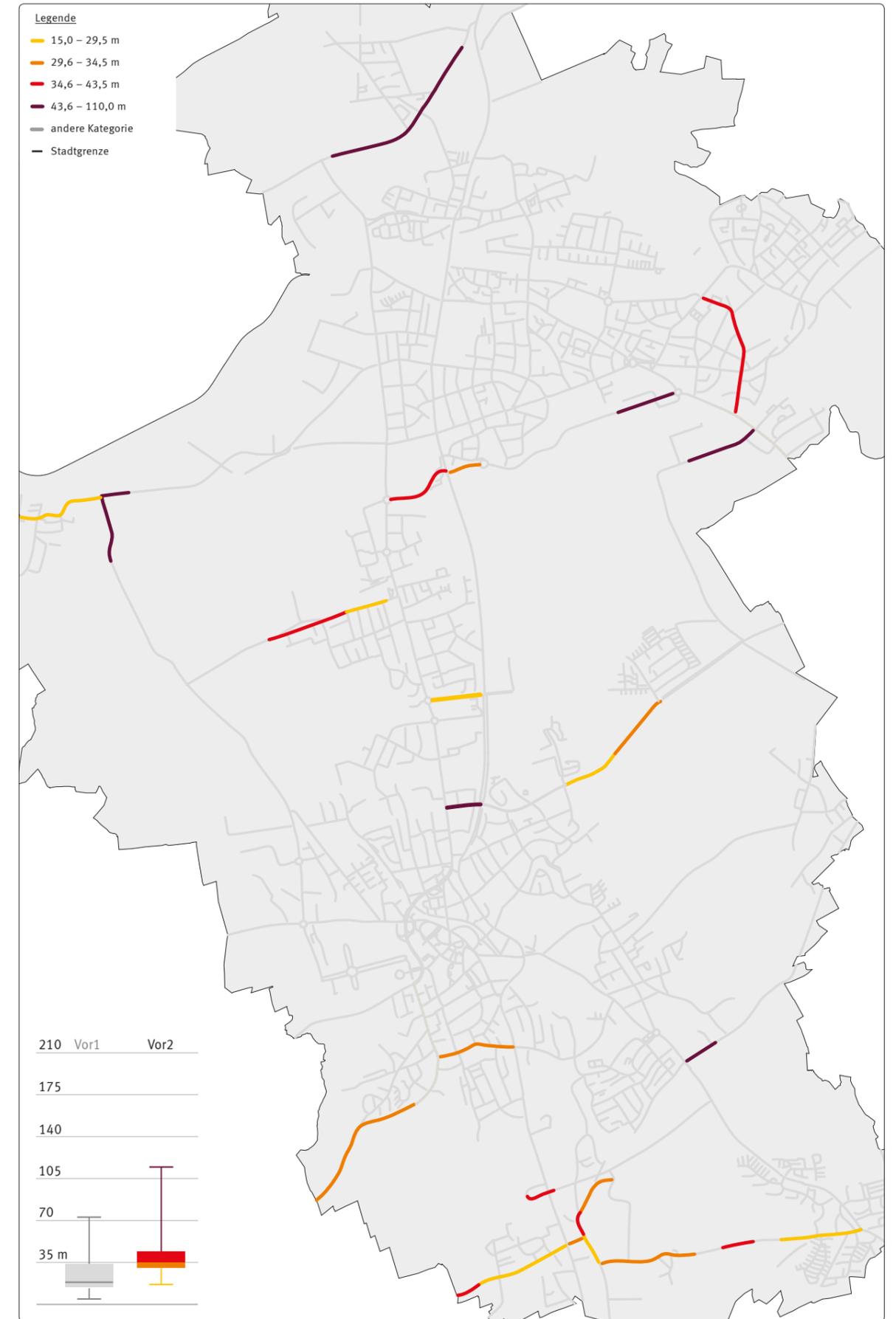
3.23 // Lagemaß Anschlussleistung/Kilometer



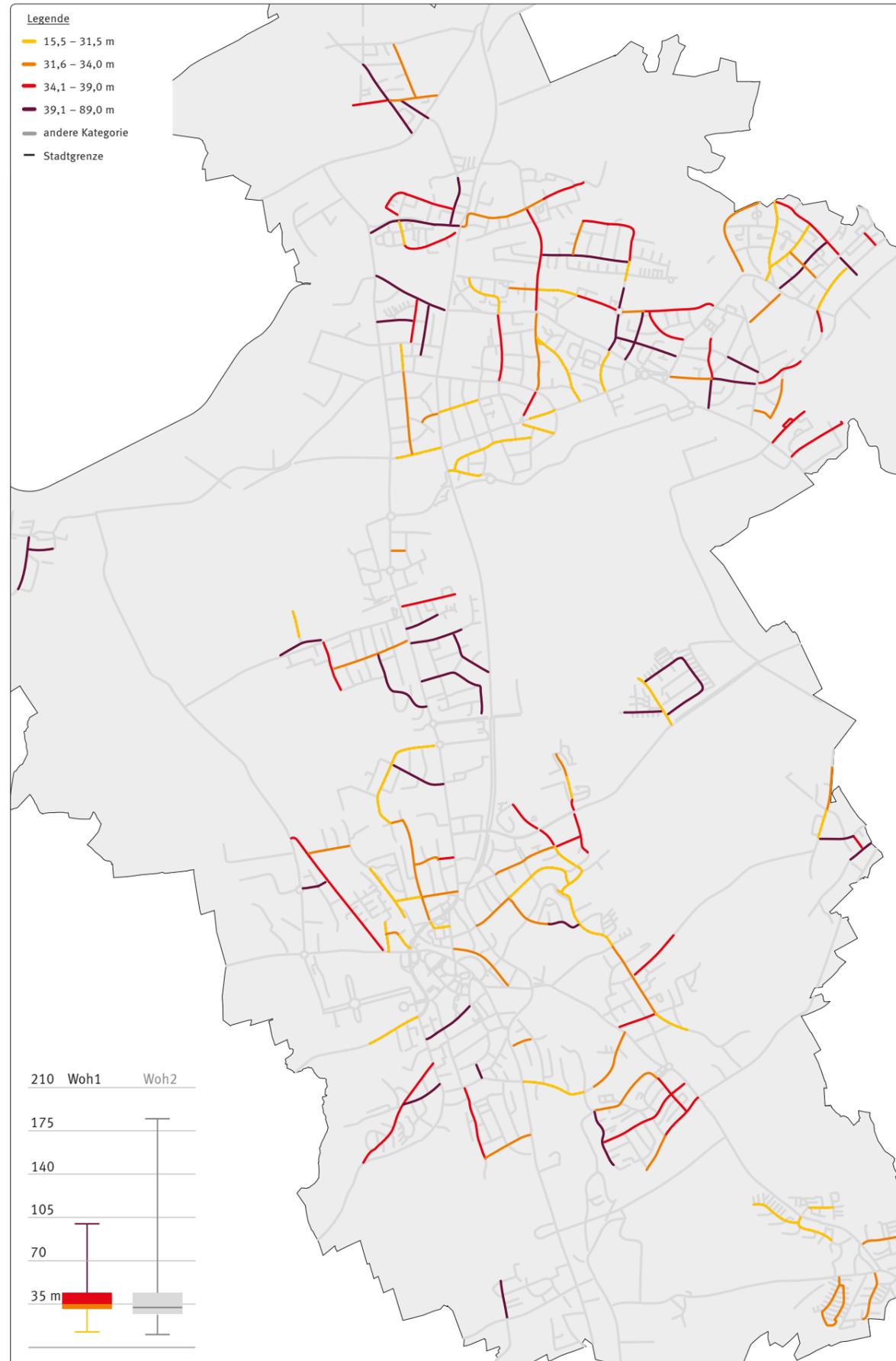
3.24 // Lagemaß Jahresverbrauch/Kilometer



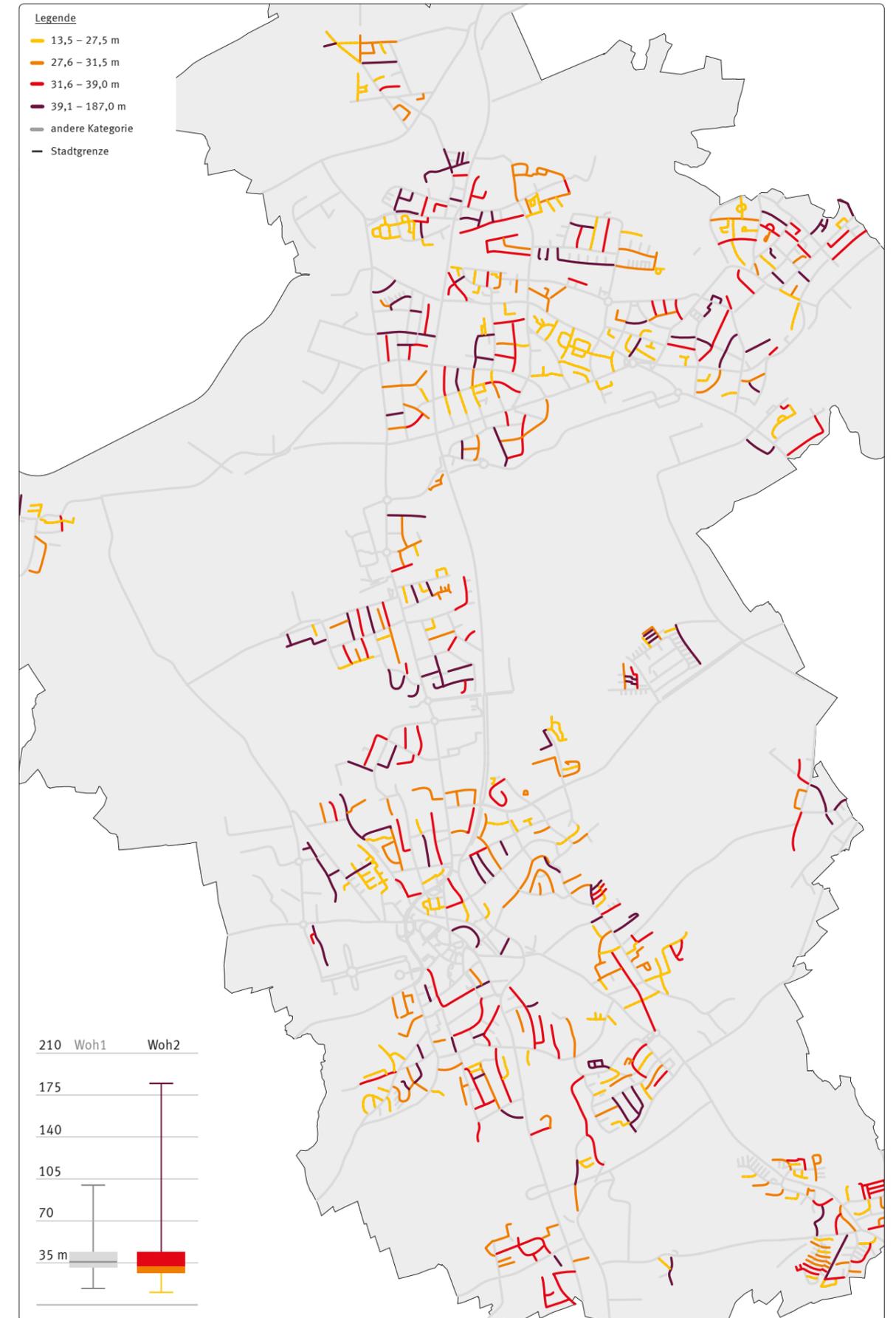
3.25 // Vergleich der Lichtpunktabstände: Straßenkategorie Vor 1



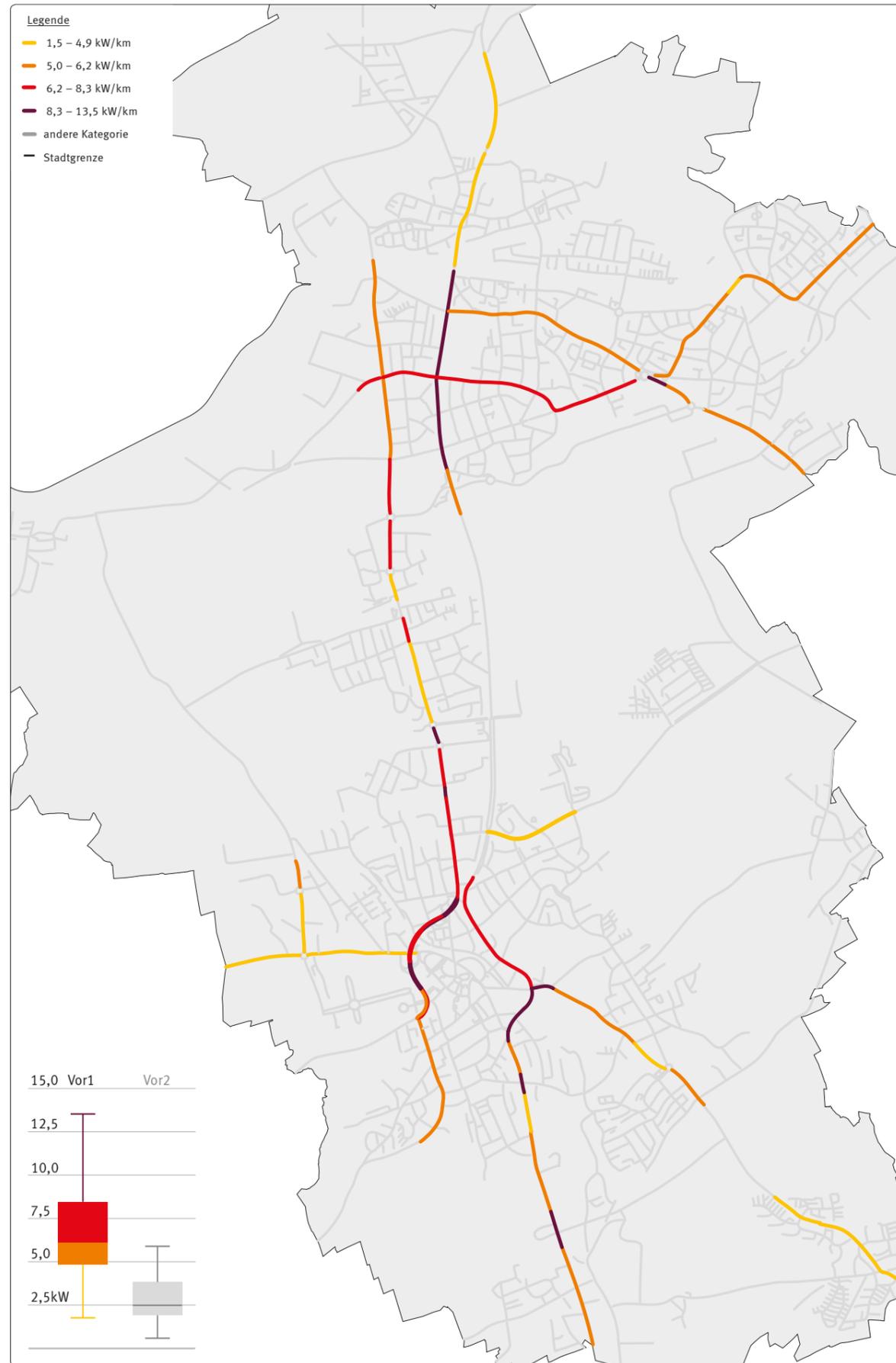
3.26 // Vergleich der Lichtpunktabstände: Straßenkategorie Vor 2



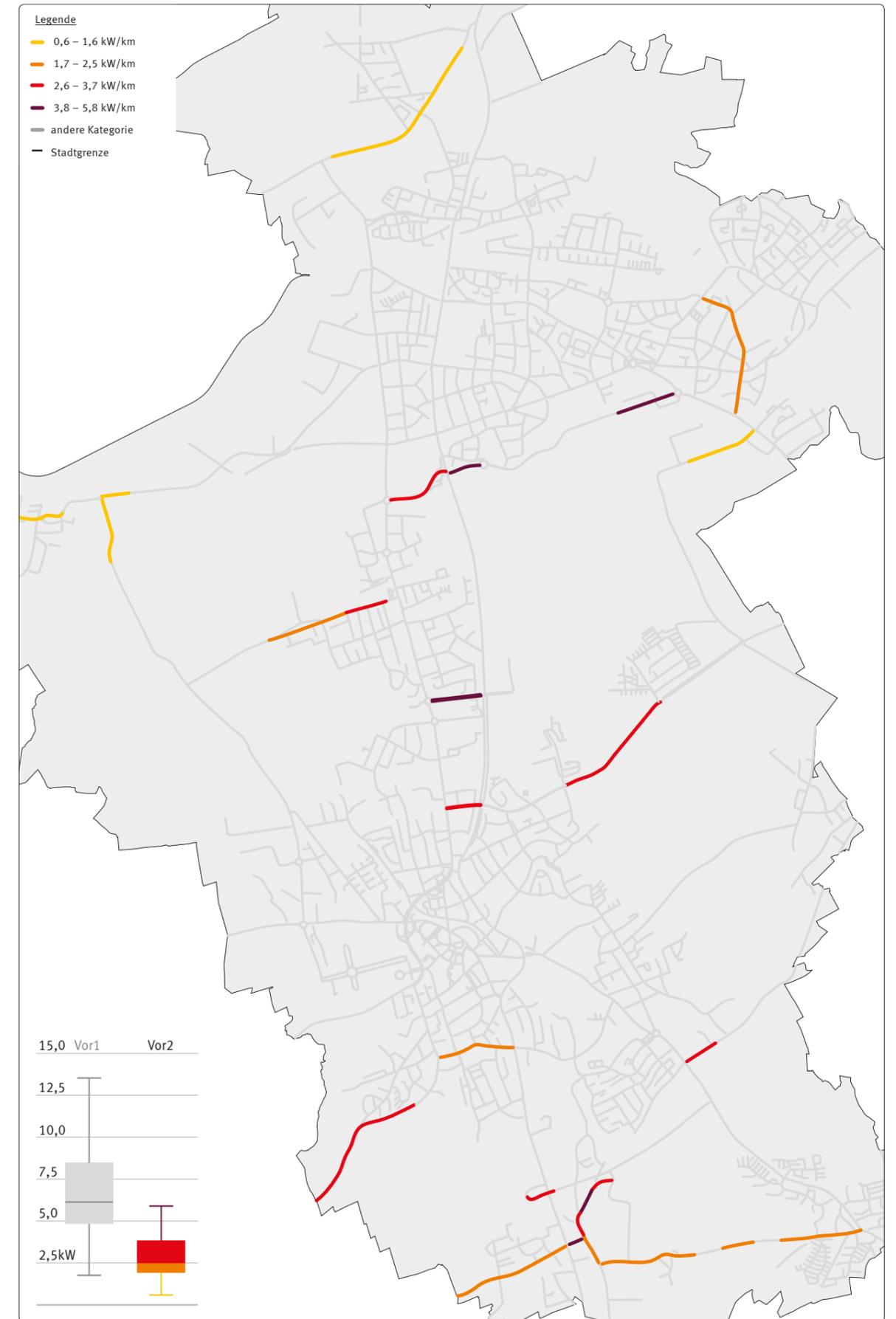
3.27 // Vergleich der Lichtpunktabstände: Straßenkategorie **Woh 1**



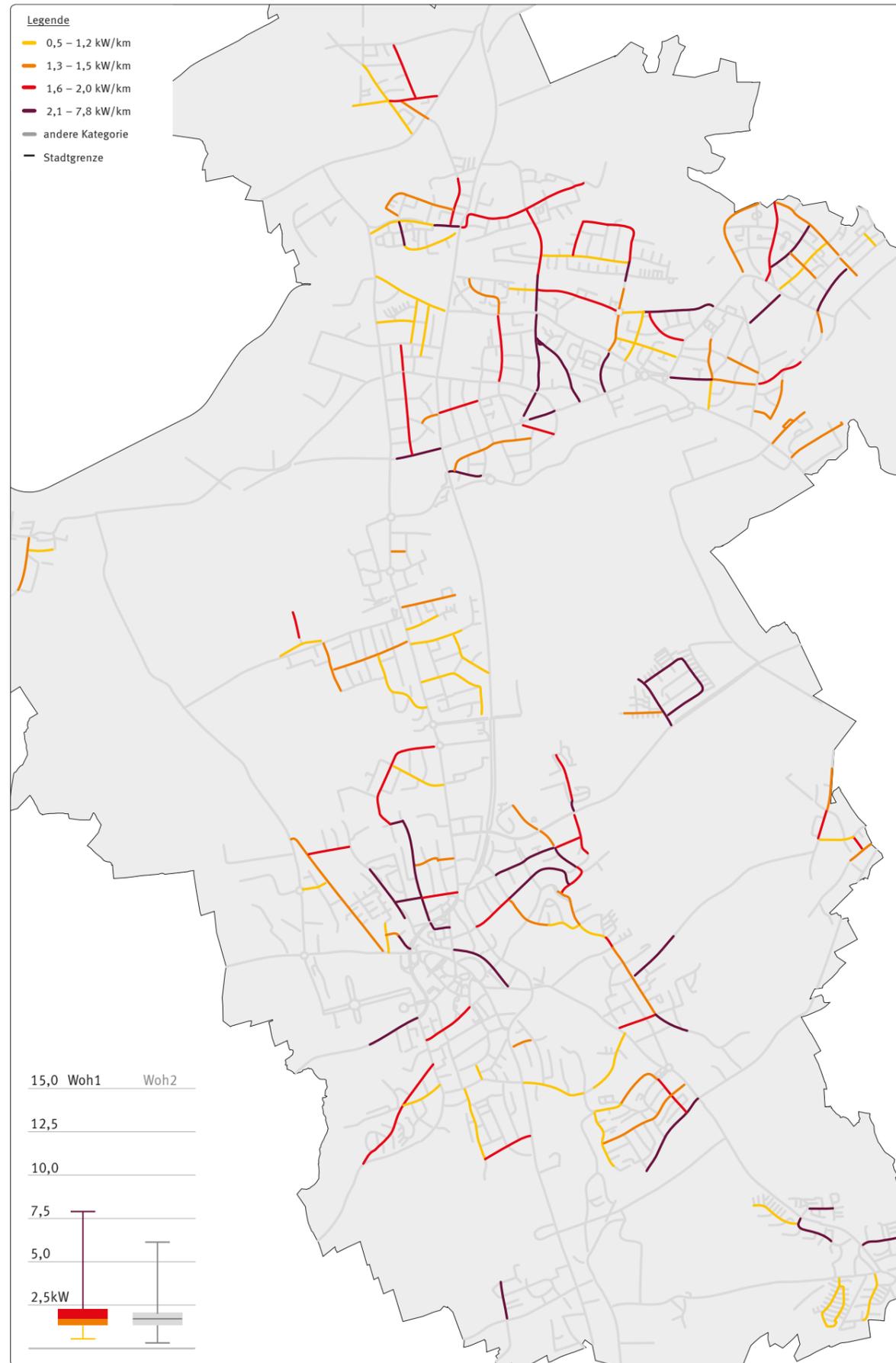
3.28 // Vergleich der Lichtpunktabstände: Straßenkategorie **Woh 2**



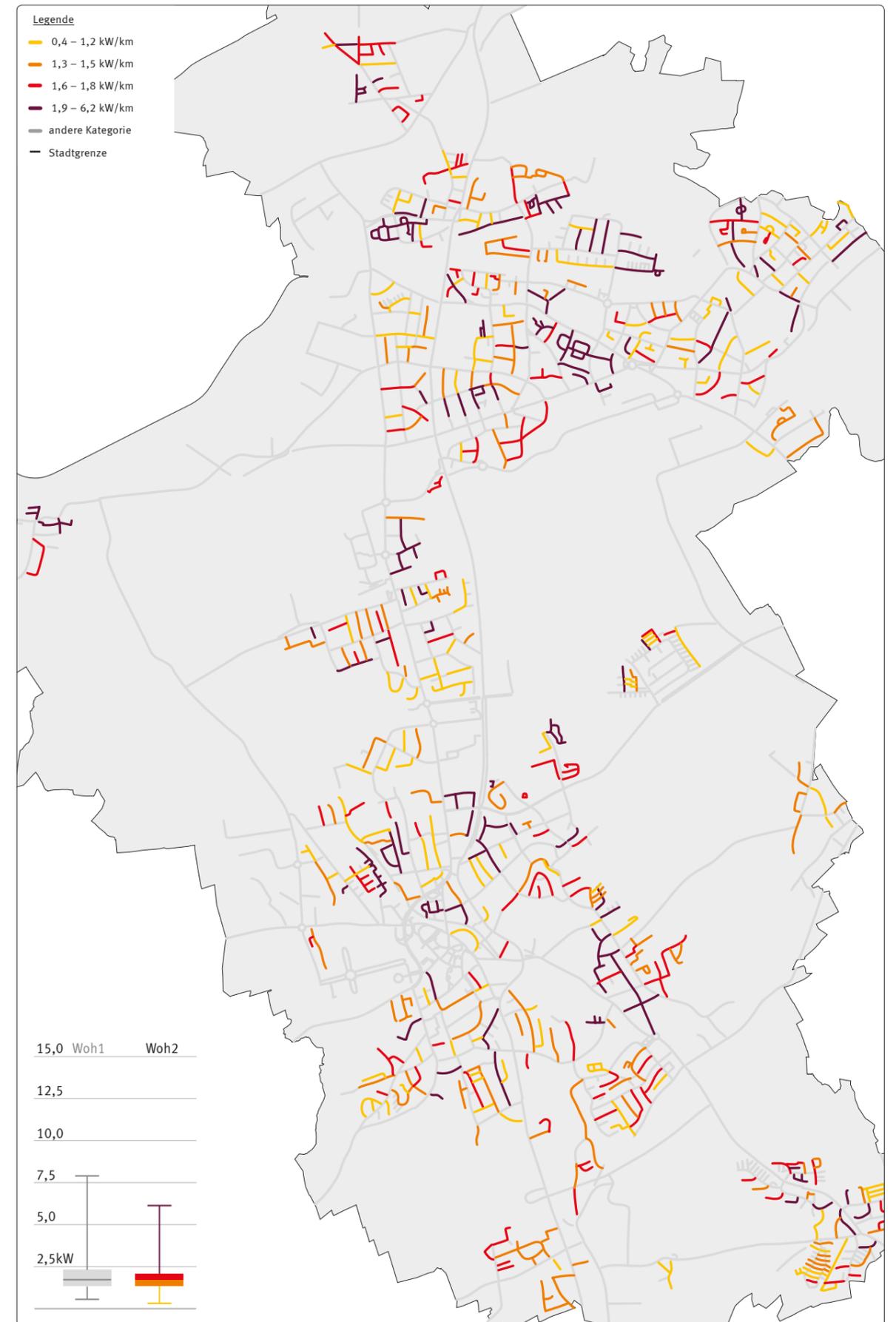
3.29 // Vergleich der Anschlussleistung pro Kilometer: Straßenkategorie Vor 1



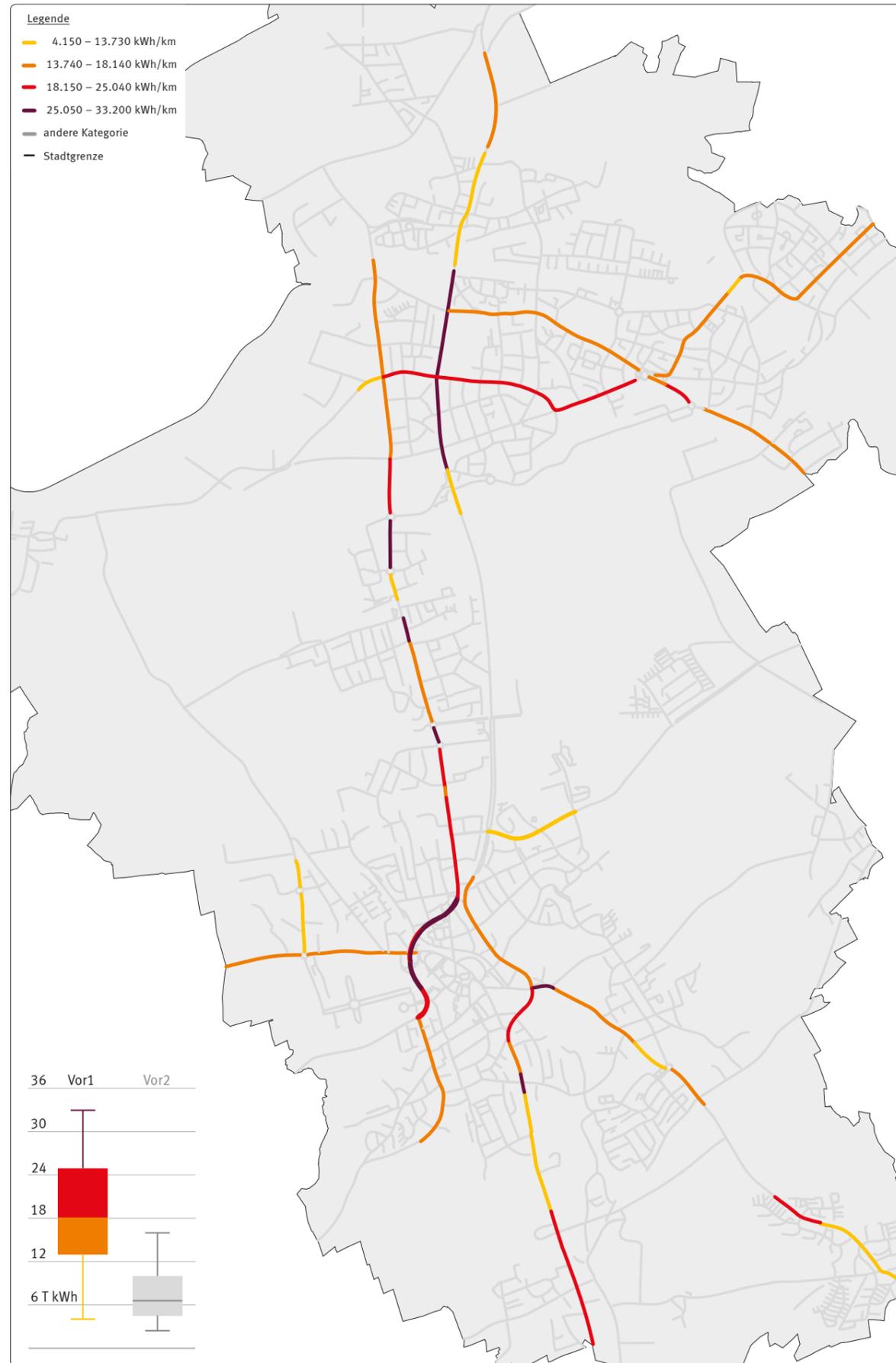
3.30 // Vergleich der Anschlussleistung pro Kilometer: Straßenkategorie Vor 2



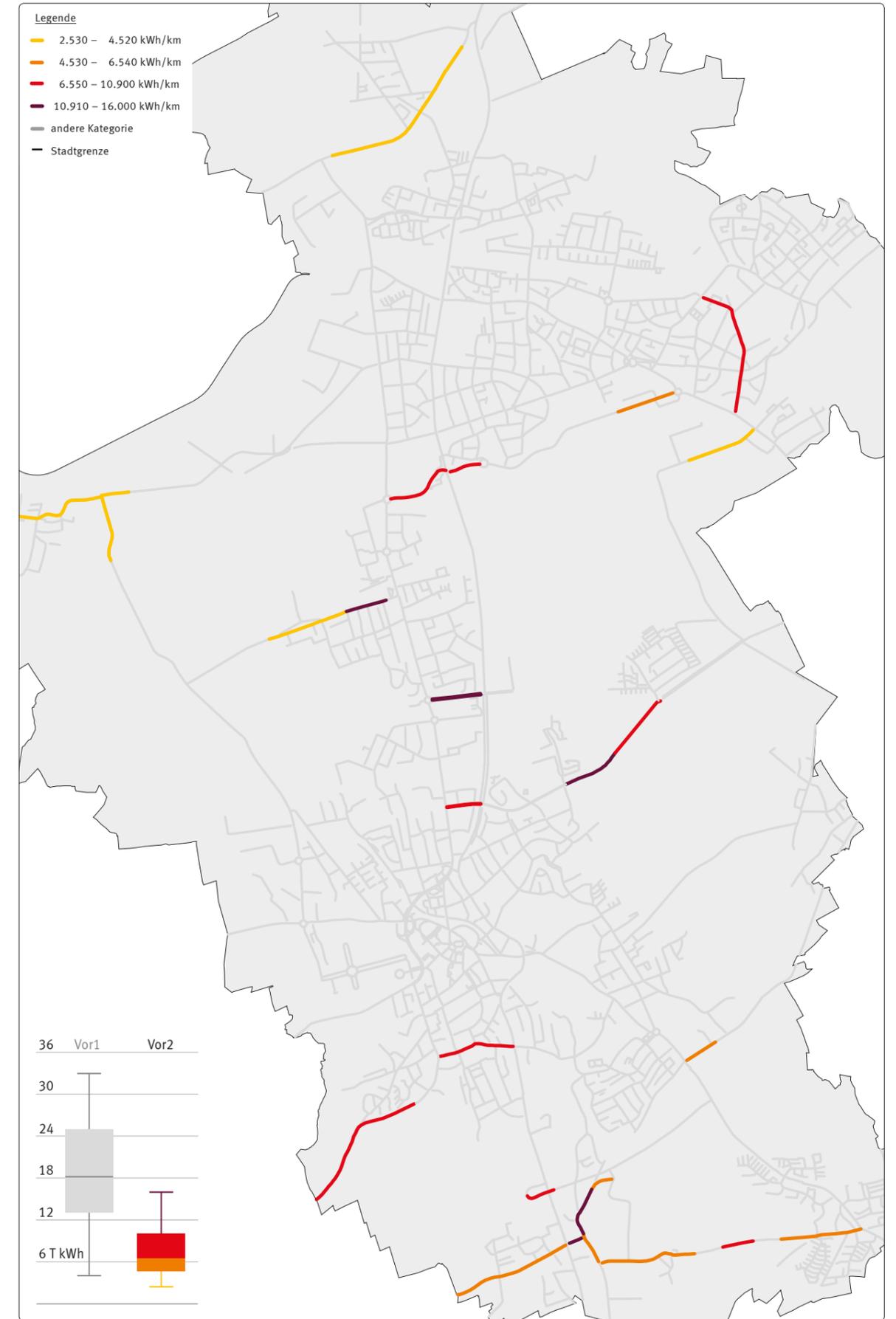
3.31 // Vergleich der Anschlussleistung pro Kilometer: Straßenkategorie **Woh 1**



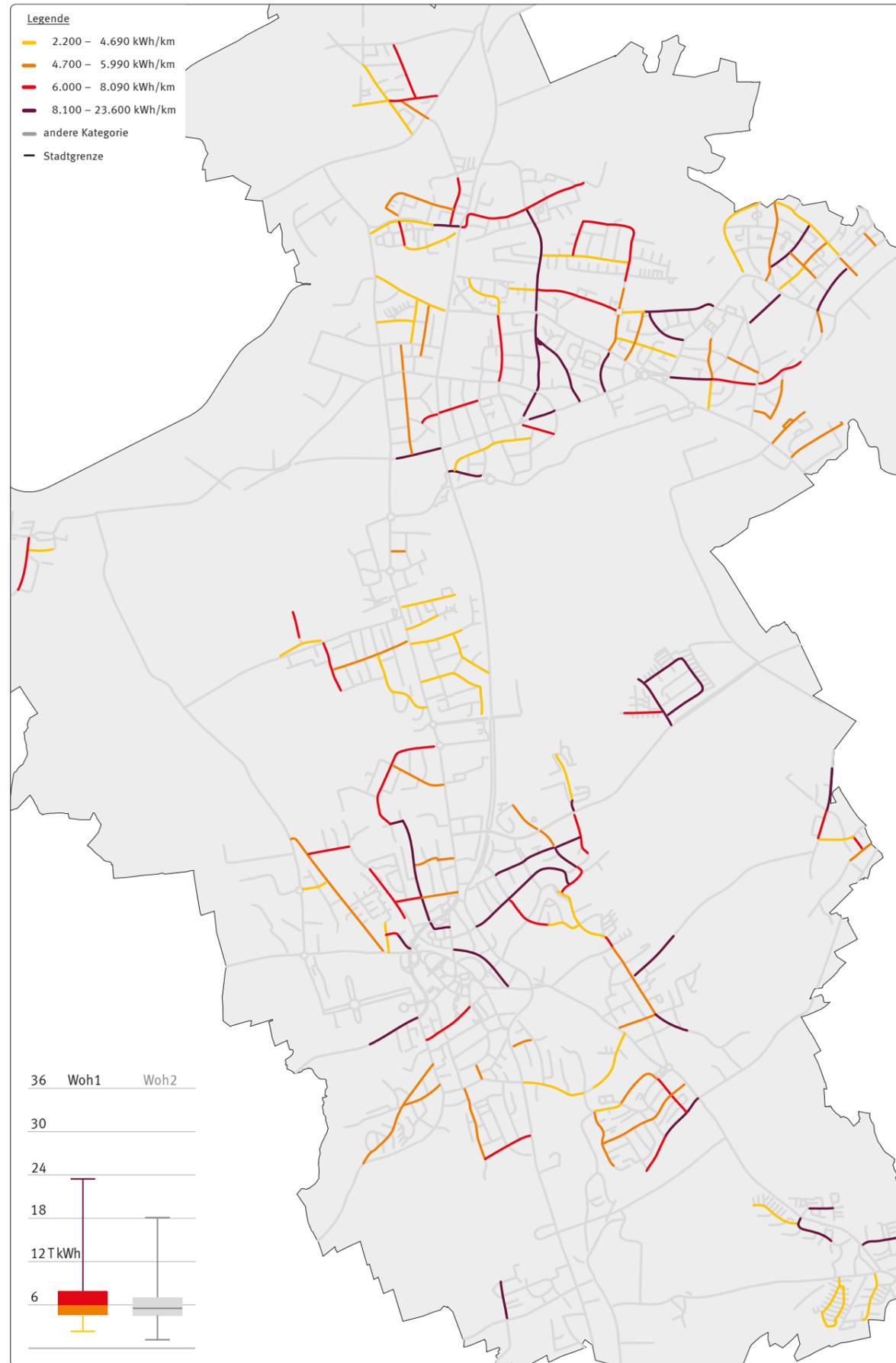
3.32 // Vergleich der Anschlussleistung pro Kilometer: Straßenkategorie **Woh 2**



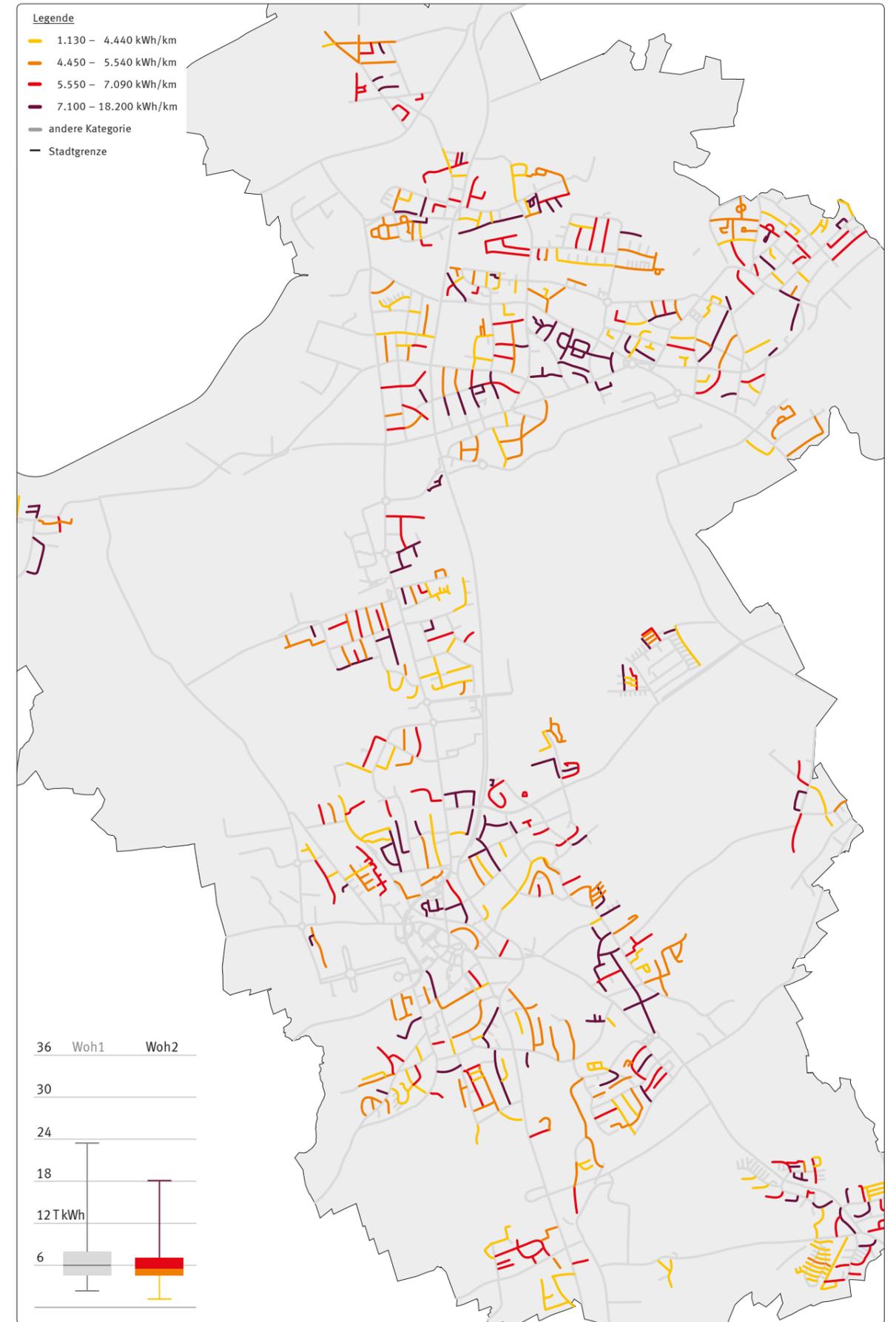
3.33 // Vergleich des Jahresverbrauchs pro Kilometer: Straßenkategorie Vor 1



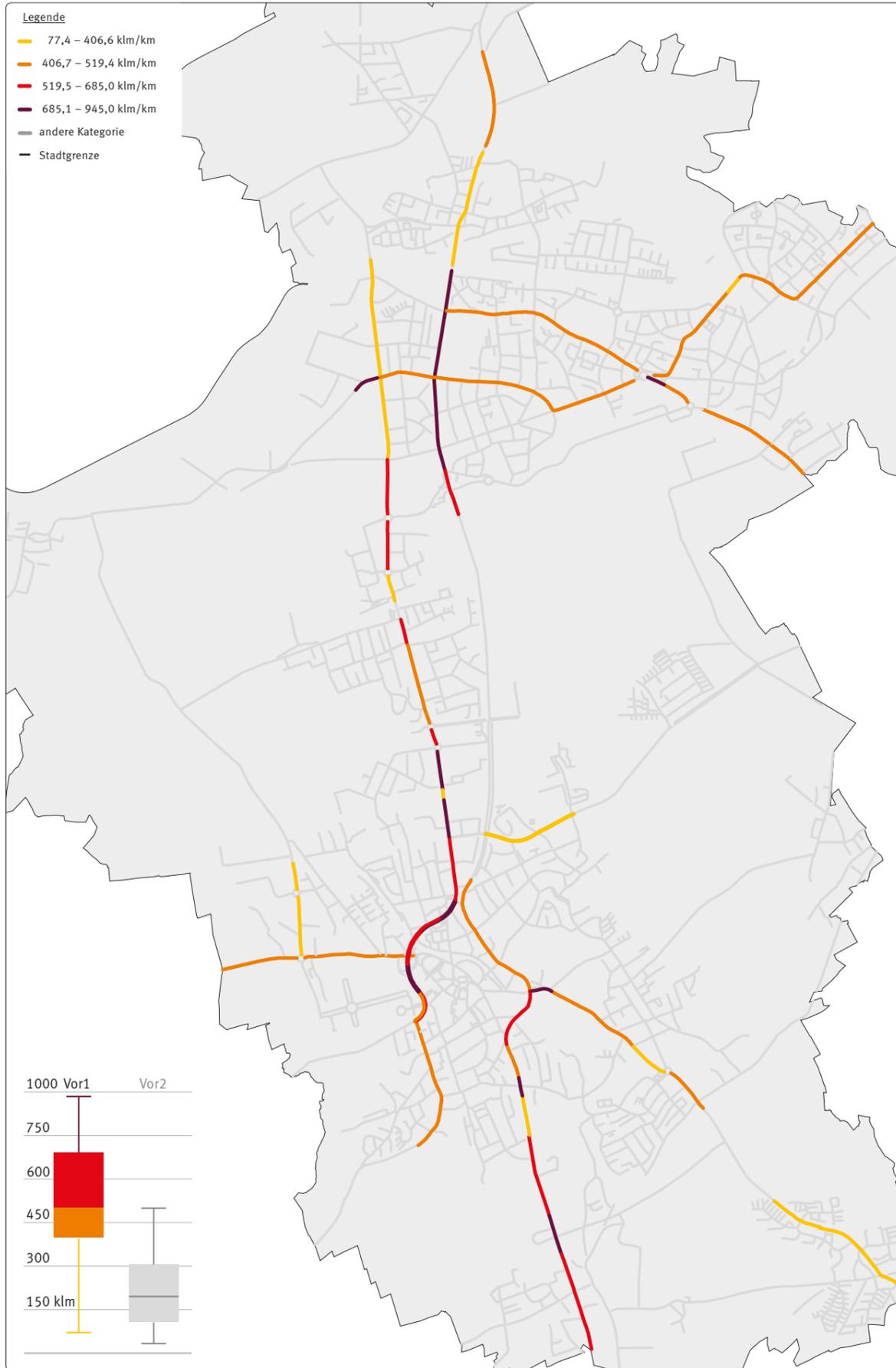
3.34 // Vergleich des Jahresverbrauchs pro Kilometer: Straßenkategorie Vor 2



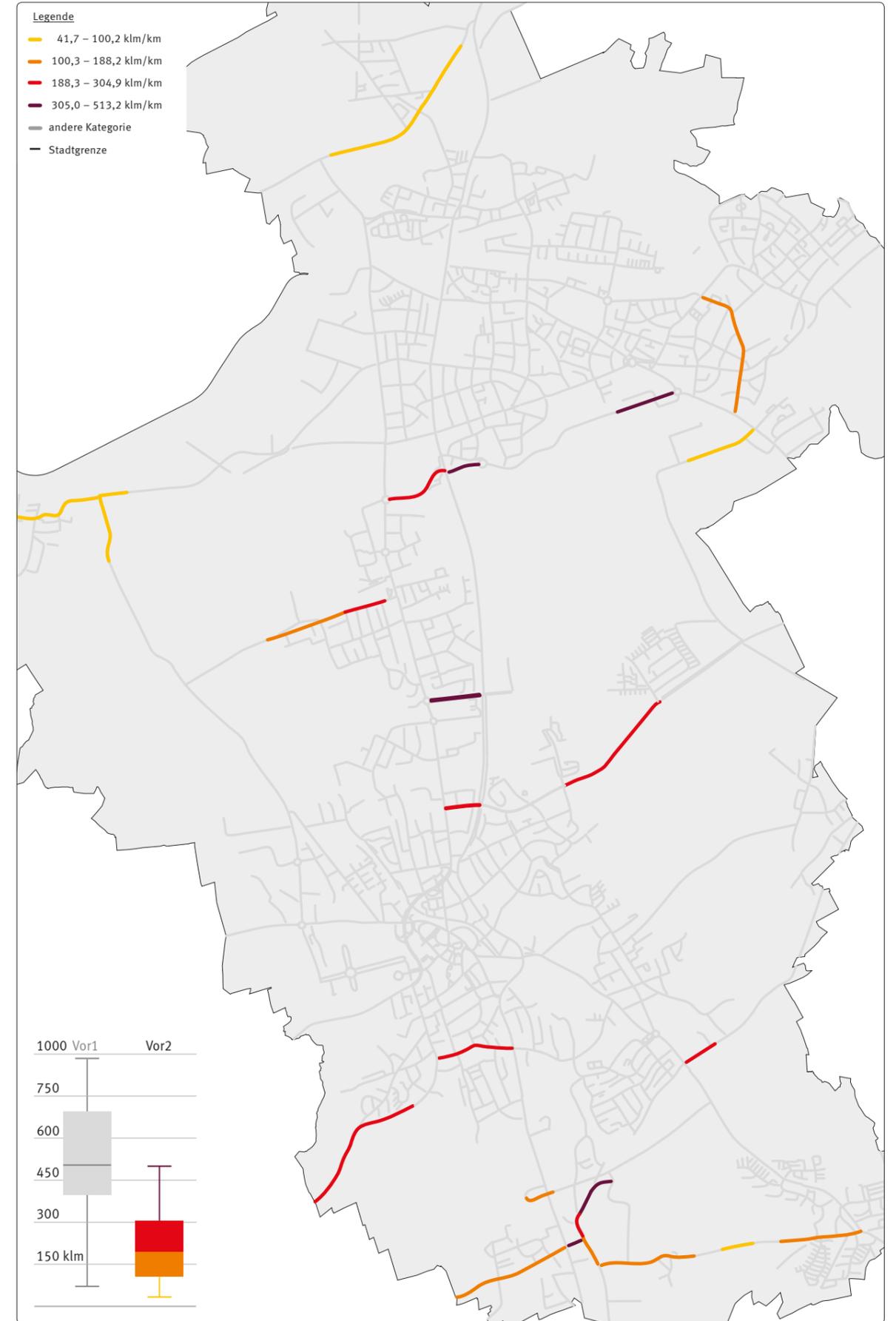
3.35 // Vergleich des Jahresverbrauchs pro Kilometer: Straßenkategorie **Woh 1**



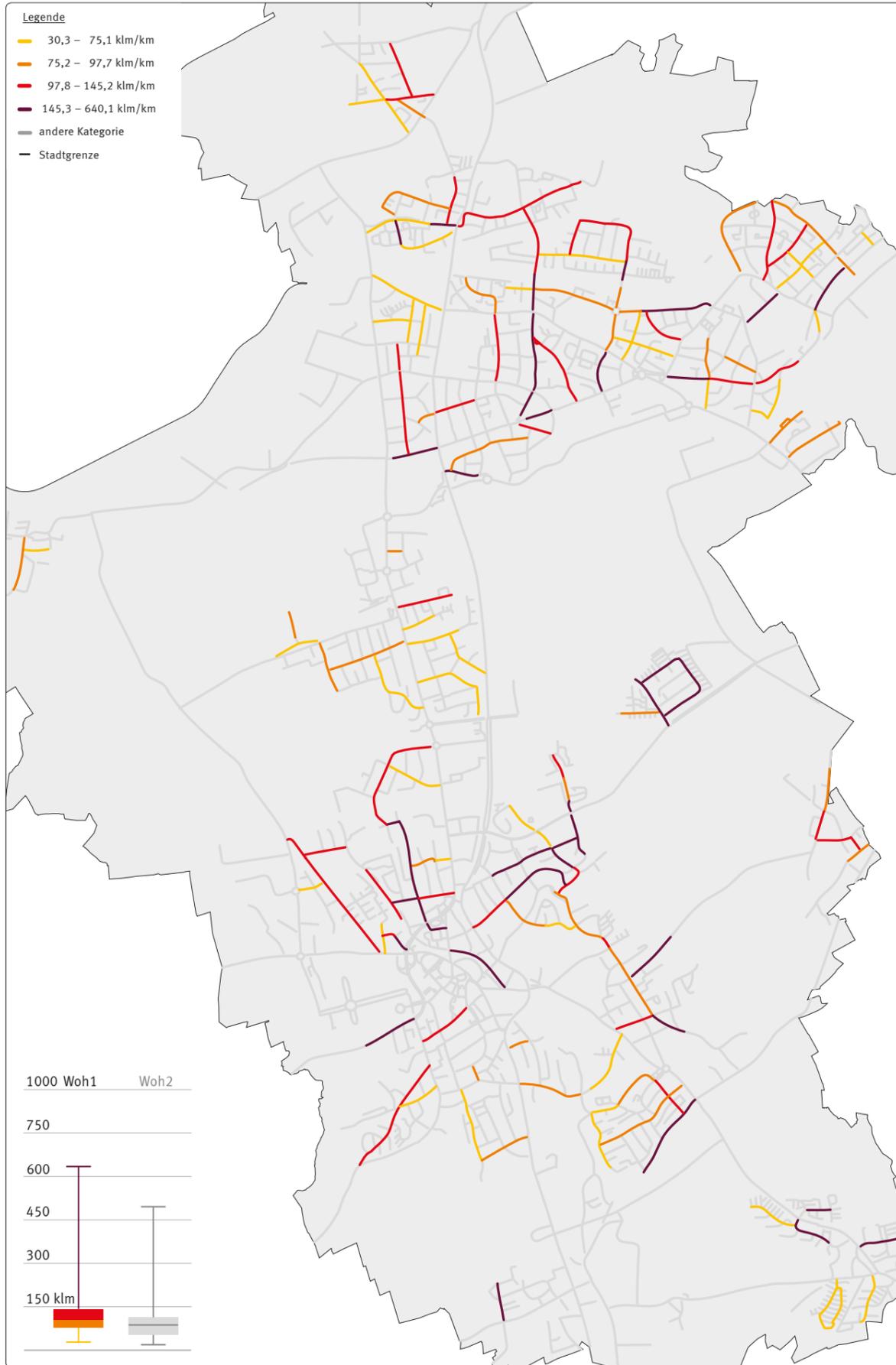
3.36 // Vergleich des Jahresverbrauchs pro Kilometer: Straßenkategorie **Woh 2**



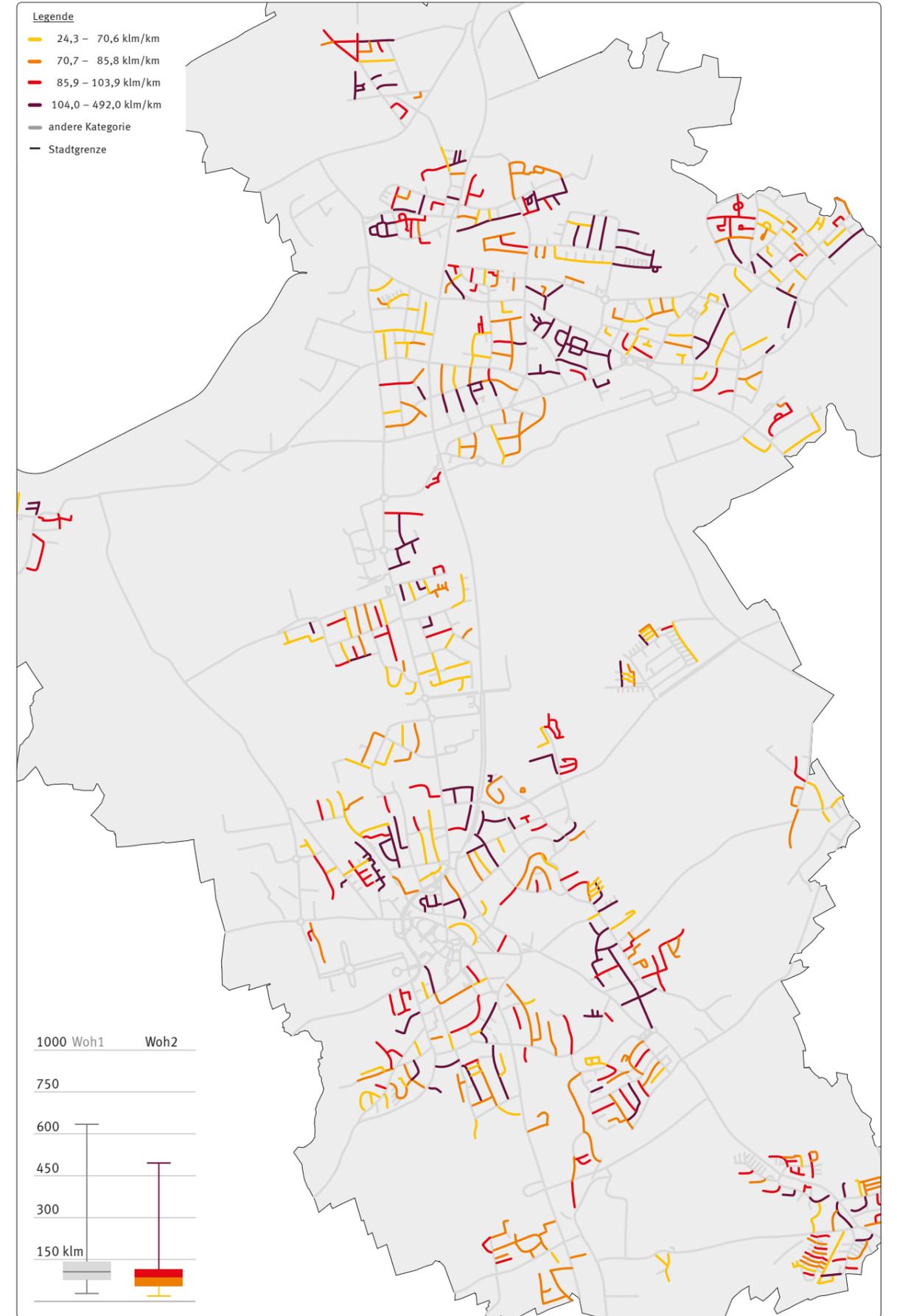
3.37 // Vergleich des Lichtstroms pro Kilometer: Straßenkategorie Vor 1



3.38 // Vergleich des Lichtstroms pro Kilometer: Straßenkategorie Vor 2



3.39 // Vergleich des Lichtstroms pro Kilometer: Straßenkategorie **Woh 1**



3.40 // Vergleich des Lichtstroms pro Kilometer: Straßenkategorie **Woh 2**

d) Lichtverteilung: Exemplarische Messung

Die Ermittlung der Lichtverteilung im Straßenraum dient zum einen dazu, vorhandene Praxiswerte der Beleuchtungsgüte auf den Verkehrswegen zu ermitteln und Lichtmengen darzustellen, die etwaig in private Wohnräume eindringen. Zum anderen wird die ausgeführte Praxis an der Normung abgetragen.

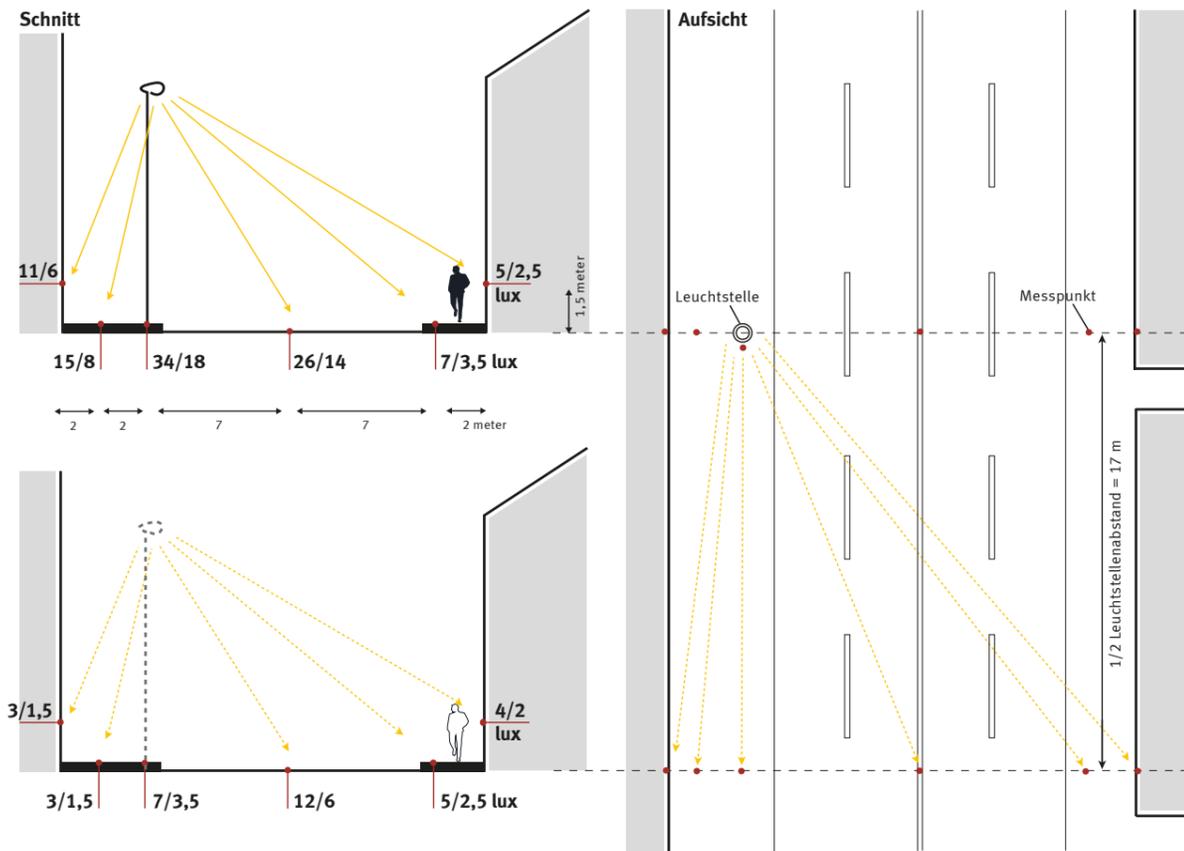
Zur Einordnung der Lichtverteilung im Straßenraum dienen örtliche Messungen vorhandener Beleuchtungsstärken auf Verkehrswegen und angrenzenden Vertikalfächen⁰⁶⁾ in exemplarischer Weise.⁰⁷⁾ Die Messungen fanden an definierten Messpunkten vor und nach Einsetzen etwaiger Halbnachtschaltung statt. Die Ergebnisse folgen den Straßenkategorien "Vor 1", "Woh 1" und "Woh 2" in den Beispielen:

- **Vor 1.1:** KGR B1.1 – 1x150W HST – Bsp. Wittener Straße
- **Vor 1.2:** KGR A2.1 – 3x36W T-26 (2x) – Bsp. Altstadttring
- **Vor 1.3:** KGR A2.1 – 2x36W T-26 – Bsp. Ringstraße
- **Woh 1.1:** KGR A1.1 – 2x24W TC-L – Bsp. Bladenhorster Straße
- **Woh 1.2:** KGR A1.1 – 1x18+1x36W T-26U – Bsp. Frebergstraße
- **Woh 2.1:** KGR A1.1 – 2x18W T-26 – Bsp. Mozartstraße
- **Woh 2.2:** KGR C1.1 – 2x24W TC-L – Bsp. Breslauer Straße
- **Woh 2.3:** KGR D1.1 – 2x18W TC-L – Bsp. Borghagener Straße
- **Woh 2.4:** KGR C2.1 – 2x18W TC-L – Bsp. Schöttelkamp

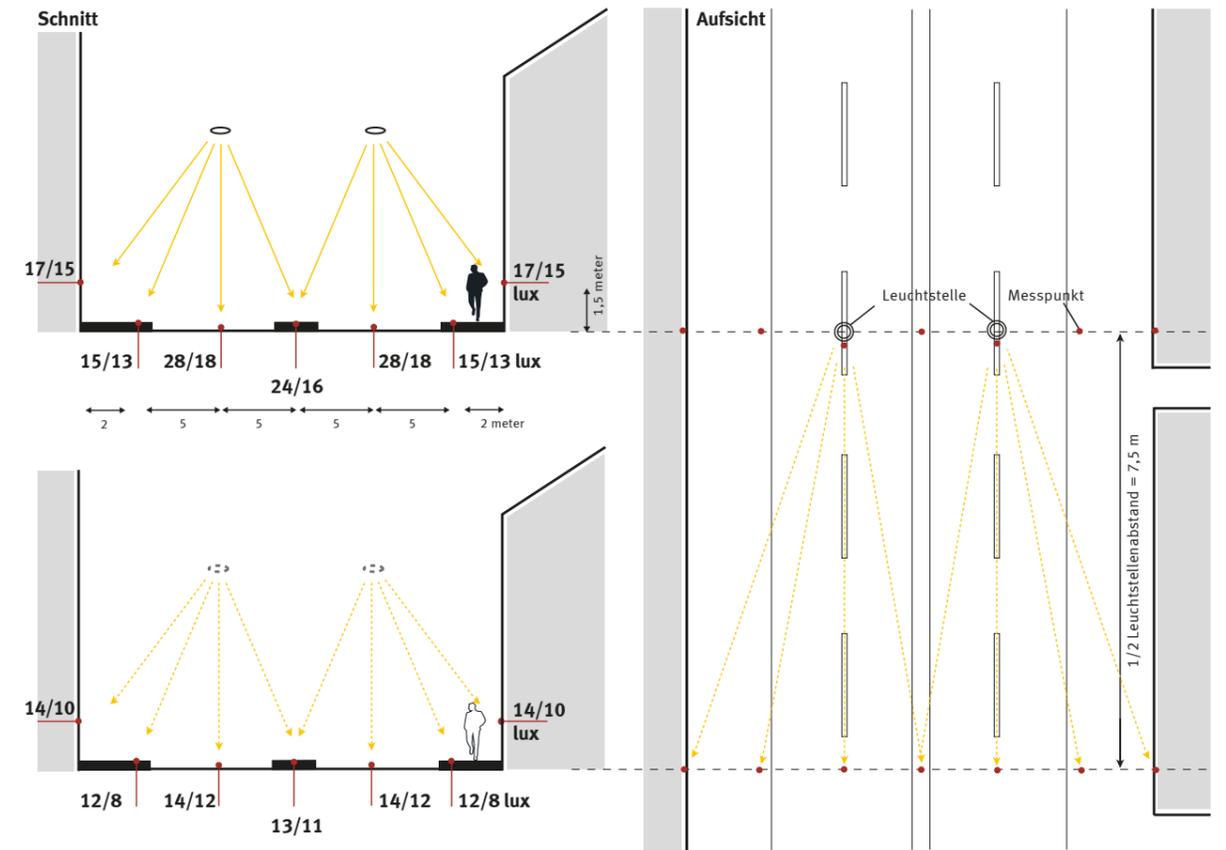
In einem weiteren Schritt, wurde – annähernd flächendeckend – die Lichtverteilung im Vorbehaltsnetz "Vor 1" und "Vor 2" gemessen.⁰⁸⁾

06) Gebäudefassaden oder Fensterflächen.
 07) Zur Messung der vorhandenen Leuchtdichten siehe Gliederungsteil: e.1 – e.3
 08) Aus methodischen Gründen wird die Strahlungsleistung in W/m² dargestellt. Die Messung erfolgte durch unterfahren der Leuchten mittels LightMeter Mark Pro 2.4.

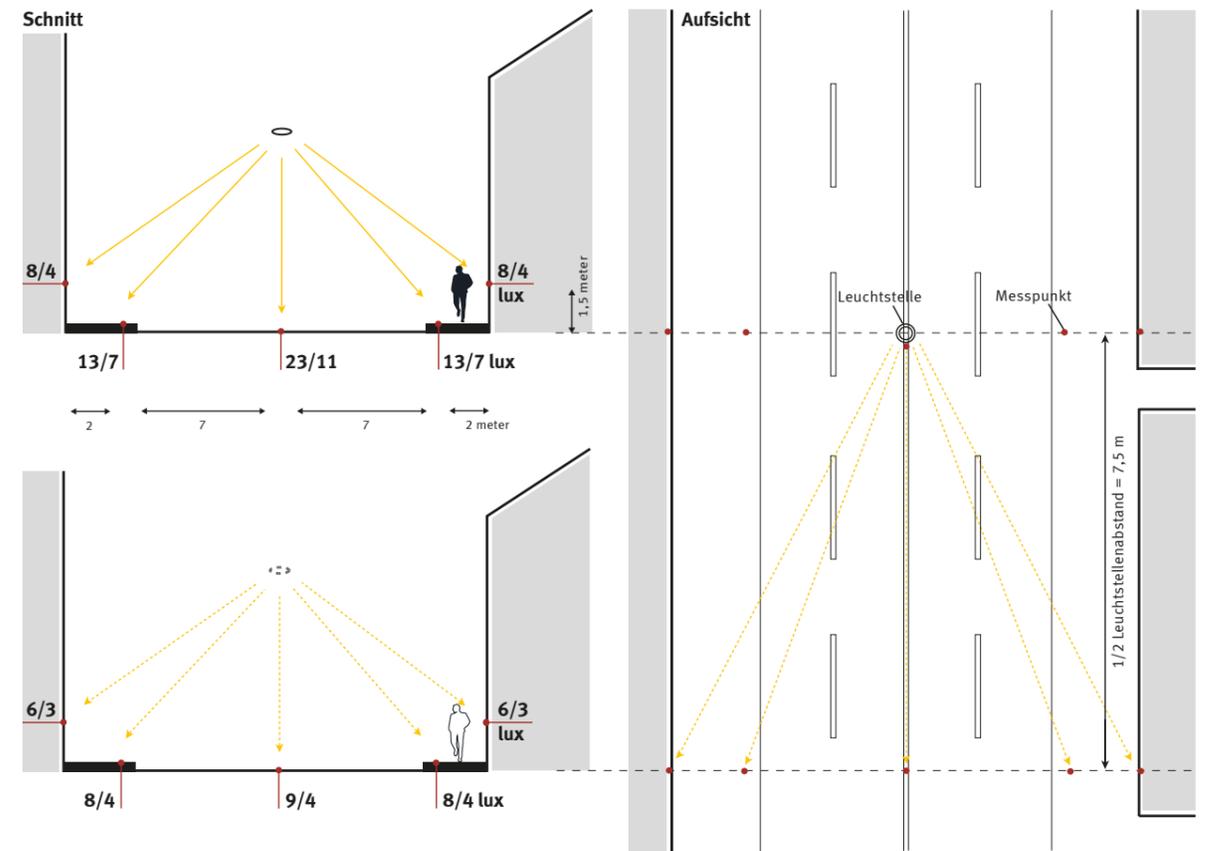
» Örtlich wurden Beleuchtungsstärken auf Straßen- und Fassadenoberflächen gemessen. Zudem erfolgte eine Messung des "Lichtaufkommens" im Vorbehaltsnetz nach auftreffender Strahlungsleistung.



3.41 // Messung Beleuchtungsstärke: Vor 1.1 – KGR B1.1 mit 1x150W HST (hier Wittener Str.) Normalschaltung/Halbnachtschaltung



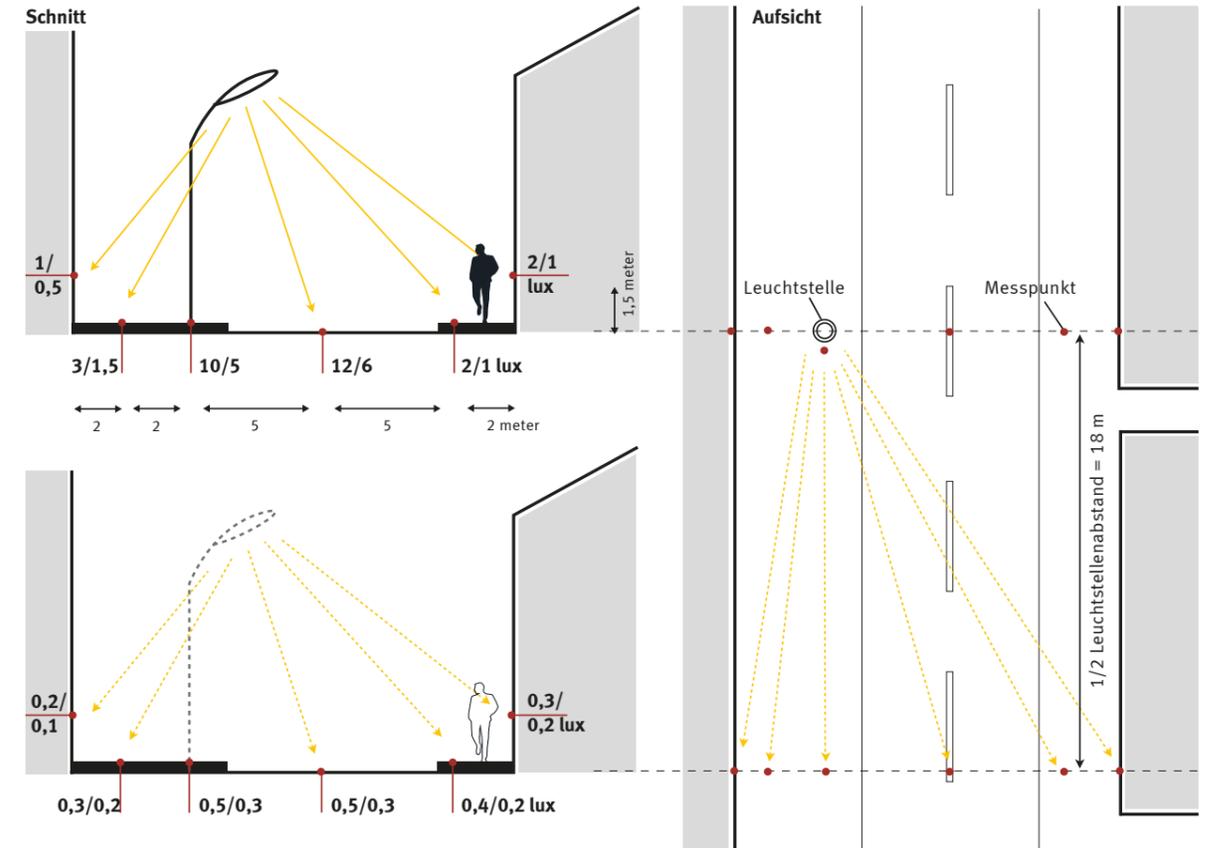
3.42 // Messung Beleuchtungsstärke: Vor 1.2 – KGR A2.1 mit 3x36W T-26 (x2) (hier Altstadttring) Normalschaltung/Halbnachtschaltung



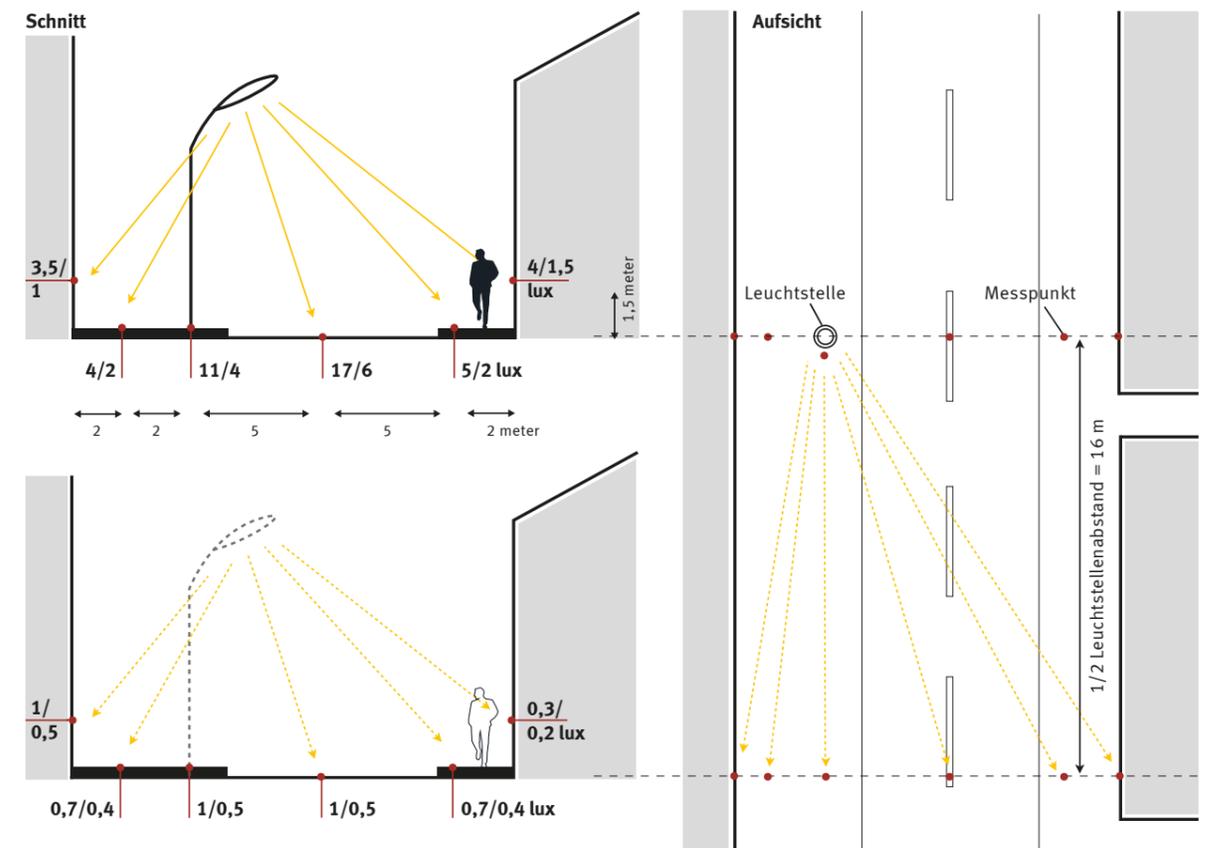
3.43 // Messung Beleuchtungsstärke: Vor 1.3 – KGR A2.1 mit 2x36W T-26 (hier Ringstr.) Normalschaltung/Halbnachtschaltung



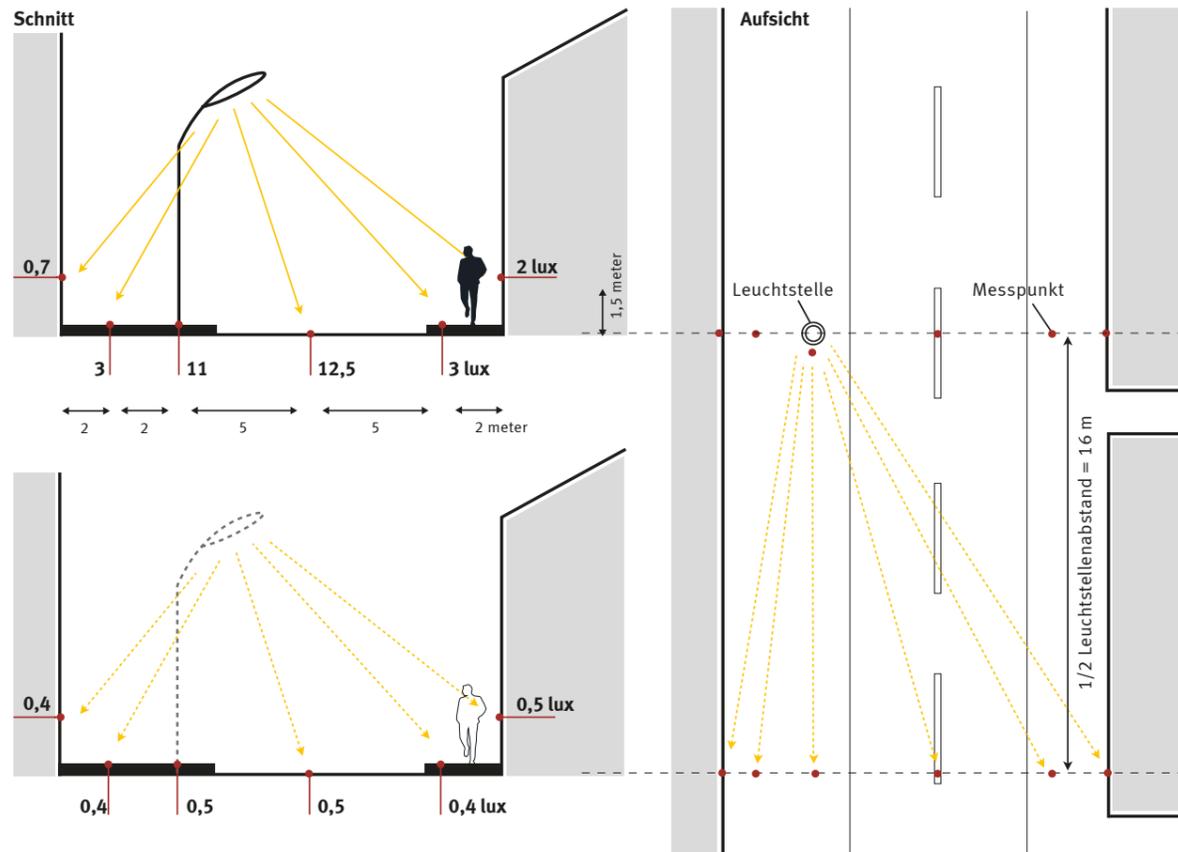
3.44 // Messung der Strahlungsleistung durch unterfahren der Leuchtstellen des Vorbehaltsnetzes: 22.00-23.30 Uhr; 29.09. + 06.10.2011



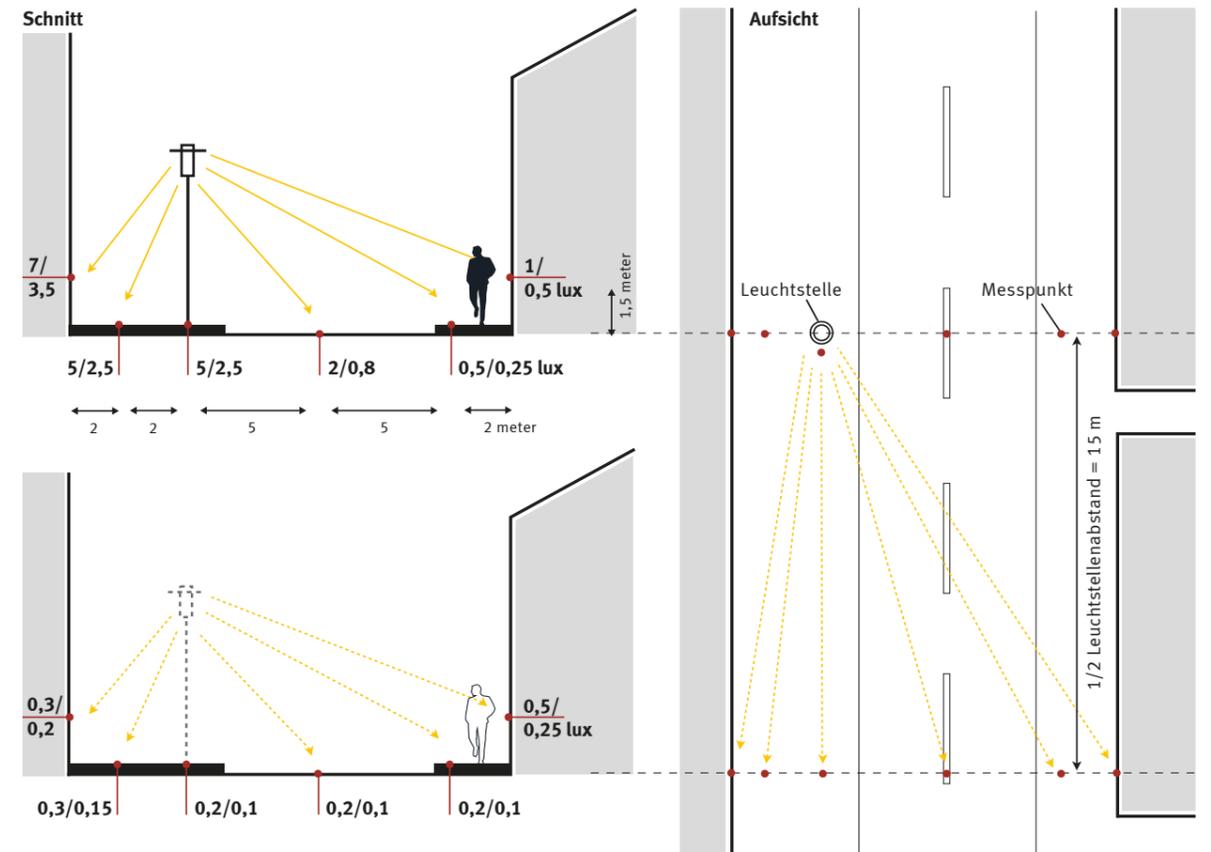
3.45 // Messung Beleuchtungsstärke: Woh 1.1 – KGR A1.1 mit 2x24W TC-L (hier Bladenhorster Str.) Normalschaltung/Halbnachtschaltung



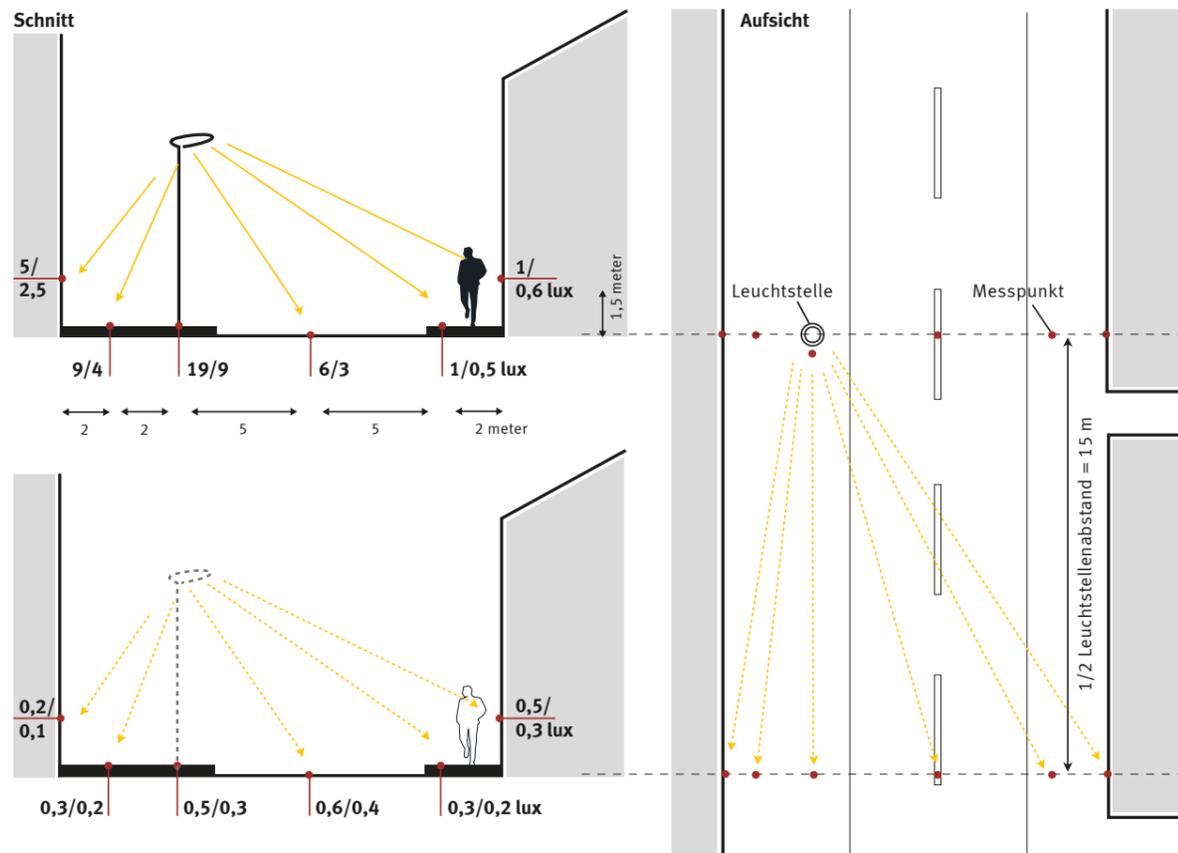
3.46 // Messung Beleuchtungsstärke: Woh 1.2 – KGR A1.1 mit 1x18W T-26+1x36W T-26U (hier Frebergstr.) Normalschaltung/Halbnachtschaltung



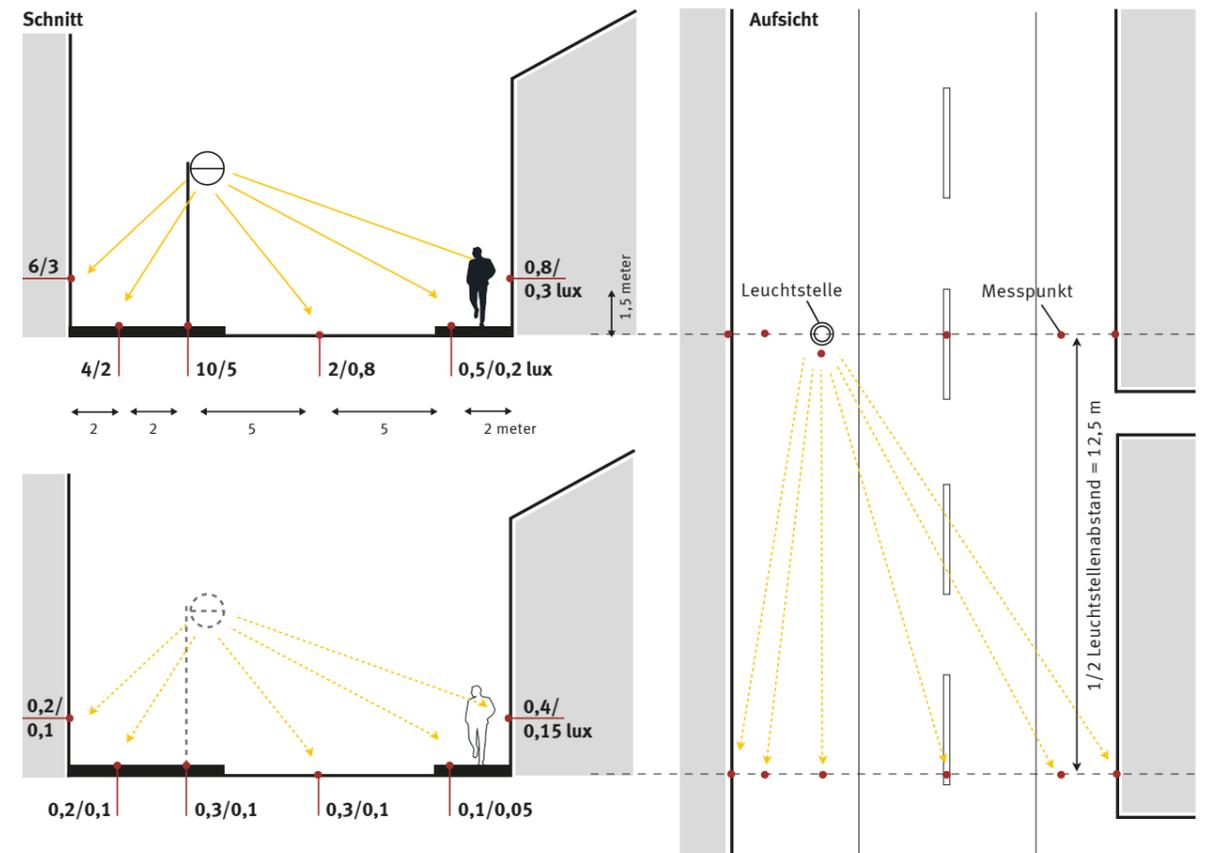
3.47 // Messung Beleuchtungsstärke: **Woh 2.1** – KGR A1.1 mit 2x18W T-26 (hier Mozartstraße) Normalschaltung



3.49 // Messung Beleuchtungsstärke: **Woh 2.3** – KGR D1.1 mit 2x18W TC-L (hier Borghagener Str.) Normalschaltung/Halbnachtschaltung



3.48 // Messung Beleuchtungsstärke: **Woh 2.2** – KGR C1.1 mit 2x24W TC-L (hier Breslauer Str.) Normalschaltung/Halbnachtschaltung



3.50 // Messung Beleuchtungsstärke: **Woh 2.4** – KGR C2.1 mit 2x18W TC-L (hier Schöttelkamp) Normalschaltung/Halbnachtschaltung

» Bestimmte Straßen der Stadt und deren Beleuchtung werden mit speziellen Computerprogrammen rekonstruiert, um lichttechnische Parameter zeigen und mit Normwerten vergleichen zu können.

e) Lichtverteilung: Exemplarische Simulation
 Entlang der statistisch häufigsten Leuchtentypen (> 5 %) werden hier lichttechnische Berechnungen entlang lichtsystem- und raumadäquater Simulationen erstellt. Dies mit dem Ziel, eine Diskussion über Beleuchtungsgüte führen zu können, bei der die Zielwerte den erprobten Praxiswerten gegenübergestellt werden. Die Ergebnisse folgen wiederum den Straßenkategorien "Vor 1", "Woh 1" und "Woh 2" in den Beispielfällen:

- **Vor 1.1:** KGR B1.1 – 1x150W HST – Bsp. Wittener Straße
- **Vor 1.3:** KGR A2.1 – 2x36W T-26 – Bsp. Ringstraße
- **Woh 2.1:** KGR A1.1 – 2x18W T-26 – Bsp. Mozartstraße
- **Woh 2.2:** KGR C1.1 – 2x24W TC-L – Bsp. Breslauer Straße
- **Woh 2.3:** KGR D1.1 – 2x18W TC-L – Bsp. Borghagener Straße
- **Woh 2.4:** KGR C2.1 – 2x18W TC-L – Bsp. Schöttelkamp

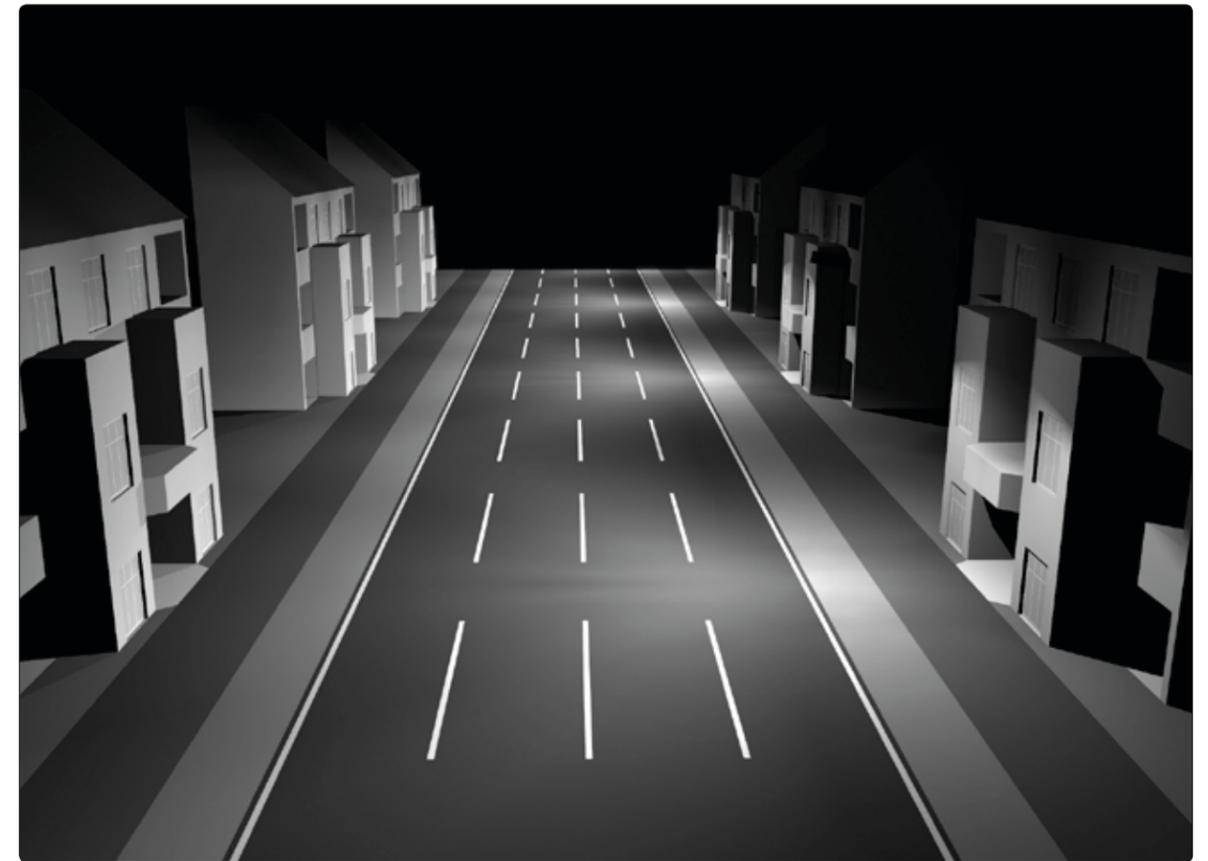
Die Ergebnisübersicht vergleicht die Vorgaben der DIN EN 13 201 mit den ermittelten lichttechnischen Kennwerten nach Straßenkategorie. Zur Vereinfachung folgen die Beispielfälle je einer Beleuchtungsklasse:

Straßenkategorie Gewählte Beleuchtungsklasse (Straße/Gehweg)	Vor ME3c / S3			1.1		1.3		Woh S4 / S5					
								2.1	2.2	2.3	2.4		
Horiz. Beleuchtungsstärke Fahrbahn E _m [lx]								5,0		3,0	3,0	1,0	2,0
Horiz. Beleuchtungsstärke Fahrbahn E _{min} [lx]								1,0		0,5	0,5	0	0
Leuchtdichte Fahrbahn L _m [cd/m ²]	1,0			0,7	0,5								
Gesamtgleichmäßigkeit Fahrbahn U _o	0,4			0,5	0,5								
Längsgleichmäßigkeit Fahrbahn U _l	0,5			0,6	0,7								
Schwellenwerterhöhung TI [%]	15			12	5								
Beleuchtungsstärkeverhältnis SR	0,5			0,6	0,4								
Horiz. Beleuchtungsstärke Gehweg 1 E _m [lx]		7,5	9,5	5,7			3,0	4,0	3,9	1,3	5,3		
Horiz. Beleuchtungsstärke Gehweg 1 E _{min} [lx]		1,5	4,3	4,4			0,6	0,5	0,3	0,2	0,2		
Horiz. Beleuchtungsstärke Gehweg 2 E _m [lx]		7,5	7,7	5,7			3,0	1,1	0,8	0,3	0,3		
Horiz. Beleuchtungsstärke Gehweg 2 E _{min} [lx]		1,5	6,4	4,4			0,6	0,4	0,3	0,1	0,1		

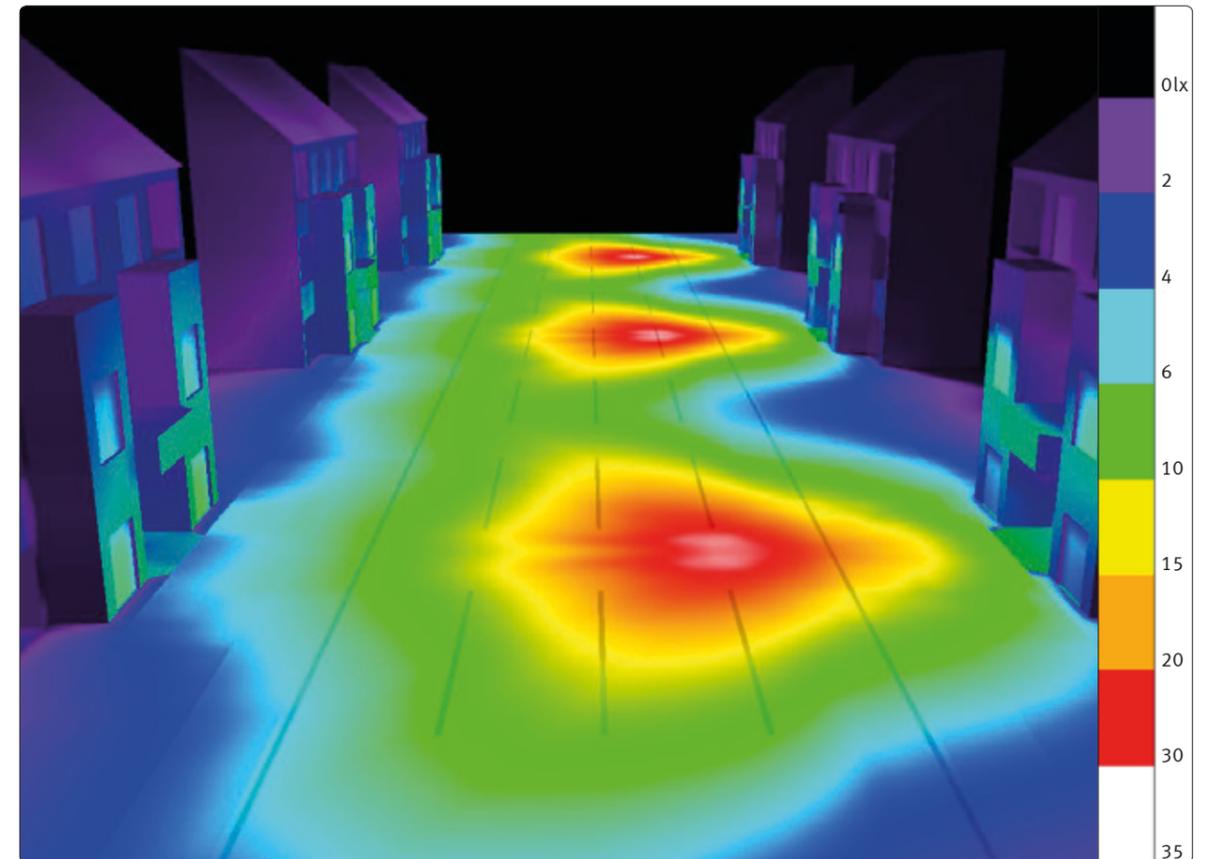
3.51 // Ergebnisübersicht lichttechnischer Vergleich: Vorgaben DIN EN 13 201 und exemplarische Straßensimulation

Die Abbildungen //3.52 – //3.63 zeigen die räumlichen Eindrücke mit Einschätzung der Verteilung der Beleuchtungsstärken auf den Straßenoberflächen bzw. den anliegenden Gebäuden. Auf die Beeinflussung der Beleuchtungsqualität durch hochwachsendes Straßenbegleitgrün und/oder parkende Fahrzeuge am Straßenrand wurde verzichtet.⁰⁹⁾

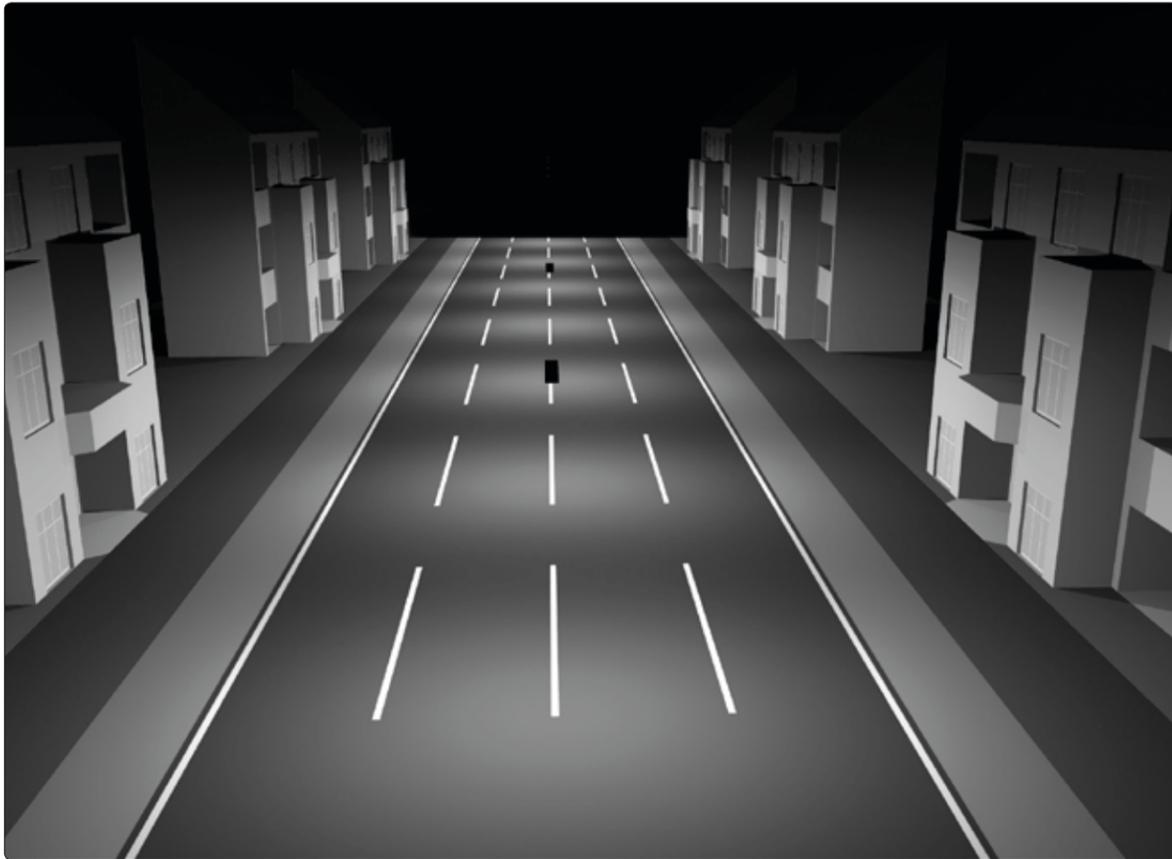
09) Siehe hierzu auch Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2 d)



3.52 // Simulation straßenräumliche Lichtverteilung: Vor 1.1 – KGR B1.1 mit 1x150W HST



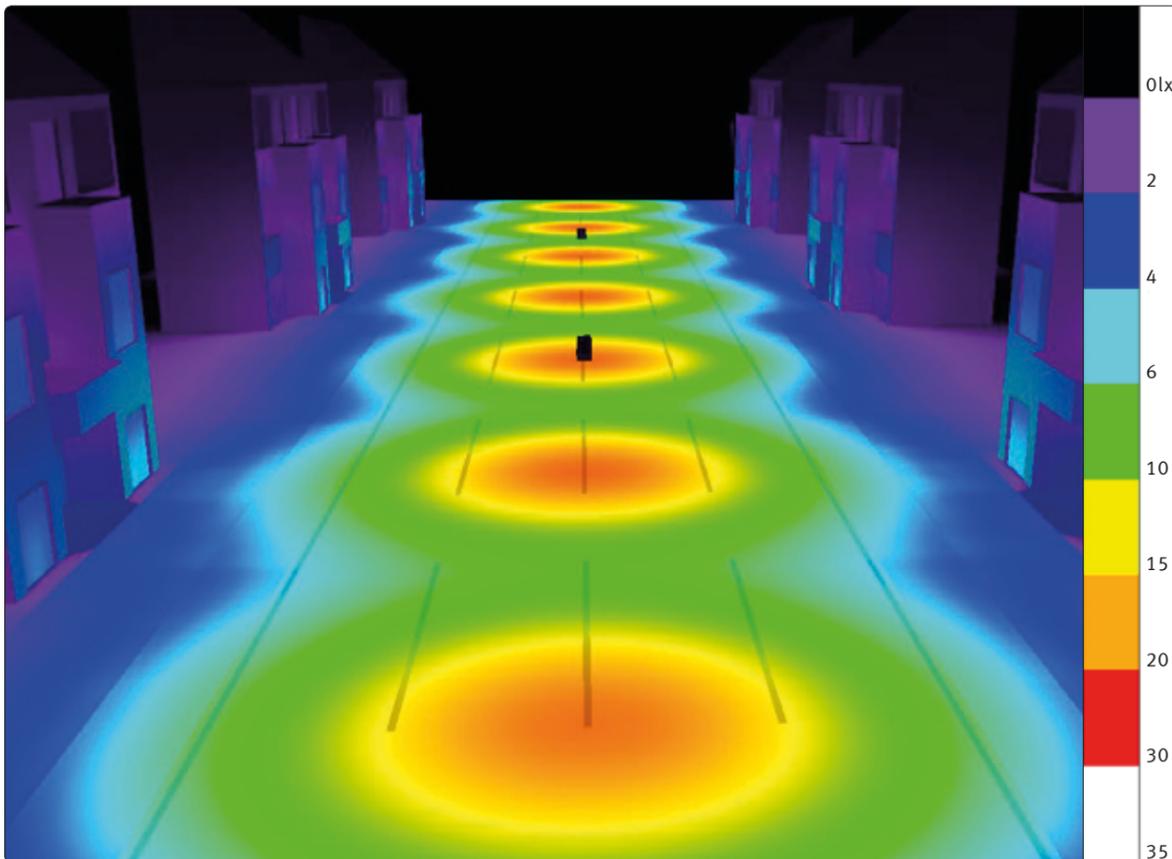
3.53 // Darstellung lichttechnische Ergebnisse: Vor 1.1 – KGR B1.1 mit 1x150W HST / Siehe auch Gliederungsteil: e.2 – Standort LCR-R-035-N



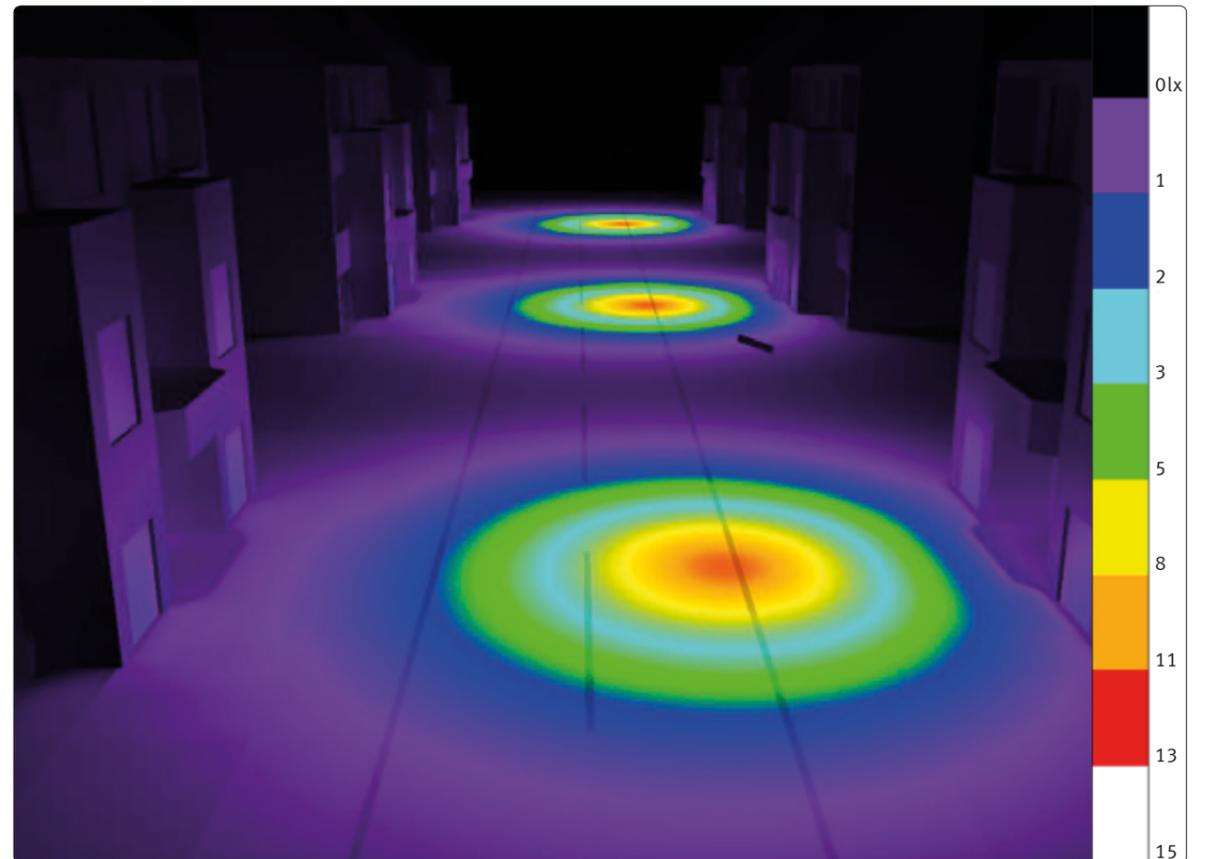
3.54 // Simulation straßenräumliche Lichtverteilung: **Vor 1.3** – KGR A2.1 mit 2x36W T-26



3.56 // Simulation straßenräumliche Lichtverteilung: **Woh 2.1** – KGR A1.1 mit 2x18W T-26



3.55 // Darstellung lichttechnische Ergebnisse: **Vor 1.3** – KGR A2.1 mit 2x36W T-26 / Siehe auch Gliederungsteil: e.2 – Standort **LCR-R-062-S0**



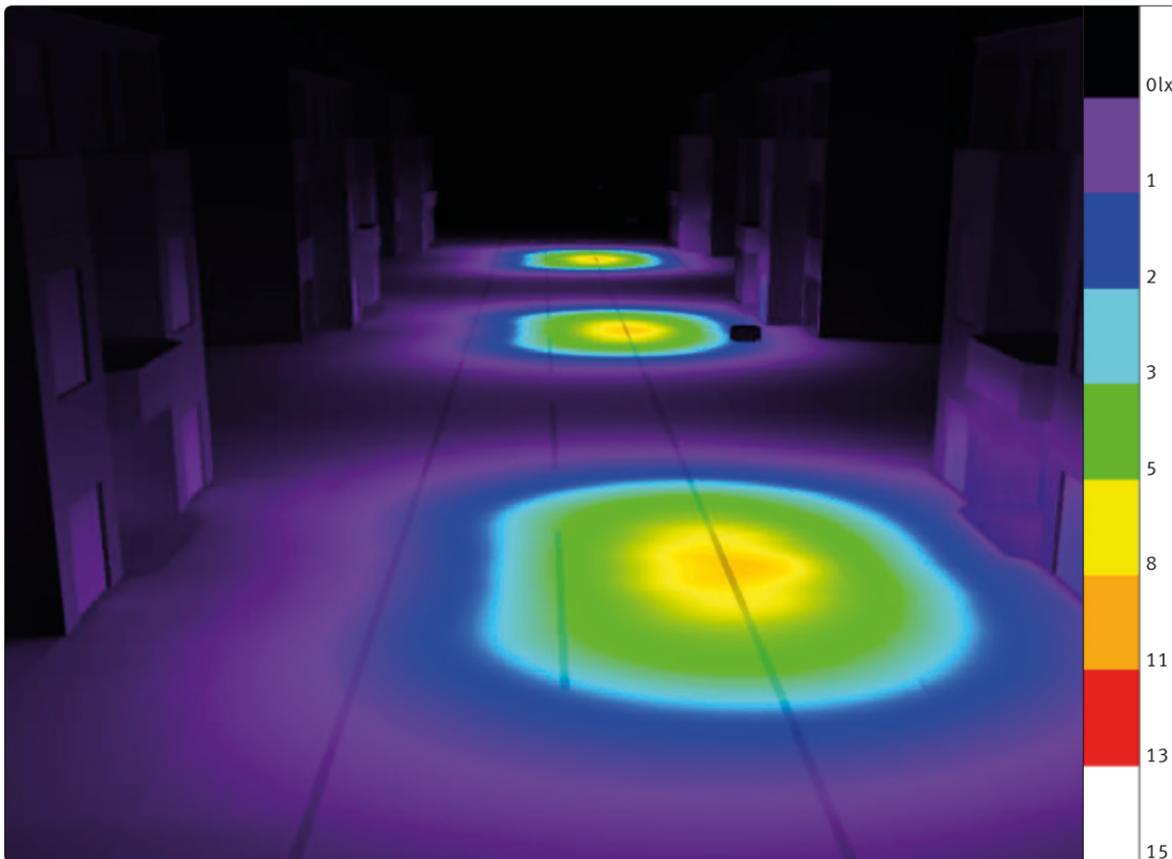
3.57 // Darstellung lichttechnische Ergebnisse: **Woh 2.1** – KGR A1.1 mit 2x18W T-26 / Siehe auch Gliederungsteil: e.2 – Standort **LCR-H-050-S**



3.58 // Simulation straßenräumliche Lichtverteilung: **Woh 2.2** – KGR C1.1 mit 2x24W TC-L



3.60 // Simulation straßenräumliche Lichtverteilung: **Woh 2.3** – KGR D1.1 mit 2x18W TC-L



3.59 // Darstellung lichttechnische Ergebnisse: **Woh 2.2** – KGR C1.1 mit 2x24W TC-L / Siehe auch Gliederungsteil: e.2 – Standort **LCR-H-040-O**



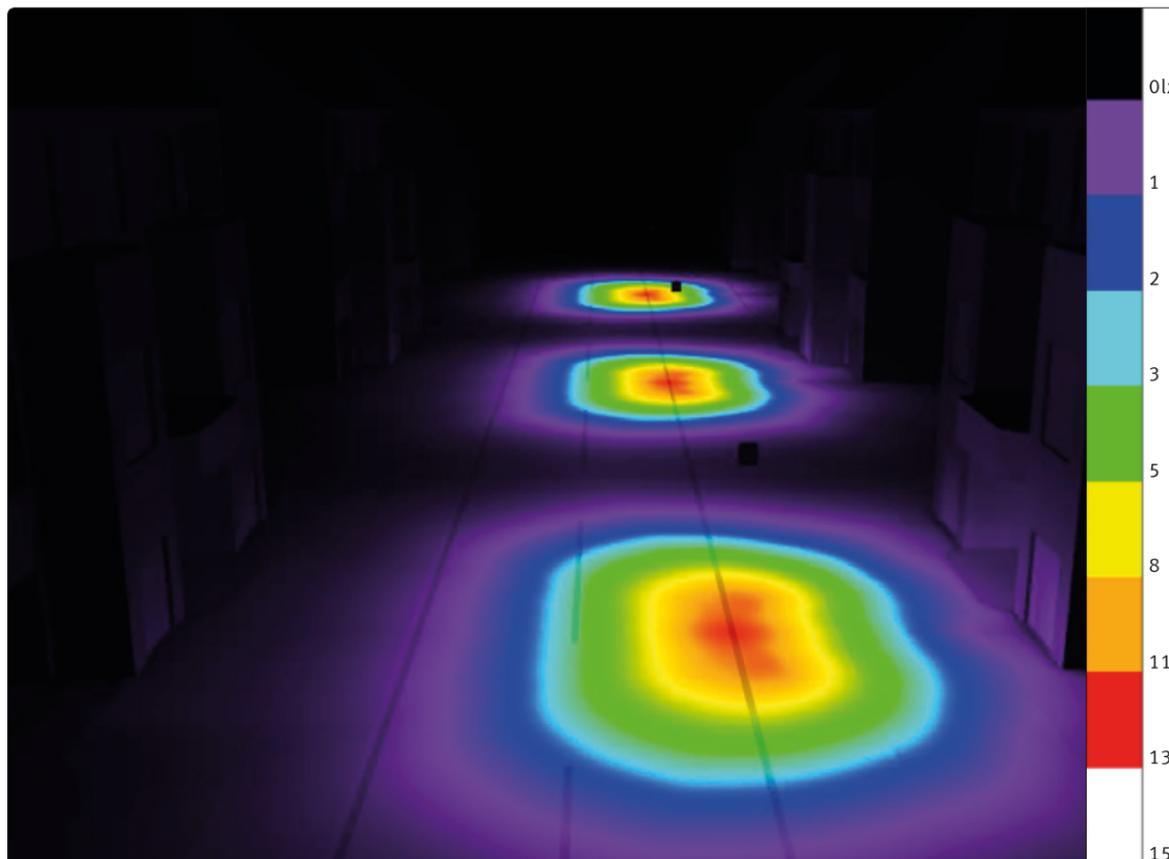
3.61 // Darstellung lichttechnische Ergebnisse: **Woh 2.3** – KGR D1.1 mit 2x18W TC-L / Siehe auch Gliederungsteil: e.2 – Standort **LCR-I-014-S**



3.62 // Simulation straßenräumliche Lichtverteilung: Woh 2.4 – KGR C2.1 mit 2x18W TC-L

>> Leuchtenverteilung
nach Flächennutzung:

>> Begutachtung örtlicher Gegebenheiten:



3.63 // Darstellung lichttechnische Ergebnisse: Woh 2.4 – KGR C2.1 mit 2x18W TC-L / Siehe auch Gliederungsteil: e.2 – Standort LCR-I-049-NO

>> Statistik energetischer und lichtquantitativer Aspekte:

3.2 Zusammenfassung, Bewertung und Empfehlungen

Aus den einzelnen Aspekten der Betrachtung "Raum und Verteilung" lassen sich nunmehr die in Kapitel b.2 geführten Bewertungen und Empfehlungen vervollständigen.¹⁰⁾

3.2.1 Zusammenfassung

- Entlang der Grundgesamtheit befinden sich mit ca. 60 % die meisten Leuchten in Wohngebieten – hier vorrangig KGR-Typ A1.1 mit 49 % und KGR-Typ C1.1 mit ca. 25 % der Teilgesamtheit.
- Die zweitgrößte Menge an maßgeblich funktionalen Leuchten ist mit ca. 23 % entlang des Vorbehaltsnetzes positioniert – 56 % bestehen hier aus dem KGR-Typ A2.1, 14 % aus KGR-Typ B1.1 und ca. 12 % aus KGR-Typ A1.1.
- Ungefähr 52 % aller dekorativen Leuchten des Typs KGR D1.1 befinden sich in Wohngebieten, während ca. 31 % des Typs in Zentrenbereichen positioniert wurden. Der Rest verteilt sich in geringen Mengen auch auf die übrigen Stadtbereiche.
- Ungefähr 4,5 % aller Leuchten liegen im Naturraum der Stadt.
- In Gewerbegebieten befinden sich ca. 5 % aller Leuchten (maßgeblich in technischer Bauweise) – KGR-Typ A1.1 mit ca. 36 % und KGR-Typ C1.1 mit ca. 24 % in GK 1 (vorrangig bebaut).
- In Gewerbegebieten befinden sich auch dekorative Leuchten – in Gewerbegebieten der Kategorie GK 1 bestehen ca. 27 % aller Leuchten der Gebietskategorie aus dem dekorativen Typ E1.2.
- 202 Leuchten befinden sich unmittelbar im hochwachsenden Straßenbegleitgrün. Eine darüber hinausgehende Menge an Leuchten steht in unmittelbarer Nähe dazu, so dass das Licht nicht vollständig auf die Funktionsflächen auftreffen kann. Bei Hochdrucklampen entstehen dabei starke Schatten.
- Leuchtstellen an mehreren Straßen- und Wegezügen dienen Einrichtungen, die vorrangig temporär, das heißt, kurzzeitig in bestimmbar Morgen- oder Abendstunden genutzt werden.
- Ungefähr 6 % aller Leuchten zeigen aufgrund ihrer Lage und Bauweise Streuverluste in private oder öffentliche Grünbereiche, Büschen und Hecken, Freiflächen oder auch in private Wohninnenbereiche hinein.
- 88 Leuchtstellen befinden sich in Stadtgebieten, die noch nicht oder nur sehr geringfügig bebaut bzw. baulich entwickelt sind und somit keine unmittelbare Funktion zeigen.
- 493 Leuchtstellen befinden sich im unbebauten bzw. sporadisch bebauten Außenbereich der Stadt.
- Bei ca. 400 Leuchtstellen konnte eine hohe Leuchtdichte festgestellt werden. Hier wurde nach Positionierungslogik geplant oder bei Neuplanung der vorherige Bestand nicht berücksichtigt.
- Bei ungefähr 10 % aller Leuchten ist das Modell oder die generelle Positionierung der Leuchtstellen defizitär.
- Die ca. 8.350 Leuchtstellen in Castrop-Rauxel reihen sich zu einer Strecke von insg. 243 Kilometern auf – davon befinden sich 221 Kilometer im Innen- und 22 Kilometer im Außenbereich. Damit sind ca. 71 % des Straßen- und Wegenetzes als "beleuchtet" zu bezeichnen.
- Für die größten Leuchtenmengen am Vorbehaltsnetz bzw. an Wohnstraßen können Lagemaße zum Lichtaufkommen, Lichtpunktabstand, Jahresverbrauch und zur Anschlussleistung ermittelt werden, die als Maßstab zukünftiger Beleuchtung dienen können und mit deren Hilfe sich Handlungsbereiche innerhalb der Stadt identifizieren lassen.

10) Siehe hierzu auch Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2 und 2.2.3

- **Lichtaufkommen:** Die mittleren 50 % aller Straßen im "Vorbehaltsnetz 1" (DTV > 7.000) kennzeichnet ein produzierter Lichtstrom zwischen 407 und 685 Kilolumen pro Kilometer. "Vorbehaltsnetz 2" (DTV < 7.000) = 100 und 305 Kilolumen pro Kilometer. Wohnstraßen mit Hauptverkehr = 75 und 145 Kilolumen pro Kilometer. Wohnstraßen mit Nebenverkehr = 70 und 103 Kilolumen pro Kilometer.
- **Lichtpunktabstand:** Die mittleren 50 % aller Straßen im "Vor 1" kennzeichnet ein Lichtpunktabstand zwischen 15 und 30 Metern. "Vor 2" = ca. 29,5 und 43,5 Meter. "Woh 1" = ca. 31 und 39 Meter. "Woh 2" = 28 und 39 Meter.
- **Jahresverbrauch:** Die mittleren 50 % aller Straßen im "Vor 1" kennzeichnet ein Jahresverbrauch zwischen ca. 13.700 und 25.000 Kilowattstunden pro Kilometer. "Vor 2" = ca. 4.500 und 10.900 kWh/km. "Woh 1" = ca. 4.600 und 8.100 kWh/km. "Woh 2" = ca. 4.400 und 7.100 kWh/km.
- **Anschlussleistung:** Die mittleren 50 % aller Straßen im "Vor 1" kennzeichnet eine Anschlussleistung zwischen ca. 4,9 und 8,3 Kilowatt pro Kilometer. "Vor 2" = ca. 1,6 und 3,8 kW/km. "Woh 1" = ca. 1,3 und 2,1 kW/km. "Woh 2" = ca. 1,2 und 1,9 kW/km.
- Je nach KGR-Typ und Straße kann die Aufhellung seitlich anliegender Gebäude (bzw. deren Fenster) im unteren Bereich (1,5 m ab Schnittpunkt Gehweg) bis zu 17 Lux betragen. In höher liegenden Fassadenzonen nimmt die Aufhellung entsprechend zu, so dass ein hoher Lichteinfall in entsprechende Innenbereiche zu erwarten ist.
- Das mit dem KGR-Typ A2.1 beleuchtete Vorbehaltsnetz kennzeichnet eine hohe Gleichmäßigkeit der Beleuchtung. Die Beleuchtung über seitliche Mastträger wird dahin gehend signifikant von Straßenbegleitgrün in ihrer Gleichmäßigkeit beeinflusst. Zudem ist die Gefahr der Innenraumaufhellung an der der rückwärtigen Leuchtenseite sehr hoch und die Beleuchtung beider Straßenseiten bzw. Gehwege ungleichmäßig.
- Die Leuchtentypen der Klasse D sowie C2.1 und C2.2 sind als Straßenbeleuchtung ungeeignet. Ihre Lichtqualität und energetische Effizienz ist stark defizitär.
- Die Straßenbeleuchtung in Castrop-Rauxel erfüllt bis auf situative Ausnahmen nicht oder nicht vollständig die Gütekriterien der Norm – weder Neuanlagen nach DIN EN 13 201 noch der Altbestand nach DIN 5044.

» Lichtverteilung im Straßenraum:



3.64 // Gefahr der Innenraumaufhellung

3.2.2 Bewertung und Maßnahmenempfehlungen

zu a) Leuchtenverteilung nach Gebietstyp

Bewertung

Die meisten Leuchten – und damit das höchste Potenzial etwaiger Einsparmaßnahmen – befinden sich in Wohngebieten und am Vorbehaltsnetz der Stadt. Der maßgebliche Handlungsbereich liegt demnach im unmittelbaren Wahrnehmungsraum der Bürgerschaft. Änderungen des Betriebscharakters nach Zeit- oder Lichtqualität werden je nach Ausgestaltung persönliche Betroffenheit hervorrufen und sollten möglichst ausgewogen und mit einem hohen Maße an Kommunikation ablaufen.

Der Großteil dekorativer Leuchten des neueren Bestands – hier KGR-Typ D1.1 – sind in Wohnbereichen positioniert worden. Ebenso lässt sich dieser Typ in Gewerbegebieten finden. Dies ist insofern defizitär, als die geringe Effizienz und Lichtqualität dieses Typs keine geeignete Beleuchtung für Wohnstraßen darstellt. Ebenso eröffnet sich mit den rotationssymmetrischen Optiken die Gefahr der Raumaufhellung privater Wohnungen.¹¹⁾

Zudem ist zu beobachten, dass die mit der Erschließung neuer Entwicklungsgebiete installierten Leuchtstellen auch direkt betrieben werden. So werden Straßen beleuchtet, die keinem oder nur sehr geringfügigen Zweck dienen.¹²⁾

Maßnahmenempfehlungen

Veränderungen unter Beteiligung der Bürgerschaft vollziehen.

- Übergeordnete Maßnahmen bei Veränderung des Betriebscharakters nach Zeit- oder Lichtqualität sollten ausführlich kommuniziert werden → Eine ausführliche Erläuterung der Maßnahme und das Aufzeigen ökonomischer oder ökologischer Vorteile wird die Akzeptanz der Maßnahme steigern.
- Örtliche und wahrnehmbare Veränderungen des Lichtsystems sollten unter Beteiligung der Bürgerschaft vollzogen werden → Auch hier wird die Beteiligung zur Akzeptanz der Maßnahme beitragen.

Dekorative Leuchten in Wohn- und Gewerbegebieten vermeiden.

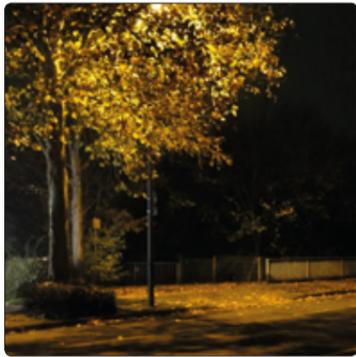
- Diese Leuchtentypen sind ineffizient und zur Beleuchtung von Straßen wenig geeignet → Ihre vermeintlich dekorative Architektur vernachlässigt den Zweck der Beleuchtungsanlage.

Leuchten in nicht entwickelten Bereichen abschalten.

- Der Anlagenbau ist unmittelbar mit der Straßenerschließung verbunden, der Betrieb hingegen kann bis zur Entwicklung des Bereichs ausgesetzt werden → Der Betrieb der Anlagen ist verschwendete Energie und belastet die belebte Umgebung durch verzichtbare Lichtemission.

11) Abbildung // 3.64 veranschaulicht die Gefahr der Aufhellung privater Innenräume aufgrund der Konstruktionsart und Positionierung der Leuchte. Siehe hierzu auch Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.6 sowie Kapitel b.2, Pkt. 2.2.2 c)

12) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.7 – Abbildungen // 7.7 und // 7.8



3.65 // Eingewachsene Leuchte



3.66 // Streuverluste in Vegetationszonen



3.67 // Beleuchtung eines Waldwegs



3.68 // Leuchte ohne Relevanz und Nutzen

zu b) Örtliche Leuchtstellenevaluation

Bewertung

Die örtliche Leuchtstellenevaluation hat ergeben, dass viele Mastleuchten in Baumkronen oder Sträuchern eingewachsen sind und sich die Beleuchtungsqualität auf den Nutzflächen dementsprechend schlecht darstellt. Auch die Lichtwirkung von Leuchten in unmittelbarer Nähe zu Bäumen ist hiervon betroffen.¹³⁾ In der Planung sind insbesondere Leuchten am Mastträger in ausreichender Distanz zu Bäumen zu positionieren, bzw. sollte in der Baumplanung die Beleuchtung berücksichtigt und abgestimmt sein. Beim heutigen Bestand sollte eine regelmäßige Ausästung erfolgen. Unter Bezugnahme auf den Beleuchtungsvertrag ist hier hinzuzufügen, dass der Betreiber vertraglich nur die Ausästung nach notwendiger "Sicherheit der Beleuchtungsanlage" durchführt – nicht bei Reduktion der Beleuchtungsqualität. Es ist anzuraten, diesen Aspekt bei Neufassung des Vertrags zu überarbeiten.¹⁴⁾ Zudem veranschaulicht dieser Aspekt nochmals die Vorzüge des straßenmittigen Seilträgers bzw. weiter Mastausleger.¹⁵⁾

Des Weiteren wurde ersichtlich, dass Leuchten auch an Wegen positioniert sind, deren anliegende Einrichtungen zu festgelegten Zeiten (Sportplätze, Schulen, ÖPNV usw.) genutzt werden. Hier ergibt sich die Möglichkeit eine auf die Nutzungszeiten abgestimmte Schaltung einzurichten, um eine etwaig nutzlose Beleuchtung über den Nachtverlauf zu vermeiden.

Die örtliche Begutachtung konnte zudem die o. g. Gefahr der Wohninnenraumaufhellung auf einzelne Situationen beziehen und dabei Leuchtstellen identifizieren, die weitere Streuverluste in Freiflächen, Vegetationszonen oder private Gärten vorweisen.¹⁶⁾ Eine öffentliche Beleuchtung dieser Bereiche ist ohne Nutzen und störend für die Anwohnerschaft.

Die Begutungskategorie "B1" – bestehend "B1.1" und "B1.2" – konnte auf ca. 500 Leuchtstellen bezogen werden. So befinden sich 295 Leuchten im unbebauten Natur- und Außenraum; 198 Leuchten im sporadisch bebauten Außenraum – ihre etwaige Relevanz kann sich aus einem Lichtbedarf anliegender Anwohner ergeben, was im Einzelfall zu ermitteln ist. Insgesamt wäre hierbei eine Grundsatzentscheidung zu treffen, ob sporadisch bebaute Straßen eine generelle Beleuchtungsrelevanz besitzen. In der Konsequenz müsste dann ein gleichwertiger Anlagenneubau überall dort erfolgen, wo bisher keine Leuchten vorhanden sind. Der Leitsatz "Innen- vor Außenentwicklung" des Flächennutzungsplans sollte jedoch solch ein Szenario ausschließen [b29].

Die Beleuchtung des Außenraums sollte aus zwei Gründen ausgeschlossen, bzw. ein Rückbau betroffener Anlagen eingeleitet werden. Zum einen ist – wie erwähnt – keine gleichwertige Beleuchtungssystematik ersichtlich. Das heißt, dass der Großteil der Straßen im Außenraum nicht beleuchtet ist und einige Abschnitte nur noch aus historischen Gründen mit Leuchten ausgestattet sind. An vielen betroffenen Straßen liegen

- 13) Abbildung // 3.65 veranschaulicht die starke Schattenbildung auf der Straßenoberfläche. Siehe auch Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.8
- 14) Siehe hierzu auch auch Kapitel b.2, Pkt. 2.2.2 a): Vertragsinhalte
- 15) Siehe hierzu auch auch Kapitel b.2, Pkt. 2.2.2 d)
- 16) Abbildung // 3.66 zeigt Streuverluste durch unnötige Beleuchtung der anliegenden Vegetationszone. Siehe auch Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.9

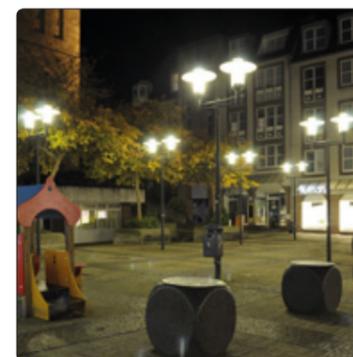
+

Regulierbare Faktoren

- **Lichtspektrum:** Natriumdampf Hochdrucklampen und LED zeigen das geringste Anflugverhalten.
- **Intensität:** Sowohl die Anzahl der Leuchten als auch ihre Leistung ist auf das Geringste zu beschränken.
- **Kontur und Oberfläche der Leuchte:** Gehäusetemperaturen sollten mit weniger als 60° C betrieben werden.
- **Leuchtenkonstruktion:** Das Gehäuse sollte dicht schließen (IP 65) und Licht nur in eine Richtung abgeben.
- **Standort und -höhe:** Empfindliche Biotope dürfen nicht beleuchtet werden. Reichweite beachten und Leuchten niedrig installieren.
- **Leuchtzeiten:** Der Betrieb ist auf Tages- und Jahreszeiten auszurichten. Insbesondere Haupt-Aktivitätsperiode von Insekten: Juni bis August. Vogelbrutzeiten: März bis September. Vogelzug: Februar bis Mai sowie August bis November. Krötenwanderung: März bis April.



3.69 // Beleuchtung der Zuwegung einer Firma



3.70 // Übermäßige Leuchtenpositionierung

keine Gehwege an, womit ein zu schützender Fußgängerverkehr bereits aufgrund der Wegeausstattung ausgeschlossen werden muss.¹⁷⁾ Eine Ausnahme bilden hierbei Anbindungsstraßen des Vorbehaltsnetzes zu den Nachbarstädten. Gleichwohl ist auch hier kein erheblicher Fußgängerverkehr, und durch fehlende Straßenquerungsgründe auch keine Gefahrensituation ersichtlich, der über Straßenbeleuchtung gesichert werden müsste.¹⁸⁾ Zu dem ist hinzuzufügen, dass die Beleuchtungsqualität an einigen Stellen durch zu hohe Mastabstände oder zu niedrige Beleuchtungsintensitäten ohnehin mangelhaft und ohne etwaigen Sicherungsnutzen ist.¹⁹⁾ Zum anderen darf nicht unberücksichtigt bleiben, dass der Außenbereich vorrangiger Lebensraum lichtempfindlicher Flora und Fauna ist, die es vor schädigenden Einflüssen zu schützen gilt. Ist die Beleuchtung im Außenraum hingegen zwangsnotwendig, sollte die Beleuchtung so ausgeführt werden, dass Beeinträchtigungen minimiert sind (+).

Die entwickelte Begutungskategorie "B2" adressiert Leuchtstellensituationen – maßgeblich im Innenbereich –, bei denen örtlich keine Relevanz der Beleuchtung ersichtlich ist.²⁰⁾ Dabei handelt es sich z. B. um Straßenendbereiche mit ein oder zwei Anliegern oder um Situationen, bei der ein grundlegender Nutzen der öffentlichen Beleuchtung infolge geringster Verkehrserwartung nicht ersichtlich wird. Unter Kategorie "B2" fallen auch Situationen, die über alternativ beleuchtete Wege in direkter Nähe umgangen werden können. Die kommunale Leistung kann letztlich nicht darin liegen, sämtliche Wegezüge zu beleuchten.

Unter Kategorie "B3" konnten Leuchtstellen identifiziert werden, die an ausgewiesenen Privat- und Firmenwegen oder deren Zuwege liegen.²¹⁾ Diese Beleuchtungen sollten aus dem öffentlichen Auftrag genommen werden, da hier keine öffentlichen Interessen bedient werden. Was in der örtlichen Begutachtung nicht überprüft werden konnte, ist, ob die identifizierten Leuchtstellen bereits entsprechende Verträge mit den jeweiligen Anliegern ausgelöst haben und ob sie in der Datenstruktur nachrichtlich geführt werden.

Die entwickelte Begutungskategorie "B4" verweist im Gegensatz zu den vorherigen nicht unmittelbar auf einen etwaigen Rückbau. Zum einen wurden hier Situationen erfasst, die aufgrund stadtgestalterischer Belange oder lichttechnisch ineffizienter Anlagen eine Übermenge an Leuchten vorweisen. Auch kann es vorkommen, dass bei Neuplanungen der nahe liegende Bestand nicht berücksichtigt, d. h. etwaig nicht zurückgebaut wurde.²²⁾ Ebenso wie die Leuchtstellen der Kategorie "V1" sollten diese Situationen in ihrer Leuchtenkumulation reduziert, bzw. angepasst werden. Kategorie "V2" zeigt Leuchtstellen im Innenbereich, die sehr weite Mastabstände vorweisen. Hier gilt es zu prüfen, ob und inwiefern diese Situationen zu verbessern sind.

17) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.1

18) Vgl. hierzu beispielsweise vorhandene Straßenbeleuchtung B253 zwischen A2 und Hebewerkstraße in Henrichenburg mit nicht vorhandener Straßenbeleuchtung B253 zwischen Ohmstraße und Engelsburgplatz.

19) Siehe hierzu Suderwicher Straße oder Mengeder Straße.

20) Abbildung // 3.68 zeigt eine eingewachsene Leuchte am Ende eines Wendehammers.

21) Abbildung // 3.69 veranschaulicht exemplarisch die Beleuchtung einer Zuwegung zum Rütgers-Unternehmen. Siehe auch Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.10

22) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.7 – Abbildung // 7.11

Maßnahmenempfehlungen

Straßenbegleitgrün und Beleuchtung abstimmen.



- Straßenbegleitgrün, das unmittelbar an Leuchten positioniert ist, sollte regelmäßig so beschnitten werden, dass die Beleuchtungsqualität nicht gemindert wird → Der Betrieb eingewachsener oder verdeckter Leuchtstellen ist ineffizient und dem Zweck der Beleuchtung zuwiderlaufend.
- Die vertragliche Regelung des Rückschnitts sollte auf generelles Einwachsen der Leuchtstellen eingehen → Bisher erfolgt die Ausästung durch den aktuellen Betreiber nur nach notwendiger "Sicherheit der Beleuchtungsanlage".
- Bei Neuplanungen sollten Baum- und Beleuchtungszonen aufeinander abgestimmt werden → Eine Vermeidung der Überlagerung vermeidet Folgekosten durch Ausästung.
- Bei Anlagenneubau im Baumbestand sollten Seilträger oder sehr weite Mastausleger verwendet werden → Hierdurch wird die Verringerung der Beleuchtungsqualität durch eine optimierte Leuchtenposition generell vermieden.

Beleuchtung an Nutzungszeiten angleichen.



- Sofern Wege zu Einrichtungen beleuchtet werden, deren Nutzungszeit bestimmbar ist, sollten die Beleuchtungszeiten daraufhin abgestimmt werden → Der ganznächtige Betrieb solcher Leuchten und ihr entsprechender Energiekonsum kann auf den faktischen Bedarf reduziert werden.

Streuverluste vermeiden und reduzieren.



- Rundstrahlende Leuchten sollten vor allem an linearen Wegen und vor Gebäuden vermieden werden → Ihre Leuchtcharakteristik führt zu ineffektiven und schädlichen Streuverlusten.
- Bestandsleuchten, die in Innenräume oder Naturbereiche hinein leuchten, sollten mit entsprechenden Blenden ausgestattet werden → Die Lichteinwirkung in Ruheräume beeinträchtigt die menschliche Regeneration; die Lichteinwirkung in Naturräume wirkt schädigend auf Tiere und Insekten.

Abkömmliche Infrastruktur zurückbauen.



- Beleuchtungsanlagen in Naturbereichen bzw. im Außenraum der Stadt sollten zurückgebaut werden → Ihr Zweck und Nutzen ist bei inkonsequenter Behandlung sämtlicher Straßen im Außenraum sowie insbesondere bei Straßen, die keinen Fußgängerverkehr vorsehen, nicht ersichtlich. Sie wirken zudem schädigend auf die dort vorrangige Flora und Fauna.
- Leuchten, die keine (öffentliche) Relevanz besitzen, sollten zurückgebaut werden → Ihr Betrieb ist nicht notwendig.
- Leuchten an Privatwegen sollten auf eine vertragliche Auslösung geprüft werden. Liegt diese nicht vor, ist ein Rückbau anzuraten.

Licht statt Leuchtenstandorte planen.



- Jeder Beleuchtungsakt sollte vorrangig unter Prämissen der Beleuchtungsqualität und Energieverwendung erfolgen sowie unter Berücksichtigung von Alternativen geplant werden → Viele jüngere Planungen erfolgten mit ineffizienten Leuchten und unter Maßgabe einer geometrischen Positionierungslogik, was in mangelhafte Lichtqualität, wartungsintensive Instandhaltung und inadäquate Energieverwendung resultiert.
- Bei Neuplanung sollte der umliegende Bestand mitberücksichtigt werden → Eine lediglich hinzugefügte Neuanlage führt zu einer Überdimensionierung des notwendigen Lichtniveaus.



3.70 // Straße ohne Beleuchtung in Ickern

• zu c) **Energie- und Lichtverteilung: Automatisierte Ermittlung**

Bewertung

Auch in räumlicher Betrachtung zeigt der Bestand eine in energetischer und lichtquantitativer Hinsicht solide Grundstruktur. Einzelne Situationen, die zu weite oder zu nahe Mastabstände, zu hohe oder zu niedrige Anschlussleistungen sowie ein zu hohes oder zu niedriges Lichtaufkommen zeigen, können dabei als Handlungsbereich identifiziert werden. Im Gegensatz zur örtlichen Leuchtstellenevaluation kann die automatisierte Ermittlung der Energie- und Lichtverteilung somit systematisierte Hinweise zu Handlungsbereichen im Sinne des Leuchtstellenabstands, der Anschlussleistung oder des zu erwartenden Lichtaufkommens liefern. Diese Lagewerte dienen als erste Richtschnur der aktuellen und zukünftigen Beleuchtung.

Der Bezug zum Wegesystem ermöglicht zudem die Identifizierung von Straßen im Innenbereich, die bisher nicht beleuchtet werden. Diese sollten eine gleichwertige öffentliche Beleuchtung erhalten, sofern es sich hierbei nicht um Privatstraßen handelt.

Maßnahmenempfehlungen

Zielwerte aktueller und künftiger Beleuchtung bestimmen.



- In angepasster Weise kann das vorhandene Lichtsystem als Fundament der zukünftigen Lichtstruktur dienen → Folgende ausführungsorientierte Zielorientierungen werden in energetischer und lichtquantitativer Hinsicht abgeleitet:

Straßennutzungskategorie/Attribut		Vor 1	Vor 2	Woh 1	Woh 2
Lichtpunktabstand [m]	Bestand	15-30	30-43	31-39	28-39
	Zielorientierung	30-40	30-40	32-36	34-38
Anschlussleistung [kW/km]	Bestand	4,9-8,3	1,6-3,8	1,3-2,1	1,2-1,9
	Zielorientierung	< 5,0	< 2,0	< 1,5	< 1,3
Jahresverbrauch [kWh/km/a]	Bestand	13.700-25.000	4.500-10.900	4.700-8.100	4.400-7.100
	Zielorientierung	< 16.000	< 8.000	< 4.500	< 3.500
Lichtstrom DLOR [klm/km]	Bestand	407-685	100-305	75-145	71-104
	Zielorientierung	520	190	100	80

Bestand entlang Zielwerten optimieren.



- Der Bestand sollte unter Berücksichtigung der Angemessenheit entlang der Zielorientierungen geprüft und verbessert werden → Die Optimierung des Bestands muss grundlegenden Prämissen folgen (Anlagenalter, bestehende Anschlussstellen usw.). So kann die Optimierung nur entlang einer ausführungsorientierten Praxis erfolgen.²³⁾

Beleuchtungsmangel kompensieren.



- Mangelhafte oder nicht beleuchtete Straßen im Innenbereich sollten lichttechnisch überarbeitet werden → Im Innenbereich sollten möglichst gleichwertige Beleuchtungsverhältnisse hergestellt werden.

23) Siehe hierzu Kapitel b.5 Pkt. 5.1 e)

• zu d) **Lichtverteilung: Exemplarische Messung**

Bewertung

Ein Gütemerkmal der Straßenbeleuchtung ist die Aufhellung der Umgebung mit Beleuchtungsstärken, die keine Störung der Bewohnerschaft bedeuten. Hierzu gibt das Landesumweltamt NRW erste Hinweise zur maximalen Aufhellung von privaten Wohnbereichen [b31, b32]. Zwar adressiert die Richtlinie nicht die Beleuchtung des Straßenverkehrs, doch aufgrund der Tatsache, dass künstliches Licht Störungen des körperlichen oder seelischen Wohlbefindens, bis hin zu gesundheitlichen Gefährdungen verursachen kann, sollten auch Lichtemissionen der Straßenbeleuchtung diesen Güteigenschaften folgen.²⁴⁾ Aufgrund der Bedeutung des Anwohnerschutzes sollte hierbei das Ziel sein, mit geringsten Werten zu arbeiten. Mit Hilfe von kommunal bestimmten Qualitätsgrundsätzen sollten die empfohlene Werte Anwendung finden.

Bezogen auf die horizontalen Beleuchtungsstärken der Nutzflächen belegen die Messungen ein weiteres Mal die Untauglichkeit der Leuchtentypen der Klasse D sowie C2.1 und C2.2. Ihre Lichtwirkung ist über den Querschnitt der Straße deutlich mangelhaft und extrem gering – im Gegensatz zu den Leuchten am gebogenen Mast. Hier ist die Beleuchtung auf die Nutzflächen ausgerichtet, die Verteilung über den Querschnitt der Straße zufriedenstellend und die Gefahr der Schattenbildung durch PKW oder Bäume reduziert.

Die flächendeckende Messung der Strahlungsleistung im Vorbehaltsnetz konnte die hervorragende Beleuchtungsgleichmäßigkeit durch den KGR-Typ A2.1 verdeutlichen, wohingegen die Strecken mit Mastbeleuchtung eher negativ, d. h. unregelmäßig und bezogen auf die Fahrspur unterbeleuchtet hervortreten. Dagegen zeigen sich die Bereiche Altstadttring und B253/Ohmstraße stark überbeleuchtet. Auch bei den weiteren Strecken, die in jüngerer Zeit neu errichtet wurden, ist diese Tendenz zu beobachten.²⁵⁾ Hieran wird deutlich, dass Neuplanungen eine Zunahme der Beleuchtungsintensität, bei gleichzeitiger Abnahme der Gleichmäßigkeit bedeuten.

Was die Messungen zur Strahlungsleistung oder Beleuchtungsstärke nicht darstellen konnten, ist die wahrgenommene Helligkeit vor Ort. Diese ist nicht nur von der spektralen Lichtverteilung und Gleichmäßigkeit der Beleuchtung abhängig,²⁶⁾ sondern auch von den Reflexionsgraden bzw. der Materialhelligkeit der Straßenoberfläche. Hierbei sind zwei Aspekte zu berücksichtigen: Im Straßenbau ist die Aufhellung der Deckschicht zunächst mit Mehrkosten verbunden, die sich hingegen über die etwaige Verminderung des Beleuchtungsaufwands wirtschaftlich darstellen lassen (+).²⁷⁾ Zudem ist die Kenntnis der realen Reflexionseigenschaften der Fahrbahn von hoher Bedeutung für die korrekte Lichtplanung. Eine pauschale Bestimmung der Fahrbahnoberflächen vergibt die Möglichkeit der optimierten Beleuchtung und birgt damit die Gefahr der Überdimensionierung der Beleuchtungsanlage.

>> **Höchstwerte der Beleuchtungsstärke an Fenstern:**

Maßnahmenempfehlungen

Grenzwerte der Wohnraumaufhellung festsetzen.

- Die Lichteinwirkung in private Wohnräume ist bei Planung und Ausführung der Beleuchtung zu berücksichtigen → Folgende Immissionsrichtwerte sollten Anwendung finden:

Gebietsart / Beleuchtungsstärke am Fenster [lx] nach Uhrzeit [h]	20.00 bis 21.00	21.00 bis 6.00
Wohnnutzung am Vorbehaltsnetz	≤ 6	≤ 3
Wohnnutzung im Wohngebiet	≤ 3	≤ 1
Wohnnutzung im Zentrenbereich	≤ 6	≤ 3
Wohnnutzung im Gewerbegebiet	/	≤ 3

Beleuchtungsqualität und -quantität halten.

- Das vorhandene Lichtsystem nach KGR-Typ A2.1 im Vorbehaltsnetz und KGR-Typ A1.1 im Wohnstraßennetz zeigt gute Eigenschaften entlang der Lichtfarbe, Gleichmäßigkeit und Beleuchtungslage, die bei Neuplanungen nicht vernachlässigt werden sollten → Die Beleuchtungsstärke kann bei Nutzung von weißem Licht und unter Berücksichtigung hoher Gleichmäßigkeit über der Fahrbahnmitte geringer ausfallen, ohne dass die Wahrnehmung gemindert wird.
- Das aktuelle Beleuchtungsniveau im Vorbehaltsnetz nach KGR-Typ A2.1 sollte bei Umbau auf Mastsystem berücksichtigt werden → Insbesondere bei Neuplanungen im Vorbehaltsnetz ist eine Zunahme der Beleuchtungsintensität und eine Abnahme der Gleichmäßigkeit zu vermeiden.
- Neuplanungen sollten Überdimensionierungen in lichtquantitativer Hinsicht vermeiden → Die Planung sollte an den Mittelwerten ursprünglicher Beleuchtungsniveaus ausgerichtet werden.

Beleuchtung und Fahrbahnoberfläche abstimmen.

- Bei Straßenneubau oder Sanierung der Deckschicht sollte die Aufhellungen der Fahrbahn berücksichtigt werden → Die Wahrnehmung wird so ohne Anhebung des Beleuchtungsniveaus verbessert. In Konsequenz wird eine Aufhellung zu verringerten Wartungs- und Energiekosten führen.²⁸⁾
- Bei Lichtplanungen sollten die Reflexionseigenschaften der zu beleuchtenden Fahrbahn örtlich und individuell ermittelt werden → Hierdurch kann die Lichtplanung optimiert und Überdimensionierung der Beleuchtungsanlage vermieden werden.



Straßenaufhellung und Amortisation

Helle Materialien reflektieren mehr Licht und verringern Beleuchtungskosten. Bedingungen hierfür ist, dass das Beleuchtungsniveau für dunkle und helle Oberflächen dasselbe ist. Bei Straßen mit Beleuchtung ist die Wirtschaftlichkeit einer Aufhellung mit folgender Formel zu überprüfen:

$$t_{AM} = \frac{K_D}{\Delta K_I + \Delta P * K_{Str} * t_B + \Delta K_W}$$

- t_{AM}: Amortisationszeit
- K_D: Mehrkosten der Aufhellung €/m²
- Δ K_I: Einsparung Investitionskosten der Beleuchtungsanlage (Masten, Leuchten, Installation) €/m²/Jahr
- Δ P: Einsparung elek. Energie in kW/m²
- K_{Str}: Stromkosten in €/kWh
- t_B: Jährliche Betriebsstunden in h/Jahr
- Δ K_W: Einsparung Wartungskosten einschl. Lampenersatzkosten der Beleuchtungsanlage in €/m²/Jahr

Die Aufhellung ist wirtschaftlich, wenn die Liegezeit der Deckschicht größer als die Amortisationszeit ist [b33].

24) Siehe hierzu auch Kapitel b.2 Pkt. 2.1 h) und 2.1 l)
 25) Siehe hierzu Herner Straße oder Bahnhofstraße/Stadtmittelpunkt
 26) Siehe hierzu Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2 h): Natriumdampf-Hochdrucklampe
 27) Die Amortisationszeit ist hierbei abhängig vom Mehraufwand der Aufhellung und der Liegezeit der Deckschicht im Vergleich zur reduzierten Anschlussleistung und Leuchtenmenge, die mit den Strom- und Wartungskosten zusammenhängen. Siehe [b33].

28) Zudem ergibt sich hiermit eine reduziertere Aufwärmung der Fahrbahnoberfläche durch Sonneneinwirkung. Dies erhöht zum einen den Verformungswiderstand der Fahrbahndeckschicht, was für die Ebenheit der Oberfläche von hohem Vorteil ist [b33]. Zum anderen reflektieren helle Oberflächen die Sonnenstrahlung, was einer verminderten Erwärmung des Stadtklimas entgegenkommt. Entsprechende Reflexionsgrade oder Bestimmungen können unter anderem auch in Bebauungsplänen oder Gestaltungssatzungen festgelegt werden.

- zu e) **Lichtverteilung: Exemplarische Simulation**

Bewertung

Die exemplarischen Simulationen konnten die örtlichen Annahmen zu Beleuchtungsniveau und -qualität bestätigen. Für das Vorbehaltsnetz wurde die hergebrachte Beleuchtung mittels KGR-Typ A2.1 der neuen Ausführungsvariante nach KGR-Typ B1.1 gegenübergestellt. Dabei konnte insbesondere mit der Simulation des KGR-Typs A2.1 nochmals verdeutlicht werden, wie bedeutend die Gleichmäßigkeit für den Helligkeitseindruck ist. Obwohl KGR-Typ B1.1 lichttechnisch höher dimensioniert ist und sich im Bereich der Leuchtdichte den Werten der Norm eher annähert, fällt der Helligkeitseindruck infolge der Dominanz des orange-gelben Lichtspektrums sowie der höheren Blendung und verminderten Gleichmäßigkeit infolge weiter Lichtpunktabstände geringer aus. Jedoch kann mit beiden Fällen – sowie mit den Simulationen der Wohnstraßen – konstatiert werden, dass die Straßen und Wege in Castrop-Rauxel gemeinhin nicht die Kriterien entsprechender Norm erfüllen. In allen Simulationen wurden die Zielwerte der angelegten Beleuchtungsklassen nicht erreicht.²⁹⁾ Würde diese Planungshilfe mit ihren lichttechnischen Gütemerkmalen das ausgesprochene Ziel sein, müsste die Infrastruktur mengenmäßig ausgebaut werden, was mit einer drastisch höheren Stromkonsumtion und Wartungsintensität verbunden wäre. Da die vorhandene Leitungsstruktur den Rahmen der infrastrukturellen Ausstattung prägt, würden lichtquantitativ höher dimensionierte Leuchten dabei zu stärkeren Kontrasten zwischen den Lichtpunktbereichen führen. Zudem würde sich die Lichtquantität insgesamt deutlich steigern, was mit den Zielen ökologisch verträglicher Lichtnutzung nicht vereinbar wäre.

Die Abweichung von Normwerten in der Ausführung stellt für Castrop-Rauxel keine Ausnahme dar, sondern trifft für den deutlichen Großteil bundesdeutscher Straßen zu. Und sofern sie in der Planung – die richtige Einordnung der Beleuchtungsklasse vorausgesetzt – hervorgehoben wird, werden die Werte zumeist übertroffen. Kurzum: der Wert der Norm darf anerkannt, jedoch nicht überbewertet werden.³⁰⁾

Für Castrop-Rauxel ergibt sich die Möglichkeit zur Festlegung eines ab- und ausgewogenen Beleuchtungsniveaus, dass in den vergangenen Jahrzehnten erprobt und bestätigt wurde. Darüber hinaus bestehen Erfahrungen zu Qualitäten geringster Blendung, hoher Farb- sowie Helligkeitswahrnehmung durch geringe Kontraste, die nicht verloren gehen sollten. Als Richtschnur für die qualitative Weiterentwicklung der Lichtstruktur dienen zunächst die Beispiele "Vor 1.1" – unter Vorbehalt der Gefahren der Blendung und Wohnraumaufhellung³¹⁾ – und "Vor 1.3" – unter Vorbehalt der kostenintensiven Trägerart und geringer Lichtpunktabstände – für das Vorbehaltsnetz. Für Wohnstraßen dienen die Beispiele "Woh 2.1" und "Woh 2.2". Für die anderen Straßenkategorien zeigt das Konzept weitere Qualitäten und Güte Merkmale.³²⁾

» Wie vielerorts erfüllen die Straßen in Castrop-Rauxel gemeinhin nicht die Kriterien entsprechender Norm. Statt eine Angleichung des Lichtniveaus hieran empfiehlt sich die kommunale Definition eigener Kennwerte.

» Die zukünftige Lichtstruktur sollte am funktionierenden Bestand orientiert werden. Lichtqualitäten sind zu übernehmen.

29) Vorbehaltsnetz: Hier wurde nach DIN EN 13201-2 die Beleuchtungsklasse ME3c für die Fahrbahn und die Beleuchtungsklasse S3 für die Gehwege angenommen. Wohnstraßen: Hier wurde nach DIN EN 13201-2 die Beleuchtungsklasse S4 für die Fahrbahn und die Beleuchtungsklasse S5 für die Gehwege angenommen.

30) Hinweise zum Umgang mit der Norm siehe Kapitel b.6 Pkt. 6.2

31) Vergleiche hierzu Gliederungsteil: e.2 – Standorte LCR-I-027-NW und LCR-I-027-NW

32) Siehe hierzu Kapitel b.5

Maßnahmenempfehlungen

Gütemerkmale und Qualitäten kommunal bestimmen. ☑ ☑ ☑

- Die erprobten Lichtqualitäten und Beleuchtungsniveaus der Stadt sollten bei Neuplanungen als Maßgabe dienen → Die Abweichung von Normwerten ist alltägliche Realität. Sofern ein bestimmtes Maß an Qualität berücksichtigt wird, ergeben sich keine besonderen Risiken.

Überdimensionierung der Beleuchtung vermeiden. ☑ ☑ ☑

- Bei Güte Merkmalen von Beleuchtungsniveaus – ob nach Norm oder Bestand – sind Mindestwerte gleichzeitig als Höchstwerte anzusetzen → Überdimensionierung ist ein qualitatives Defizit, das zumeist keine Beachtung erfährt.
- Eine etwaige Definition der Beleuchtungsklasse sollte möglichst genau an den örtlichen Bedingungen ausgerichtet werden → Eine pauschale Bestimmung von Beleuchtungsklassen wird zu Fehldimensionierungen führen.
- In der Planung sollte mittels Varianten stets geprüft werden, inwiefern etwaige Klassifizierungen tiefer interpretiert werden können → Die konsequente Beleuchtung nach Norm würde deutliche Kostensteigerungen sowie ökologische und wahrnehmungsrelevante Defizite auslösen.

3.2.3 Fazit

Der maßgebliche Leuchtenbestand befindet sich im unmittelbaren Wahrnehmungsraum der Bürgerschaft. Zudem ist die nächtliche Beleuchtung in hohem Maße mit subjektiven Sicherheitsempfindungen verknüpft, auch wenn die faktische Betroffenheit über die ganze Nacht weitgehend ausgeschlossen werden kann. So werden Eingriffe in die beleuchtungsrelevante Infrastruktur je nach Maßnahme deutlich spürbar. Veränderungen müssen demnach ausgiebig kommuniziert und gemeinsam mit der Bürgerschaft geprüft werden, um eine hohe Akzeptanz bei allen "Betroffenen" zu gewinnen. Jedoch sind in der Stadt zahlreiche Situationen ausfindig zu machen, bei denen die Beleuchtungsrelevanz gar nicht (mehr) bestimmbar ist, bei denen z. B. Leuchten im menschenleeren Naturraum betrieben werden oder sich in Betriebsumständen befinden, die den Beleuchtungsvorgang fragwürdig erscheinen lassen, da das Licht nicht auf Nutzflächen fällt, sondern als Streuverlust vergeht. Zu diesen fragwürdigen Betriebsumständen gehört auch eine Anzahl an Leuchten, die in Bäumen eingewachsen ist oder in dichter Nachbarschaft dazu lediglich starke Schatten auf den Straßen und Wegen produziert. Eine systematische Optimierung des Bestands und eine generelle Vermeidung solcher Betriebsumstände durch fachgebietsübergreifende Abstimmungen ist angezeigt.

Insbesondere bei Neuerrichtung von Hochdrucklampen am Mastträger ist die Gefahr gegeben, dass rückwärtige Gebäude bzw. deren Fenster aufgeht und die Nachtruhe der Anwohnerschaft beeinträchtigt wird. Auch hier können Anpassungen im Bestand vorgenommen werden. Diese und weitere Optimierungsmaßnahmen wurden örtlich bestimmt und auf die einzelnen Leuchtstellen bezogen, so dass die Anpassung schrittweise ablaufen kann. Sofern es sich hierbei um den Rückbau von Infrastruktur handelt, sollten diese Maßnahmen nicht als Merkmalsträger eines gesellschaftlichen Rückschritts verstanden werden, sondern als ökologisch bewusster

» Beleuchtungsänderungen sollten unter Bürgerbeteiligung stattfinden, um die Akzeptanz zu steigern.

» Viele Leuchten zeigen keinen deutlichen Nutzen, sind in negativen Betriebsumständen oder verursachen schädliche Streuverluste. Ihre Optimierung ist angezeigt.

» Im Sinne einer ökologisch nachhaltigeren Stadtgesellschaft, ist Rückbau von Infrastruktur nicht als Rückschritt, sondern vielmehr als Fortschritt zu verstehen.

» Ein gleichartiges und -wertiges Beleuchtungsprinzip für die Stadt benötigt politische Beschlussfassung.

» Ein gleichartiges und -wertiges Beleuchtungsprinzip für die Stadt bedeutet: Ein Außenraum ohne Straßenbeleuchtung sowie ähnliche Licht- und Energiekennwerte entlang übereinstimmender Straßenkategorien.

» Die Beleuchtung sollte stets in Zusammenhang mit der räumlichen Umgebung geplant werden.

» Der Wert der Norm darf anerkannt, jedoch nicht überbewertet werden. Für Castrop-Rauxel ergibt sich die Möglichkeit, ein Beleuchtungsniveaus nach Maßgabe des erprobten und bestätigten Bestands zu definieren.

Fortschritt sowie konsequenter Schritt zu einem gleichartigen Beleuchtungsprinzip nach Raumnutzung. Insbesondere hier bedarf es der politischen Beschlussfassung, da Einzelinteressen – die sich infolge der Gewöhnung an bestimmte Beleuchtungssituationen festigen konnten – in betreffenden Situationen zugunsten der Interessen des Gemeinwohls vermittelt werden müssen.

Wie benannt, sollte die Beleuchtung einem Prinzip der Gleichartigkeit folgen. Und das in drei Punkten: Erstens ist der genannte Außenraum prinzipiell von Straßenbeleuchtung frei zu halten, so wie es in vielen Beispielen Castrop-Rauxels bereits erfolgt. Zweitens ist der Bestand unter Berücksichtigung der Angemessenheit langfristig an energetische und lichtquantitative Zielorientierungen anzupassen. Die Zielorientierungen sind dabei ausführungsorientiert angelegt, so dass Teilbereiche bereits heute den Kennwerten entsprechen – nicht zuletzt demonstriert sich hieran die teilweise solide energetische Grundstruktur des Castrop-Rauxeler Lichtsystems. Drittens bedeutet Gleichartigkeit, dass Straßen und Wege, die zwar eine Beleuchtungsrelevanz jedoch keine Beleuchtung besitzen, eine entsprechende Ausstattung erhalten. In diesem Neubau- bzw. im Umbauprozess insgesamt sind die erprobten Lichtsituationen des befriedigenden Bestands beispielgebend für die zukünftige Lichtstruktur. Ihre Gütemerkmale und Lichtqualitäten können konzeptionell beschrieben, politisch festgelegt und auf Neubaumaßnahmen angewendet werden.

Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass insbesondere jüngere Maßnahmen mittels dekorativer oder lichtintensiver Leuchten eher eine defizitäre Entwicklung darstellen. Diese kann mit Hilfe der vorliegenden Planung angepasst werden, um nicht in eine ineffiziente oder ökologisch bedenkliche Praxis zu resultieren. Darüber hinaus ist nicht nur auf die Lichttechnik zu achten. Lichtwahrnehmung steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der baulichen Beschaffenheit der Umgebung. Konkret heißt dies, dass eine auf Beleuchtung hin abgestimmte Aufhellung der Straßen- und Wegeoberflächen einer energetischen Lichtverwendung entgegenkommt. Eine integrierte Lichtplanung, die Umgebungselemente wie z. B. Bäume, Materialien wie z. B. helle Oberflächen oder Nutzungszeiten wie sie z. B. durch die gesellschaftlichen Aktivitätsmuster gezeigt werden, berücksichtigt, ist ein Synonym für langfristige Kosten- und Verbrauchsoptimierung.

Dabei darf Licht und Beleuchtung nicht ausschließlich auf Fragen des Energieverbrauchs verkürzt werden. Das Ziel ist ein ausreichendes Lichtniveau unter vertretbaren Verbrauchswerten. Doch das Prädikat "ausreichend" hierbei an gegebener Normung abzutragen, wäre ebenfalls verkürzt. Die wenigsten Straßen in Castrop-Rauxel – so wie in der gesamten Bundesrepublik – entsprechen den normierten Beleuchtungsmerkmalen. Wäre diese Planungshilfe ausschließliches Kriterium für die Ausführung, müsste das Lichtaufkommen in Castrop-Rauxel deutlich erhöht werden, was gleichsam eine Erhöhung der Kosten bedeuten würde und zudem ökologisch bedenklich wäre. Zwar darf der Wert der Norm anerkannt, jedoch nicht überbewertet werden. Für Castrop-Rauxel ergibt sich die Möglichkeit zur Festlegung eines ab- und ausgewogenen Beleuchtungsniveaus, das in den vergangenen Jahrzehnten erprobt und bestätigt wurde. Als Richtschnur für die qualitative Weiterentwicklung der Lichtstruktur dienen vorhandene Beispiele, die mithilfe zusätzlicher Qualitätskriterien vervollständigt werden können – das Konzept zur Lichtstruktur benennt hierfür Kennwerte und Planungshilfen.

» Folgende Maßnahmenempfehlungen werden ausgesprochen:

- **Leuchtenverteilung nach Gebietstyp**
Veränderungen unter Beteiligung der Bürgerschaft vollziehen. Dekorative Leuchten in Wohn- und Gewerbegebieten vermeiden. Leuchten in nicht entwickelten Bereichen abschalten.
- **Örtliche Leuchtstellenevaluation**
Straßenbegleitgrün und Beleuchtung abstimmen. Beleuchtung an Nutzungszeiten angleichen. Streuverluste vermeiden und reduzieren. Abkömmliche Infrastruktur zurückbauen. Licht statt Leuchtenstandorte planen.
- **Energie- und Lichtverteilung: Automatisierte Ermittlung**
Zielwerte aktueller und künftiger Beleuchtung bestimmen. Bestand entlang Zielwerten optimieren. Beleuchtungsmangel kompensieren.
- **Lichtverteilung: Exemplarische Messung**
Grenzwerte der Wohnraumaufhellung festsetzen. Beleuchtungsqualität und -quantität halten. Beleuchtung und Fahrbahnoberfläche abstimmen.
- **Lichtverteilung: Exemplarische Simulation**
Güte- und Qualitätskriterien kommunal bestimmen. Überdimensionierung der Beleuchtung vermeiden.

b.4 Szenarien und Potenziale

4.1 Zeit	135
Änderung der Schaltzeiten nach Straßenkategorie	135
Zeitliche Ausweitung der Halbnachtschaltung	135
Mengenmäßige Ausw. der Halbnachtschaltung	136
Nächtliche Abschaltung	137
4.2 Raum	137
Raumdifferenzierte Abschaltung	137
Kriteriengeleiteter Rückbau	138
4.3 Technik	139
Austausch der Vorschaltgeräte	139
Umbau des Seilsystems	139
4.4 Abschätzung und Perspektiven	140
Abschätzung	140
Kurz- und mittelfristig ausführbare Maßnahmen	142
Einsparperspektiven	143
Vorbehalte	143

» Fortfolgend werden die Stellschrauben zur Einsparung von Energie und Kosten einzeln vorgestellt. Die Wirtschaftlichkeit kann erst bei Kenntnis der Änderungskosten und des Anlagenalters bestimmt werden.

» Eine nach Straßenkategorien differenzierte Veränderung der Ein- und Ausschaltzeiten ist zukünftig denkbar, jedoch nur wenig ergiebig.

» Die Ausdehnung der Halbnachtschaltung ist je nach Zeitraum ertragreich und technisch ausführbar.

4 Szenarien und Potenziale

Ausgangspunkt der zukünftigen Lichtstruktur soll der auf das Zielsystem bezogene Bestand sein, der in Kapitel b.2 nach technischer Bedingung sowie in Kapitel b.3 nach räumlicher Wirksamkeit untersucht wurde. Darauf aufbauend werden Einsparpotenziale entlang zeitbezogener, raumstrukturell abgeleiteter sowie technischer Änderungen dargestellt. Aussagen zur Wirtschaftlichkeit können erst nach Kenntnis der Änderungs- bzw. Investitionskosten auf Grundlage des Anlagenalters getroffen werden.

4.1 Zeit

a) Änderung der Schaltzeiten nach Straßenkategorie

Auch unter etwaiger Berücksichtigung der Norm ist es möglich, Einschaltzeiten an die bewerteten Straßenhelligkeiten anzupassen. Mit differenzierten Schwellenwerteneinstellungen getrennter Schaltgruppen wäre es möglich, untergeordneten Straßen andere Schaltzeiten zuzuweisen, als z. B. Hauptstraßen. Eine Modellrechnung: In Bezug zur Norm kann eine Hauptverkehrsstraße je nach Fallentscheidung mit einer exemplarisch umgerechneten Beleuchtungsstärke von $> 20 \text{ Lux (lx)}$ bewertet werden; eine Anliegerstraße hingegen mit Werten $< 5 \text{ lx}$. Der dämmerungsbedingte Leuchtstärkeabfall von 20 lx auf 5 lx kann bei diesem Beispiel theoretisch mehr als 10 Minuten betragen. Wäre ein derartiges Schaltmodell für Castrop-Rauxel – mit einer mittleren Einteilung der Straßen in 20 % Hauptverkehrs- (20 lx), 15 % Sammel- (10 lx) und 65% Nebenstraßenbeleuchtung (5 lx) – anzulegen, so würde sich bei einer Schaltstaffelung von jeweils 5 Minuten eine Einsparung in den Anlagenbetriebsstunden von ca. 1% einstellen. Da die DIN EN 13201 in ihren ME-Klassen eine Hauptverkehrszone umgerechnet auch mit 50 lx bewerten kann, dürfte das Einsparpotenzial einer gestaffelten Einschaltung auch deutlich höher ausfallen.⁰¹⁾ Sofern die technischen Möglichkeiten zur differenzierten Schaltung bestehen, Laufzeiten der Rundsteueranlage wegfallen und Lampen ohne Anlaufzeiten (z. B. LED) verwendet werden, können die Schaltschwellen um mehr als die Hälfte verringert werden, was eine Betriebsstundenreduktion von ca. $> 3 \%$ oder 62.000 kWh bedeuten würde.

b) Zeitliche Ausweitung der Halbnachtschaltung

Ein im Vergleich recht aufwandsarm zu realisierendes Energieeinsparpotenzial bietet die zeitliche Ausweitung der Halbnachtschaltung. Derzeit werden um 22.00 Uhr die in Halbnachtschaltung betriebenen Leuchtmittel aus- und um 6.00 Uhr wieder eingeschaltet (bzw. in ihrer Leistung reduziert und erhöht).⁰²⁾ Eine Ausweitung dieses Zeitraums um eine halbe Stunde kann grob gerechnet 1 % des jährlichen Stromverbrauchs einsparen. Der Wert liegt in den frühen Abendstunden etwas höher als in den Morgenstunden. Eine noch stärkere Ausweitung der Halbnachtschaltung um beispielsweise eine ganze, zwei oder drei Stunden ließe entsprechend höhere Stromersparnisse erwarten. Jedoch steigt die Stromersparnis nicht linear zur zeitlichen Ausweitung – der Effekt schwächt sich etwas ab, je weiter man sich von den Kernnachtstunden entfernt.

Für diese Untersuchung wurden mehrere Varianten beispielhaft gerechnet. Im Maximum wurde eine Ausweitung der Halbnachtschaltung für den Zeitraum zwischen 20.00 bis 7.00 Uhr angenommen.

01) Leuchtstärkeabfall von 50 lx auf 5 lx ca. 17min.

02) Siehe hierzu Pkt. 2.1 f)

» Einsparpotenziale veränderter Zeiträume der Halbnachtschaltung:

Z1	– abends früher & morgens bis 6.00 Uhr		22.00-6.00	21.30-6.00	21.00-6.00	20.30-6.00	20.00-6.00
			Status-Quo				
Einsparung	Energie [kWh]			22.534	42.179	59.524	74.867
	CO ₂ Emission [t]			15	28	39,6	49,8
	Stromkosten [€]			4.056	7.592	10.714	13.476
	Prozentual [%]			1,1	2,1	3,0	3,7
Z1	– abends früher & morgens bis 6.30 Uhr		22.00-6.30	21.30-6.30	21.00-6.30	20.30-6.30	20.00-6.30
Einsparung	Energie [kWh]		17.712	40.245	59.891	77.235	92.579
	CO ₂ Emission [t]		11,8	26,8	39,9	51,4	61,6
	Stromkosten [€]		3.188	7.244	10.780	13.902	16.664
	Prozentual [%]		0,9	2,0	3,0	3,8	4,6
Z1	– abends früher & morgens bis 7.00 Uhr		22.00-7.00	21.30-7.00	21.00-7.00	20.30-7.00	20.00-7.00
Einsparung	Energie [kWh]		32.191	54.725	74.370	91.715	107.059
	CO ₂ Emission [t]		21,4	36,4	49,5	61	71,2
	Stromkosten [€]		5.794	9.850	13.387	16.508	19.271
	Prozentual [%]		1,6	2,7	3,7	4,6	5,3

» Einsparpotenzial bei mengenmäßiger Ausweitung der Halbnachtschaltung:

Z2	Mengenmäßige Ausweitung		22.00-6.00
	Einsparung	Energie [kWh]		400.632
CO ₂ Emission [t]			266,4
Stromkosten [€]			72.113
Prozentual [%]			19,9

» Einsparpotenzial bei nächtlicher Abschaltung:

Z3	Nächtliche Abschaltung	1 Std /	2 Std /	3 Std /	1 Std /	2 Std /	3 Std /
		7 WT	7 WT	7 WT	5 WT	5 WT	5 WT
Einsparung	Energie [kWh]	139.451	278.902	418.353	99.717	199.434	299.150
	CO ₂ Emission [t]	92,7	185,5	278,2	66,3	132,6	198,9
	Stromkosten [€]	25.101	50.202	75.303	17.949	35.898	53.847
	Prozentual [%]	6,9	13,9	20,8	5,0	9,9	14,9

Die Ersparnis würde in diesem Fall jährlich 107.059 kWh bzw. 5,3 % vom gesamtstädtischen Energiebedarf für die Straßenbeleuchtung und monetär ausgedrückt ca. 19.270 Euro (18 ct/kWh) betragen. Weitere Szenarien (Schaltzeiten) lassen sich aus der Tabelle Z1 ablesen. Die Rechnungen beziehen sich auf die derzeit in Halbnachtschaltung betriebenen Leuchtstellen und geben die Ersparnis gegenüber dem aktuellen Zeitraum (22.00-6.00 Uhr) an.

c) Mengenmäßige Ausweitung der Halbnachtschaltung

Aufwendiger zu realisieren – in der Stromersparnis aber deutlicher – dürfte die Ausweitung der Halbnachtschaltung auf eine größere Anzahl von Leuchtstellen sein, wie Tabelle Z2 zeigt. Sofern in ausnahmslos allen Leuchten ebenso ausnahmslos alle zweiten und dritten Leuchtmittel in Halbnachtschaltung betrieben würden (bzw. nach technischer Gegebenheit reduziert würden), ergäbe sich eine Stromersparnis von 400.632 kWh (19,9 % des Gesamtverbrauchs). Die monetäre Ersparnis würde 72.113 Euro betragen. Alle ersten Leuchtmittel pro Leuchte blieben bei dieser Rechnung in ihrer Betriebsart unverändert. Zudem wurde von einer zeitlich unveränderten Halbnachtschaltung ausgegangen (22.00-6.00 Uhr).

» Die Ausweitung der Halbnachtschaltung auf mehr Leuchten ist sehr ertragreich.

» Je nach Schema kann die nächtliche Abschaltung energetische Einsparungen zwischen 5 und 21 % hervorbringen.

d) Nächtliche Abschaltung

Im Bereich der zeitlichen Anpassung von Schalt- und Dimmzeiten stellt die gänzliche Abschaltung der Straßenbeleuchtung für einen bestimmten Zeitraum während der Kernnachtzeit ein besonderes Einsparpotenzial dar. Als Kernnachtzeit sei hier der Zeitraum zwischen 23:00 und 4:30 Uhr definiert, welcher ganzjährig nicht vor Sonnenuntergang beginnt bzw. nicht nach Sonnenaufgang endet. Zudem sind dies die Zeiten geringster menschlicher Aktivität. Die beispielhafte Berechnung des Energieeinsparpotenzials in Tabelle Z3 erfolgte für eine angenommene Abschaltung von einer, zwei bzw. drei Stunden während fünf bzw. sieben Wochentagen. Zu welcher Uhrzeit genau der Zeitraum der Abschaltung beginnt, ist für die Berechnung des Einsparpotenzials irrelevant, jedoch nur sofern der gesamte Zeitraum in der Kernnachtzeit liegt. Die Rechnung bezieht sich auf die Gesamtstadt, berücksichtigt aber ein sicherungsrelevantes Restlicht an Kreuzungen, Fußgängerüberwegen und Gefahrenpunkten von pauschal 10 %. Die Berechnung der zeitlich am wenigsten umfänglichen Variante (eine Stunde Abschaltung an fünf Wochentagen) ergab ein Sparpotenzial von 99.716 kWh (5,0 % des Gesamtverbrauchs) bzw. 17.949 Euro. Die umfänglichste Variante (drei Stunden Abschaltung an sieben Wochentagen) lässt eine Einsparung von 418.352 kWh (20,8 %) und 75.303 Euro erwarten.

4.2 Raum

a) Raumdifferenzierte Abschaltung

Um die nächtliche Abschaltung der Straßenbeleuchtung entlang empirisch beobachtbarer räumlicher Aktivitätsmuster zu gestalten, kann diese nach Raumkategorien differenziert werden. Für die vorliegende Kalkulierung wurden die Raumkategorien Naturraum (NR), Gewerbegebiet (GG), Wohngebiet (WG), Zentrenbereich (ZB) und Vorbehaltensnetz (VN) gewählt und berücksichtigt. Es wird für diese Potenzialrechnung von einer nächtlichen Abschaltung von zwei Stunden an fünf Wochentagen ausgegangen, allerdings eben nur in bestimmten Stadtbereichen. Die Beleuchtung von Kreuzungen, Fußgängerüberwegen wird wiederum pauschal mit 10 % aus der Berechnung genommen.

In einer ersten Variante in Tabelle R1 wurde angenommen, dass das Licht im Naturraum und in Gewerbegebieten zu benannten Zeiten ausgeschaltet bleibt. Das Vorbehaltensnetz, die städtischen Zentralbereiche sowie die Wohngebiete blieben die Nacht über beleuchtet. Die Einsparungen würden 18.332 kWh (0,9 % des städtischen Gesamtbedarfs) und 3.300 Euro betragen. Bleibt das Licht zusätzlich in den Wohngebieten ausgeschaltet, ergibt sich eine deutlich höhere Einsparung von 127.173 kWh (6,3 %) und 22.891 Euro. In dieser Variante blieben lediglich das Vorbehaltensnetz und die Zentralbereiche beleuchtet.

R1	Abschaltung nach Stadtbereich (2 Std/5 WT)		An: VN, ZB, WG Aus: GG, NR	An: VN, ZB Aus: WG, GG, NR
	Einsparung	Energie [kWh]		18.333	127.173
CO ₂ Emission [t]			12,2	84,6
Stromkosten [€]			3.300	22.891
Prozentual [%]			0,9	6,3

» Die Abschaltung könnte auch raumdifferenziert erfolgen. Je nach Gebietswahl ist das Potenzial hingegen eher gering.

» Der Rückbau abkömmlicher Leuchten ist sehr vorteilhaft, da auch Wartungskosten gespart werden.

b) Kriteriengeleiteter Rückbau

In finanzieller Hinsicht ist ein kriteriengeleiteter Rückbau vorhandener Brennstellen besonders vorteilhaft. Da in diesem Fall nicht nur die wegfallenden Stromkosten positiv zu bewerten sind, sondern zusätzlich Wartungskosten eingespart werden, ist die Möglichkeit zum Rückbau besonders prüfenswert. Alle Brennstellen des Stadtgebiets wurden entlang folgender Kriterien, die einen Rückbau nahelegen, vor Ort begutachtet:

- **B1.1:** Verkehrsweg im Außenbereich oder Naturraum/ anbaufrei/ keine querenden Verkehre/ sehr geringes Gefahrenpotenzial.
- **B1.2:** Verkehrsweg im Außenbereich oder Naturraum/ anbauarm/ evtl. querende Verkehre oder erhöhtes Verkehrsaufkommen/ Gefahrenpotenzial und Lichtbedarf gesondert zu ermitteln.
- **B2:** Einzelne Brennstelle ohne ersichtliche Relevanz (z. B. wenig frequentierte Zone, beleuchtete Zuwege als Alternative vorhanden, Straßenende mit sehr wenig Anliegern).
- **B3:** Privatweg / Firmengelände und unmittelbare Zuwege.
- **B4:** Leuchtdichte reduzieren (z. B. Überdimensionierung aufgrund stadtgestalterischer Positionierungslogik und/oder geringen Wirkungsgraden der einzelnen Leuchten).

Können alle zur Prüfung vorgeschlagenen Brennstellen vollständig zurückgebaut werden (Ausnahme Kriterium B4, hier wird eine fünfzigprozentige Rückbaubestätigung angenommen), ergäbe sich ein energetisches Einsparpotenzial von 205.787 kWh (10,1 %) sowie insgesamt ein finanzieller Vorteil von 93.809 € (Strom- und Wartungskosten) gegenüber der derzeitigen Situation. Aus Tabelle R2 lassen sich die Einsparpotenziale differenzierter ablesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Kriterium B1.2 einer eingehenden Prüfung bedarf, bevor die Brennstellen zurückgebaut werden können. Zudem ist das Kriterium B4 nicht direkt auf einzelne Brennstellen, sondern auf räumliche Bereiche bezogen, in denen nicht alle, aber ein bedeutender Teil der Brennstellen zurückgebaut werden kann. Es wurde deshalb ein Rückbau von 50 % aller Brennstellen angenommen, die mit dem Kriterium B4 gekennzeichnet sind. Zu berücksichtigen gilt es hierbei, dass die verbleibenden Leuchtstellen ggf. eine höhere Lampenleistung erhalten. Angenommen die Kriterien B1.2 und B4 können im Ganzen nicht in ihrem Rückbauvorschlag bestätigt werden, würde über die Kriterien B1.1, B2 und B3 ein energetisches Einsparpotenzial von 112.931 kWh (5,6 %) sowie insgesamt ein finanzieller Vorteil von 49.205 € (Strom- und Wartungskosten) gegenüber der derzeitigen Situation verbleiben.

R2	Rückbau entlang räumlicher Kriterien	B1.1	B1.2	B2	B3	B4 (50%)	Gesamt
Einsparung	Energie [kWh]	76.005	43.485	31.463	5.464	49.371	205.787
	CO ₂ Emission [t]	50,5	28,9	20,9	3,6	32,8	136,8
	Stromkosten [€]	13.681	7.827	5.663	983	8.887	37.042
	Prozentual [%]	3,8	2,2	1,6	0,3	2,5	10,2
	Wartung [€]	18.276	14.255	8.962	1.639	13.635	56.767
	Prozentual [%]	3,2	2,5	1,6	0,3	2,4	10,0
	Gesamt [€]	31.957	22.082	14.625	2.622	22.522	93.809
	Prozentual [%]	3,4	2,4	1,6	0,3	2,4	10,1

» Würden alle Leuchtstofflampen an elektronischen Vorschaltgeräten betrieben, könnten 11 % Energie eingespart werden.

» Der Umbau des Seilträgersystems kann unterschiedlich gestaltet werden. Es existiert ein Einsparpotenzial von bis zu 15 % in den Wartungs- und 10 % in den Stromkosten.

4.3 Technik

a) Austausch der Vorschaltgeräte

Im Bereich der Leuchten- und Lampentechnik könnten sich Einsparpotenziale durch den Austausch von Vorschaltgeräten ergeben. In Tabelle T1 wurde der Ersatz aller KVG und VVG durch EVG gerechnet – allerdings nur für diejenigen, die an Leuchtstofflampen betrieben werden, was allerdings mit 89 % dem Großteil der Lampen in der Stadt entspricht. Insgesamt ließe sich eine Stromersparnis von 225.888 kWh realisieren, was einem Anteil von 11,2 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs der Beleuchtungsanlage entspricht – monetär bedeutet dies eine Einsparung von 40.660 Euro.

b) Umbau des Seilsystems

Infolge kurzer Lichtpunktabstände bietet die in der Stadt noch stark vertretene Seilbeleuchtung deutliche Einsparpotenziale – insbesondere hinsichtlich der Wartungskosten. In einer ersten Variante wurde davon ausgegangen, dass jede zweite der eng beieinander hängenden Seilleuchten (Kreuzungsleuchten bleiben unberücksichtigt) abmontiert werden. Durch eine Drehung der verbleibenden Leuchten um 90 Grad ließe sich eine allzu starke Minderung des Beleuchtungsniveaus bzw. der Gleichmäßigkeit in Straßenrichtung vermeiden. Die Einsparung in energetischer Hinsicht würde 168.723 kWh (8,4 %) betragen. Finanzielle Bedeutung erhält die Maßnahme hingegen durch die Einsparung der Wartungskosten. Insgesamt ließen sich so (in Summe aus Strom- und Wartungskosten) 93.162 Euro einsparen. Sollte die Minderung des Beleuchtungsniveaus hingegen inakzeptabel werden, kann der Ersatz der verbleibenden Seilleuchten durch 150 Watt Natriumdampf-Hochdrucklampen (ebenfalls am Seil) eine Alternative darstellen. Wie in Tabelle T2 dargestellt, würden die Stromkosten hierbei zwar geringfügig steigen, die eingesparten Wartungskosten hingegen zu einer Gesamteinsparung von insgesamt 58.058 Euro führen. Würde der Seilträger gesamtstädtisch durch eine Mastbeleuchtung ersetzt, könnten sich jährliche Einsparungen aus Strom- und Wartungskosten von 88.795 € ergeben.⁰³⁾

03) 6-9m LPH, ca. 35m Abstand, 150 Watt Natriumdampf-Hochdrucklampe

T1	Austausch der Vorschaltgeräte	Leuchtstofflampen	
Einsparung	Energie [kWh]	225.888	
	CO ₂ Emission [t]	150,2	
	Stromkosten [€]	40.660	
	Prozentual [%]	11,2	

T2	Umbau des Seilsystems	Jede zweite Seilleuchte abmontiert	Jede zweite Seilleuchte abmontiert, Leuchtenleistung 170 W	Seilbeleuchtung durch Mast ersetzt
Einsparung	Energie [kWh]	168.723	- 30.988	16.145
	CO ₂ Emission [t]	112,2	- 20,6	10,7
	Stromkosten [€]	29.526	- 5.578	2.906
	Prozentual [%]	8,4	- 1,5	0,8
	Wartung [€]	63.636	63.636	85.889
	Prozentual [%]	11,3	11,3	15,3
	Gesamt [€]	93.163	58.058	88.795
	Prozentual [%]	10,1	6,3	9,6

4.4 Abschätzung und Perspektiven

a) Abschätzung

Die Darstellung der unterschiedlichen Szenarien zeigte deutlich, in welchem Maße die einzelne "Stellschraube" zur Reduzierung 1.) monetärer Kosten oder 2.) umweltwirksamer Emissionen beitragen kann. Im Vergleich zeigen sich folgende Relationen:

Maßnahme / relatives Potenzial		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
		1.)				
Zeit	Änderung der Schaltzeiten nach Straßenkategorie	2.)				
		1.)				
	Zeitliche Ausweitung der Halbnachtschaltung	2.)				
		1.)				
Raum	Mengenmäßige Ausweitung der Halbnachtschaltung	2.)				
		1.)				
	Nächtliche Abschaltung	2.)				
		1.)				
Raumdifferenzierte Abschaltung	2.)					
	1.)					
Technik	Kriteriengeleiteter Rückbau	2.)				
		1.)				
	Austausch der Vorschaltgeräte	2.)				
		1.)				
Umbau des Seilsystems	2.)					
	1.)					

Was hinter den Einsparpotenzialen der Stellschrauben verborgen bleibt, ist das jeweilige Ausmaß

- a) der zeitlichen Umsetzungsperspektive,
- b) des organisatorischen Umsetzungsaufwands,
- c) des Investitionsaufwands⁰⁴⁾ sowie
- d) der gesellschaftlichen Akzeptanz der Maßnahme.

Im Rahmen dieser Untersuchung kann zu diesen Punkten folgende Hilfestellung gegeben werden:

- zu a): Einschätzung entlang aktuell gegebener Voraussetzung
- zu b): Einschätzung entlang den zu beteiligenden Akteuren
- zu c): Einschätzung entlang techn./ökon. Bedingungen
- zu d): Einschätzung entlang persönlicher Betroffenheit

04) Mit einhergehender Aussage zur Gesamtwirtschaftlichkeit als Verhältnis von Ausführungskosten und Ertrag.

Änderung der Schaltzeiten nach Straßenkategorie	sehr niedrig / gering / kurzfristig	niedrig / gering / kurzfristig	mittel	hoch / aufwendig / langfristig	sehr hoch/aufwendig/ langfristig
Ertrag	[Bar chart showing high impact]				
a.) Zeitperspektive	[Bar chart showing high impact]				
b.) Aufwand	[Bar chart showing low impact]				
c.) Investition	[Bar chart showing low impact]				
d.) Akzeptanz	[Bar chart showing low impact]				
Zeitliche Ausweitung der Halbnachtschaltung	sehr niedrig / gering / kurzfristig	niedrig / gering / kurzfristig	mittel	hoch / aufwendig / langfristig	sehr hoch/aufwendig/ langfristig
Ertrag	[Bar chart showing high impact]				
a.) Zeitperspektive	[Bar chart showing high impact]				
b.) Aufwand	[Bar chart showing low impact]				
c.) Invest.	[Bar chart showing low impact]				
d.) Akzeptanz	[Bar chart showing low impact]				
Mengenmäßige Ausweitung der Halbnachtschaltung	sehr niedrig / gering / kurzfristig	niedrig / gering / kurzfristig	mittel	hoch / aufwendig / langfristig	sehr hoch/aufwendig/ langfristig
Ertrag	[Bar chart showing high impact]				
a.) Zeitperspektive	[Bar chart showing high impact]				
b.) Aufwand	[Bar chart showing low impact]				
c.) Investition	[Bar chart showing low impact]				
d.) Akzeptanz	[Bar chart showing low impact]				
Nächtliche Abschaltung	sehr niedrig / gering / kurzfristig	niedrig / gering / kurzfristig	mittel	hoch / aufwendig / langfristig	sehr hoch/aufwendig/ langfristig
Ertrag	[Bar chart showing high impact]				
a.) Zeitperspektive	[Bar chart showing high impact]				
b.) Aufwand	[Bar chart showing low impact]				
c.) Investition	[Bar chart showing low impact]				
d.) Akzeptanz	[Bar chart showing low impact]				
Raumdifferenzierte Abschaltung	sehr niedrig / gering / kurzfristig	niedrig / gering / kurzfristig	mittel	hoch / aufwendig / langfristig	sehr hoch/aufwendig/ langfristig
Ertrag	[Bar chart showing high impact]				
a.) Zeitperspektive	[Bar chart showing high impact]				
b.) Aufwand	[Bar chart showing low impact]				
c.) Investition	[Bar chart showing low impact]				
d.) Akzeptanz	[Bar chart showing low impact]				
Kriteriengeleiteter Rückbau	sehr niedrig / gering / kurzfristig	niedrig / gering / kurzfristig	mittel	hoch / aufwendig / langfristig	sehr hoch/aufwendig/ langfristig
Ertrag	[Bar chart showing high impact]				
a.) Zeitp.	[Bar chart showing high impact]				
b.) Aufwand	[Bar chart showing low impact]				
c.) Invest.	[Bar chart showing low impact]				
d.) Akzeptanz	[Bar chart showing low impact]				
Austausch der Vorschaltgeräte	sehr niedrig / gering / kurzfristig	niedrig / gering / kurzfristig	mittel	hoch / aufwendig / langfristig	sehr hoch/aufwendig/ langfristig
Ertrag	[Bar chart showing high impact]				
a.) Zeitperspektive	[Bar chart showing high impact]				
b.) Aufwand	[Bar chart showing low impact]				
c.) Investition	[Bar chart showing low impact]				
d.) Akzeptanz	[Bar chart showing low impact]				
Umbau des Seilsystems	sehr niedrig / gering / kurzfristig	niedrig / gering / kurzfristig	mittel	hoch / aufwendig / langfristig	sehr hoch/aufwendig/ langfristig
Ertrag	[Bar chart showing high impact]				
a.) Zeitperspektive	[Bar chart showing high impact]				
b.) Aufwand	[Bar chart showing low impact]				
c.) Invest.	[Bar chart showing low impact]				
d.) Akzeptanz	[Bar chart showing low impact]				

b) Kurz- und Mittelfristig ausführbare Maßnahmen

Die einzelnen Maßnahmen sind in ihrer zeitbezogenen Umsetzungsperspektive unterschiedlich zu bewerten. Unter Berücksichtigung der Verhältnisse von erwartbarem Ertrag und angenommenem Aufwand in technischer, wirtschaftlicher, organisatorischer und kommunikativer Hinsicht ergeben sich nachstehende Empfehlungen, die sich kurz- bzw. mittelfristig umsetzen lassen. Langfristige Perspektiven bleiben aufgrund ihres rein spekulativen Charakters und mangelnder Sachlichkeit unbenannt:

» Maßnahmen, die innerhalb von zwei Jahren zur Ausführung kommen sollten:

- Leuchtstellen zurückbauen.
- Halbnachtschaltung ausweiten.
- Vorschaltgeräte umrüsten.
- Seilträger umrüsten.

Kurzfristig ausführbare Maßnahmen – ca. 2 Jahre Umsetzungszeitraum

- Durchführung des kriteriengeleiteten Rückbaus von Leuchtstellen → Es wird angenommen, dass die mit den Kategorien *B.1.1*, *B2* und *B3* gekennzeichneten Leuchtstellen zu 90 % in ihrem Rückbauvorschlag bestätigt werden können. Für Kategorie *B1.2* wird angenommen, dass 60 % der gekennzeichneten Leuchtstellen nach eingehender Prüfung in ihrem Rückbauvorschlag bestätigt werden können. Und für die mit Kategorie *B.4* gekennzeichneten, dicht positionierten Leuchtstellen wird angenommen, dass diese zu 80 % kurzfristig rationalisiert werden können.⁰⁵⁾
- Zeitliche Ausweitung der Halbnachtschaltung für den Zeitbereich 21:00-6:30 → In diesen Zeiträumen ist das durchschnittliche Verkehrsaufkommen nicht signifikant höher als bei der aktuell praktizierten, willkürlich festgelegten Schaltzeit (22:00-6:00).
- Beginn der mengenmäßigen Ausweitung der Halbnachtschaltung → Es wird angenommen, dass die Halbnachtschaltung zunächst bei weiteren 30 % des Leuchtstellenbestands eingerichtet werden kann.
- Beginn der Umrüstung auf elektronische Vorschaltgeräte → Es wird angenommen, dass diese Maßnahme zunächst bei weiteren 30 % des Leuchtstellenbestands (Vorschlag: KGR A1.1b, A1.1c und A1.1e)⁰⁶⁾ vorgenommen werden kann.
- Beginn der Umrüstung des Seilsystems auf Mastträger → Es wird angenommen, dass diese Maßnahme zunächst bei 30 % des Leuchtstellenbestands (Seilträger) vorgenommen werden kann.

Mittelfristig ausführbare Maßnahmen – ca. 6 Jahre Umsetzungszeitraum

- Fortführung der mengenmäßigen Ausweitung der Halbnachtschaltung → Es wird angenommen, dass diese Maßnahme zu einem späteren Zeitpunkt bei zusätzlich weiteren 20 % der Leuchtstellen vorgenommen werden kann.
- Fortführung der Umrüstung auf elektronische Vorschaltgeräte → Es wird angenommen, dass diese Maßnahme zu einem späteren Zeitpunkt bei zusätzlich weiteren 20 % der Leuchtstellen vorgenommen werden kann (Vorschlag: KGR A2.1b und C1.1b).
- Fortführung der Umrüstung des Seilsystems auf Mastträger → Es wird angenommen, dass diese Maßnahme zu einem späteren Zeitpunkt bei weiteren 20 % der Leuchtstellen vorgenommen werden kann.
- Nächtliche Abschaltung der Leuchtstellen für zwei Stunden an fünf Werktagen → Es wird angenommen, dass diese Maßnahme zu einem späteren Zeitpunkt und nach ausgiebiger Sensibilisierung der Bürgerschaft sowie entsprechenden Testphasen durchführbar wird.

05) Die genannten Prozentwerte beziehen sich auf die in Tabelle R2 gezeigten monetären Summen, nicht auf die Gesamtheit der Leuchtstellen der Kategorie B4.

06) Siehe hierzu Pkt. 3.1 d)

c) Einsparperspektiven

Bei einer Verbindung der einzelnen Maßnahmen ergeben sich für die Stadt Castrop-Rauxel folgende Einsparperspektiven im Vergleich zum **IST-Zustand**:⁰⁷⁾

1. Unter Vorbehalt der Wirtschaftlichkeit und des einzugehenden Organisationsaufwands können nach Umsetzung der kurzfristigen Maßnahmen 93.600 Euro (-26 %) für Strom und 71.200 Euro (-13 %) für Wartung eingespart werden. Die jährlichen Einsparungen in Gesamtsumme belaufen sich gerundet auf ca.:

164.800 Euro/Jahr	-18 %
520.000 kWh/Jahr	-26 %
346 Tonnen CO₂/Jahr	-26 %

2. Insgesamt können unter gleichen Voraussetzungen nach Umsetzung der mittelfristigen Maßnahmen 112.850 Euro (-31 %) für Strom und 88.400 Euro (-16 %) für Wartung eingespart werden. Die jährlichen Einsparungen belaufen sich dann gerundet auf ca.:⁰⁸⁾

201.250 Euro/Jahr	-22 %
627.000 kWh/Jahr	-31 %
417 Tonnen CO₂/Jahr	-31 %

Die hier gezeigten Werte beruhen auf einer ausgewogenen und ausführungorientierten Kalkulation, der ein Abwägungsprozess vorausging – sie beruhen ausdrücklich nicht auf theoretischen Maximalwerten.

d) Vorbehalte

Die gezeigten Potenziale der Energie- und Kosteneinsparung, die sich auf technische und betriebsorganisatorische Sachverhalte beziehen, sind für die gegebenen Voraussetzungen der Stadt Castrop-Rauxel in heutiger praktikabler Sicht abschließend zu betrachten. Von scheinbaren Einsparpotenzialen ist abzuraten. Konkret heißt dies, dass z. B. von der Abschaltung jeder zweiten Leuchtstelle oder einem deutlich späteren Einschaltzeitpunkt (bzw. früheren Abschaltzeitpunkt) ausdrücklich abgesehen werden sollte. Diese, in anderen Kommunen durchaus praktizierten Maßnahmen stehen in keinem Verhältnis zu den sich dadurch öffnenden Risiken. Das Abschalten jeder zweiten Leuchtstelle wird zu gefährlichen Dunkelzonen führen. Und eine für die Einsparung signifikante Verschiebung des Ein-/ Ausschaltzeitpunkts resultiert in kritische Wahrnehmungsbedingungen. Insbesondere der Verlauf der Dämmerung ist mit großen Umstellungen für die visuelle Wahrnehmung verbunden. Gleichzeitig fallen die Dämmerungsphasen zumeist mit den größten Verkehrsaufkommen und komplexeren Verkehrssituationen durch Berufsverkehre zusammen, so dass die Straßenbeleuchtung insbesondere in der Dämmerungsphase in Betrieb sein sollte.

Die oben geführten Abwägungen entlang umfassender Zeit- und Raumanalysen zeigen die bestmöglichen Einsparpotenziale unter Berücksichtigung geringster Einschränkungen, Risiken oder auch Investitionen.

07) In den Perspektiven nicht eingeschlossen sind Veränderungen von Preisstrukturen, Steuern oder sonstigen Abgaben. Ebenso wurden steuerliche Einsparpotenziale (kommunale Ökostromversorgung; siehe Pkt. 2.2.2 j) nicht berücksichtigt.

08) Die gezeigten Werte beziehen sich auf den aktuellen Zustand. Das kurzfristige Einsparvolumen ist insofern nicht addierbar, sondern darin eingeschlossen!

» Von bestimmten Eingriffen in den Betrieb der Beleuchtung ist abzuraten. Nicht jede Maßnahme, die Einsparungen erwarten lässt, steht in einem angemessenen Verhältnis zum Beleuchtungsnutzen.

b.5 Konzept und Rahmenplanung

5.1 Bestandsoptimierung	145
Rückbau	145
Aufbau	147
Umbau	147
Abstimmung	147
Angleichung	154
5.2 Licht- und betriebskonzeptioneller Rahmenplan	172
Flächennutzungssystem	172
Wegenetz	175
Bedarfsorte	177
5.3 Begleitkatalog	180
5.4 Konkretisierung im Teilraum	184
5.4.1 Innenstadt/Altstadt	184
5.4.2 Habinghorst/'Lange Straße'	189
5.4.3 Deininghausen	197

5 Konzept und Rahmenplanung

Konzept und Rahmenplanung der Lichtstruktur konzentrieren die bisher geführten Abwägungen und Empfehlungen. Für den Umgang mit dem heutigen und zukünftigen Bestand dienen drei bausteinartige Instrumente: Sie befassen sich mit der kurz- und mittelfristigen Optimierung – *Bestandsoptimierung* –, mit der zukünftigen Perspektive in licht- und betriebsorganisatorischer Hinsicht – *Rahmenplan* – sowie einem ausführungsbegleitenden Katalog der öffentlichen Straßenbeleuchtung – *Begleitkatalog*. Die Instrumente haben den Anspruch fortschreibungs- und entwicklungsfähig zu sein.

5.1 Bestandsoptimierung

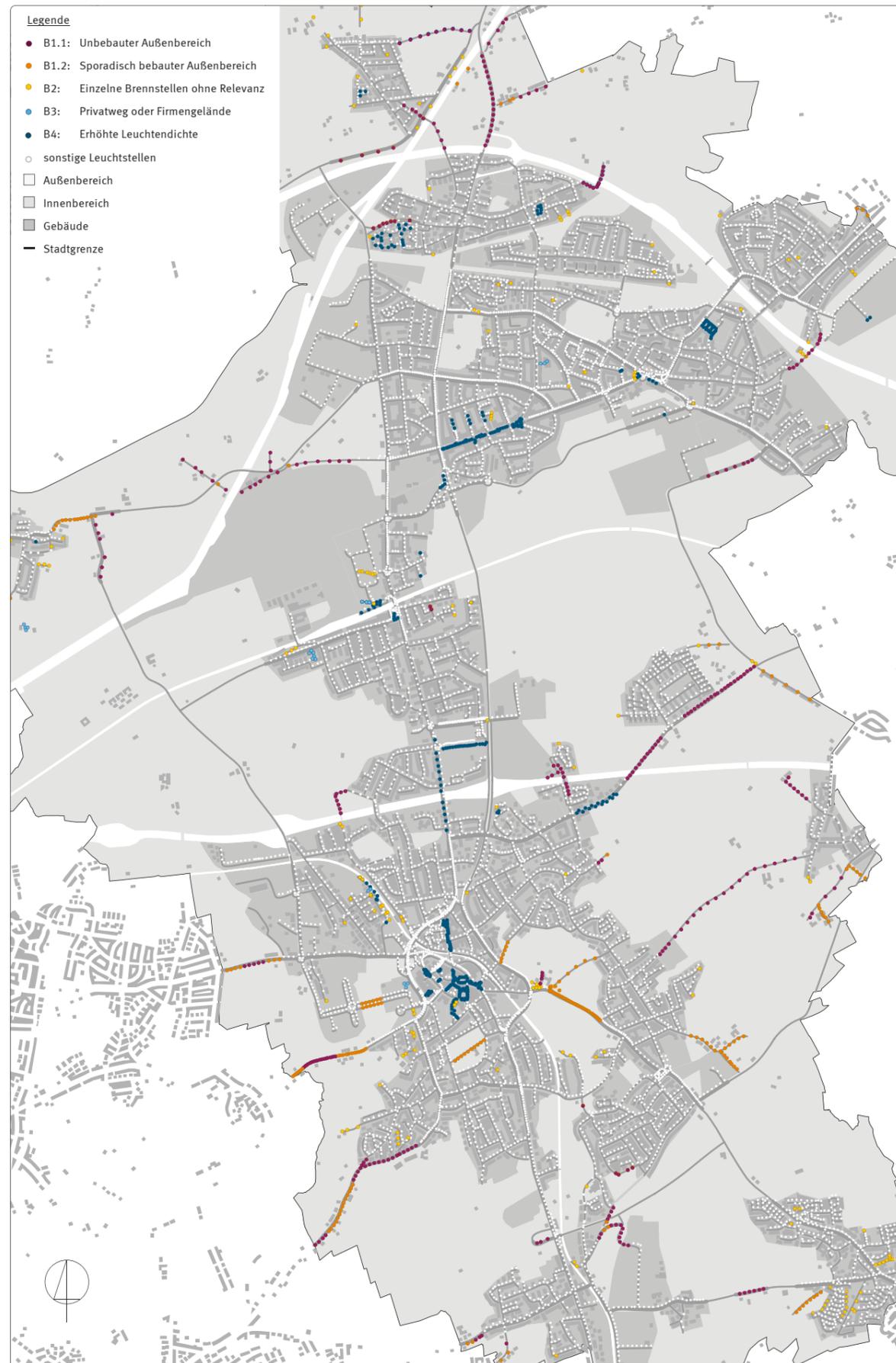
Der Leuchtenbestand wurde in zweifacher Weise begutachtet. Zum einen entlang eines Kriterienkatalogs vor Ort⁰¹⁾ und zum anderen über automatisierte Verfahren nach Informations- und Datenlage.⁰²⁾ Hieraus werden nunmehr die folgenden Schritte zur Bestandsoptimierung abgeleitet:

a) Rückbau

Der Rückbau entbehrlicher Leuchtstellen ist aufgrund von zwei Aspekten angezeigt. Erstens: Öffentliche Beleuchtung ohne deutlichen Nutzwert für das Gemeinwesen bedeutet Verschwendung von Strom- und Wartungskosten unter Hinnahme der Entstehung von umweltwirksamen Schadstoffen. Zweitens: Öffentliche Beleuchtung in Naturbereichen der Stadt, die vorrangiges Habitat von Flora und Fauna sind, wirkt schädigend auf die biologische Vielfalt. Folgende Tabelle fasst die Rückbaubegründungen, maßgebliche Eingriffsräume und etwaige Rahmenbedingungen zusammen:⁰³⁾

	Bereich	Index	Argumentation	Voraussetzung
Rückbau	Außenbereich	B1.1	Verkehrsweg im Natur- oder Außenbereich nach Ortsdurchfahrtsgrenzen, FNP oder örtlicher Begutachtung/ Bebauung oder Gehwege nicht vorhanden/ keine querenden Verkehre zu erwarten/ sehr geringes Gefahrenpotenzial.	Beschlussfassung zur generellen Vermeidung öffentlicher Beleuchtung in benannten Bereichen/ Begutachtung der Einzelbereiche durch kommunale Entscheidungsträger und operative Beteiligte im Plan.
		B1.2	Verkehrsweg im Natur- oder Außenbereich nach Ortsdurchfahrtsgrenzen, FNP oder örtlicher Begutachtung/ Bebauung und Gehwege vereinzelt vorhanden/ evtl. querende Verkehre/ etwaiger Lichtbedarf eigens zu ermitteln.	Beschlussfassung zur vorbehaltenen Beleuchtung benannter Bereiche/ Begutachtung der Einzelbereiche durch kommunale Entscheidungsträger vor Ort und operative Beteiligte im Plan. Beteiligung der betroffenen Anliegerschaft.
	Innenbereich	B2	Einzelne Brennstellen ohne ersichtliche Relevanz (z. B. wenig frequentierte Zone, beleuchtete Zuwege als Alternative vorhanden, Straßenende mit sehr wenig Anliegern).	Begutachtung der Einzelbereiche durch kommunale Entscheidungsträger und operative Beteiligte im Plan und ggf. vor Ort. Benachrichtigung der betroffenen Anliegerschaft.
		B3	Privatweg oder Firmengelände und unmittlere Zuwege.	Prüfung etwaiger vertraglicher Auslösung betroffener Leuchtstellen. Benachrichtigung der betroffenen Anliegerschaft.
		B4	Erhöhte Leuchtendichte (z. B. Überdimensionierung, Bestand der bei Neuplanung unberücksichtigt blieb).	Begutachtung der Einzelbereiche durch operative Beteiligte vor Ort. Prüfung etwaiger Änderung des verbleibenden Bestands (z. B. Erhöhung der Anschlussleistung, Lichtpunkthöhe oder Änderung des Typs übriger Leuchten usw.).

01) Siehe hierzu Kapitel b.3 Pkt. 3.1 b)
 02) Siehe hierzu Kapitel b.3 Pkt. 3.1 c)
 03) Siehe räumliche Verortung in Abbildung // 5.1. Die Karten dienen der ersten Übersicht. Alle Informationen sind im geografischen Informationssystem abrufbar.



5.1 // Verortung der Leuchtstellen und Leuchtstellenbereiche (B4), die für den Rückbau vorgeschlagen werden

b) Aufbau

In der automatisierten Begutachtung konnten nach Informations- und Datenlage Straßen im bebauten Innenbereich identifiziert werden, an denen sich keine öffentlichen Leuchtstellen befinden. Hierbei sollte geprüft werden, ob es sich um Straßen in öffentlicher Trägerschaft mit entsprechender Beleuchtungsrelevanz handelt. Bei Bestätigung sollte entsprechende Infrastruktur aufgebaut werden.⁰⁴⁾

c) Umbau⁰⁵⁾

Die örtliche Begutachtung zeigte Stadtsituationen, deren Beleuchtungscharakteristik deutliche Defizite vorweist. Es handelt sich um Bereiche mit einer sehr hohen Leuchtdichte und/oder um Leuchten mit defizitären Beleuchtungseigenschaften, um falsche Leuchtstellenpositionierungen oder auch um Wegezüge mit einer kaum ausreichenden Leuchtstellenanzahl. Hier gilt es detailliert zu prüfen, ob und inwiefern diese Situationen neu zu organisieren und zu verbessern sind. Abbildung //5.3 verortet die Leuchtstellen, die bei der örtlichen Begutachtung defizitär hervortraten und technisch und/oder planerisch – u. U. mengenmäßig – umgebaut werden sollten.

Der zweite Aspekt in der Kategorie "Umbau" bezieht sich auf Leuchten, die Streuverluste in nah liegende Vegetationen, Freiflächen, private Gärten oder auch in Wohninnenbereiche zeigen. Die Problemlage konzentriert sich auf drei wesentliche Aspekte: zum einen ist Licht, das nicht auf Nutzflächen fällt, zunächst verschwendete Energie. Zum anderen verursacht Streulicht schädigende Wirkungen bei nachtaktiven Insekten und – sofern es sich um Wohnraumaufhellung handelt – Gesundheits- sowie Ruhebeeinträchtigungen bei Anliegern. Abbildung //5.4 fasst alle Leuchtstellen zusammen, deren Streuverluste über Änderungen des Leuchtentyps, Anbringen von Blenden, Veränderungen der Leuchtenneigung usw. gemindert werden können.

d) Abstimmung⁰⁶⁾

Auch die Kategorie "Abstimmung" setzt sich aus zwei Handlungsfeldern zusammen. Zum einen handelt es sich um die Abstimmung der Beleuchtung mit dem nahe liegenden Straßenbegleitgrün und zum anderen um eine Abstimmung der Beleuchtung mit dem zeitlich bestimmaren Lichtbedarf des Ortes, der beleuchtet wird. Abbildung //5.5 erfasst zunächst sämtliche Leuchtstellen, die in hohen Bäumen und Sträuchern eingewachsen sind und deren Beleuchtungsqualität dadurch deutlich eingeschränkt wird. Mit der Verortung betreffender Leuchten können Rückschnitte systematisch organisiert werden.⁰⁷⁾

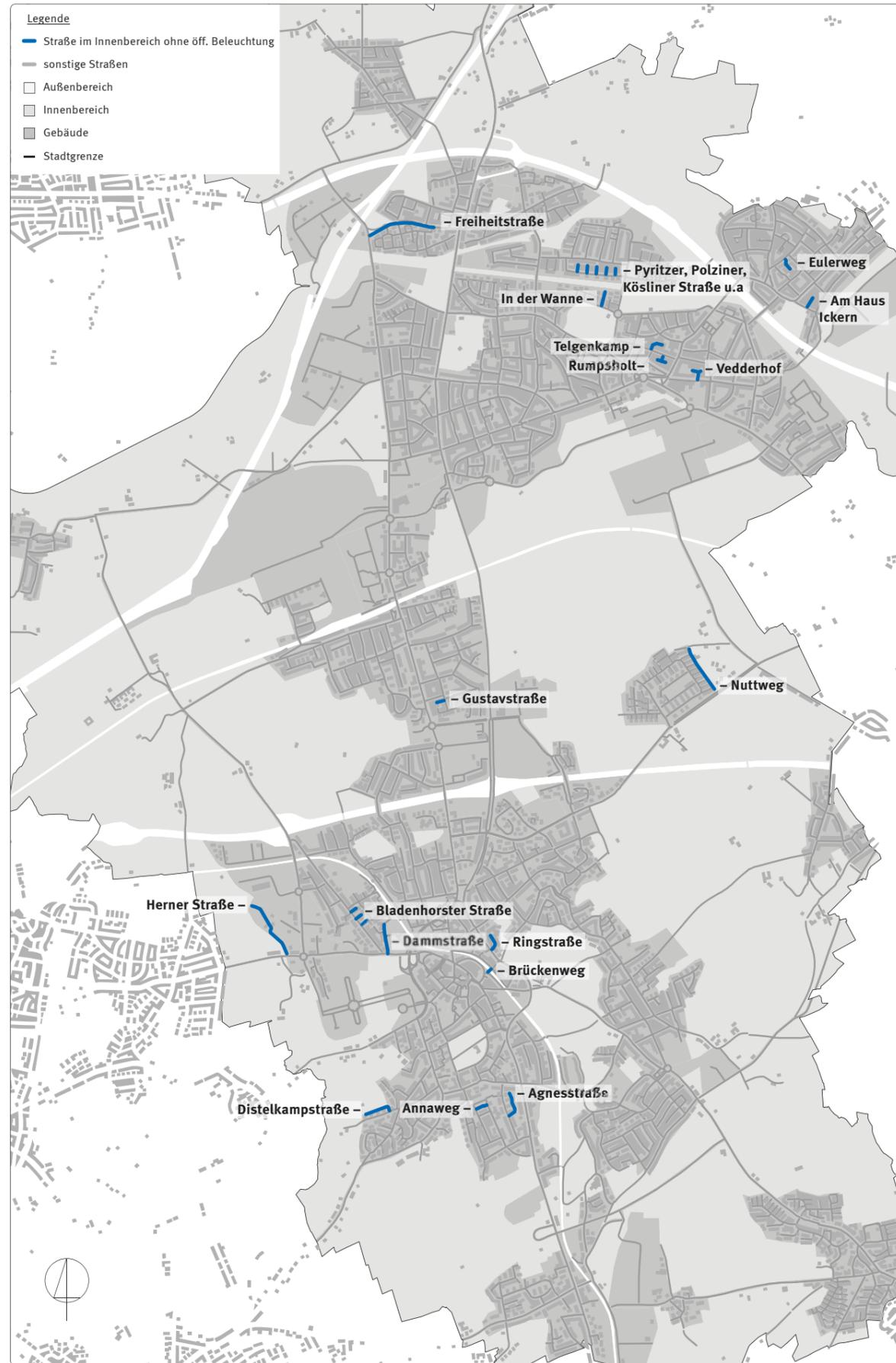
Abbildung //5.6 bestimmt Leuchten an Wegen zu ÖPNV-Warteorten, Sportplätzen oder Schulen, deren Betriebszeit genau auf die Nutzungszeit des Ortes ausgerichtet werden kann und sollte. Als einen darüber hinaus gehenden Zeitaspekt kartiert Abbildung //5.7 Leuchten, die infolge des Infrastrukturbaus installiert wurden, jedoch aufgrund der mangelnden Entwicklungsstufe des Bereichs (teilweise) bis zur Flächenentwicklung nicht betrieben werden müssen.

04) Siehe räumliche Verortung der Straßen in Abbildung //5.2

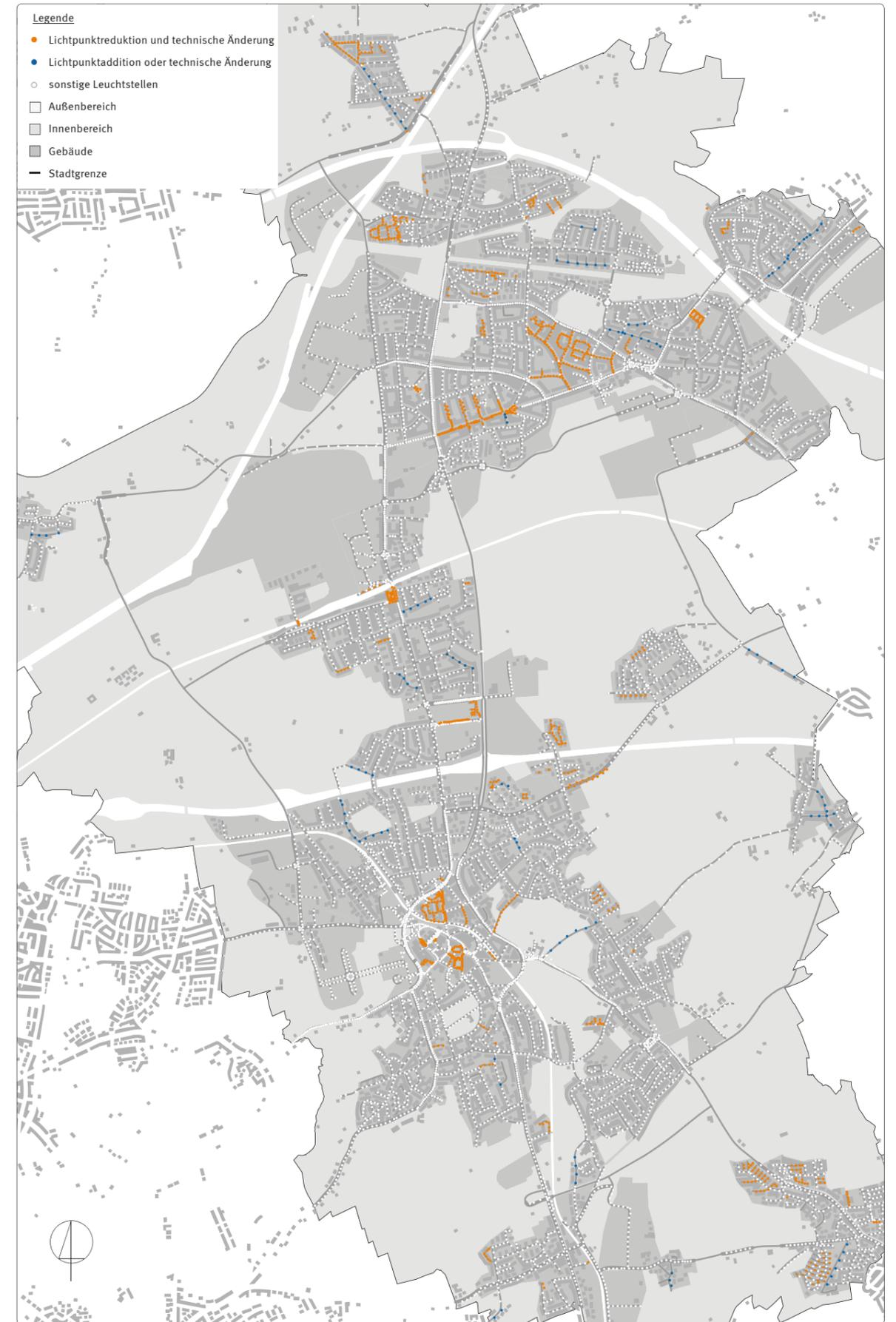
05) Sofern es sich um Leuchten handelt, die für einen Rückbau vorgeschlagen wurden, steht die Rückbauempfehlung über dem Umbauhinweis.

06) Sofern es sich um Leuchten handelt, die für einen Rückbau vorgeschlagen wurden, steht die Rückbauempfehlung über dem Abstimmungshinweis.

07) Hierbei ist eine Fortführung der Kartierung empfohlen, die auch Leuchten markiert, die sich in gewisser seitlicher Nähe, d. h. in Wegerichtung zum Straßenbegleitgrün befinden und deren vollständige Beleuchtungsqualität entlang der Straßenfläche hierdurch ebenfalls reduziert wird.



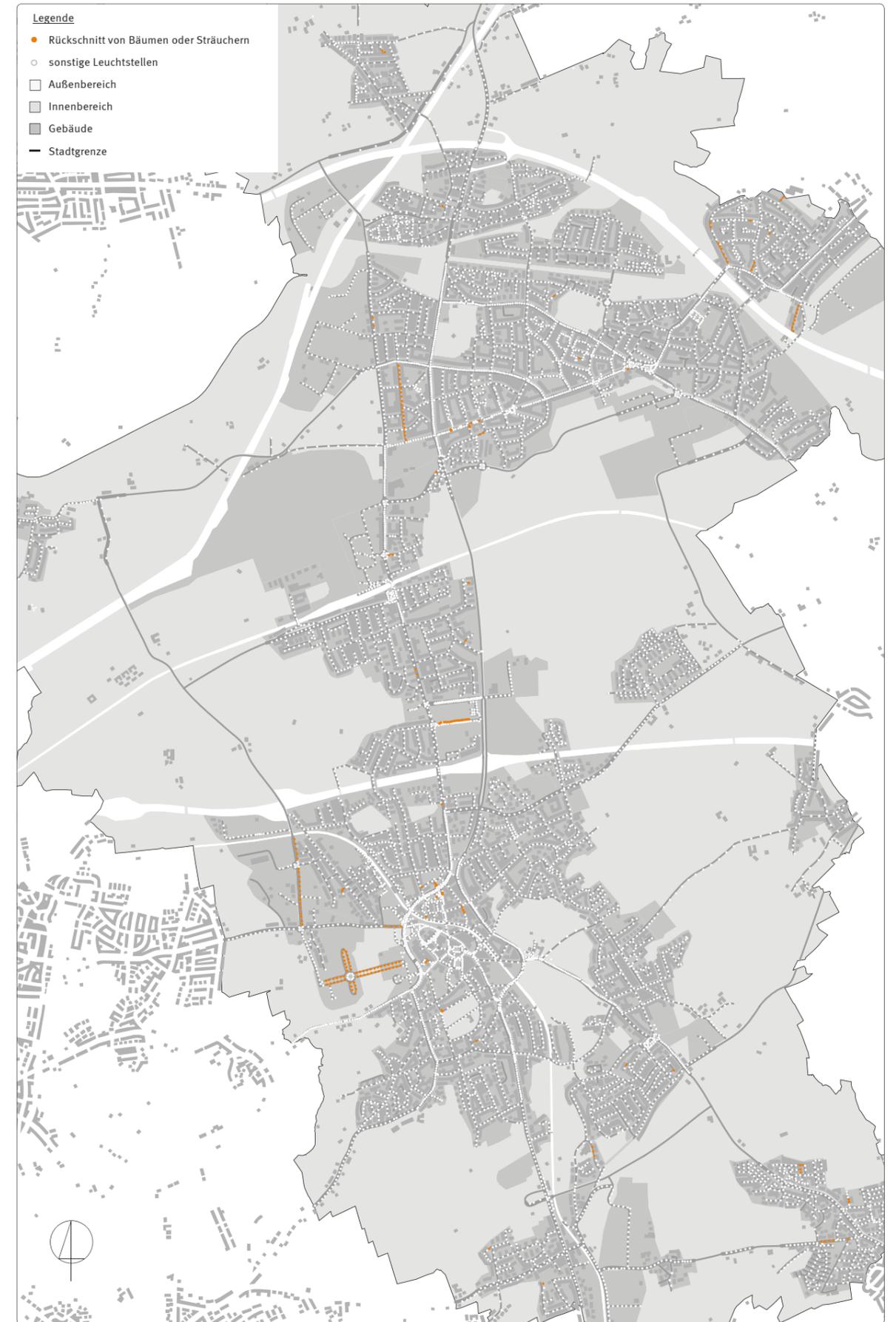
5.2 // Straßen im Innenbereich ohne öffentliche Beleuchtung. Trägerschaft und Beleuchtungsrelevanz prüfen: ggf. Leuchten errichten



5.3 // Leuchtstellen, die in der örtlichen Begutachtung negativ auffielen. Hier ist ein technischer und organisatorischer Umbau angeraten



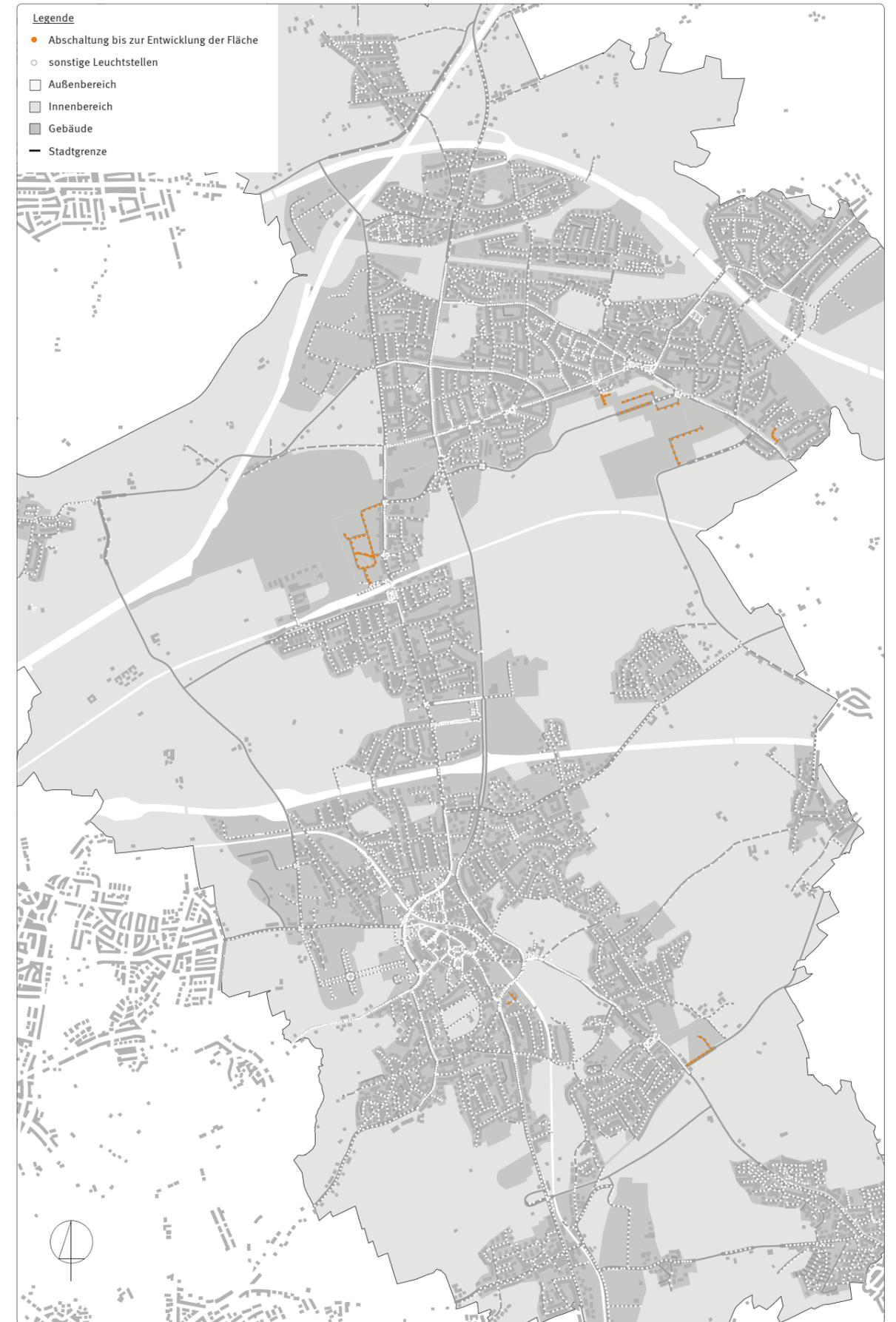
5.4 // Leuchtstellen, die in der örtlichen Begutachtung auf Streuverluste hinwiesen. Hier ist eine technische Änderung (Blenden o.ä.) angezeigt



5.5 // Leuchtstellen, die unmittelbar im hohen Straßenbegleitgrün eingewachsen sind. Hier sind systematische Rückschnitte vorzusehen



5.6 // Leuchtstellen an Einrichtungen mit bestimmaren Lichtbedarfs- bzw. Nutzungszeiten (Zuwege von ÖPNV, Sportanlagen, Schulen usw.)



5.7 // Leuchtstellen in unterentwickelten Bereichen, die bis zu vollständigen Entwicklung (teilweise) ausgeschaltet bleiben können

e) Angleichung

Im Vergleich übereinstimmender Stadtbereiche und Straßenkategorien zeigen die jeweiligen Beleuchtungssysteme unterschiedliche Werte entlang der vier Eigenschaften Lichtpunktabstand, Anschlussleistung, Jahresverbrauch und Lichtstrom. Folgend wird eine Angleichung der Werte je Eigenschaft vorbereitet. Das heißt, dass das Beleuchtungssystem in vergleichbaren Straßen- bzw. Stadtraumkategorien zunächst mit dem in Castrop-Rauxel praktizierten Mehrheitswert der jeweiligen Eigenschaft gegenübergestellt wird, um etwaige Überdimensionierungen in der Anschlussleistung oder dem Jahresstromverbrauch zu identifizieren. Unter Beachtung der Merkmale Lichtpunktabstand und Lichtstrom kann nach heutigem Praxisverständnis zudem eine etwaige Unterdimensionierung festgestellt werden. Auch wenn die Merkmale in diesem Konzept einzeln dargestellt werden, müssen für die Konkretisierung eines abzuändernden Handlungsbereichs alle Kategorien – Lichtpunktabstand, Anschlussleistung, Verbrauch und Lichtstrom – in dem Straßen- oder Stadtraum verglichen werden. Die Darstellung einer einzelnen Kategorie kann nur eingeschränkt auf Defizite hinweisen, da Abstand, Anschluss, Stromverbrauch und Lichtertrag ein sich gegenseitig bedingendes System bilden. Entsprechende Hinweise werden in den einzelnen Darstellungen gegeben.

Da entsprechende Angleichungen mit Änderungsaufwand und/oder Investitionen verbunden sind, sollten Eingriffe nur unter Berücksichtigung der Angemessenheit und Ausführungsorientierung erfolgen. Demnach werden unter Zuhilfenahme der in Kapitel b.3 ermittelten Zielorientierungen Grenzwerte an den Bestand angelegt, die eine mittelfristige und ausfahrungsorientierte Perspektive tragen.⁰⁸⁾ Die Zielorientierungen sollten mit voranschreitender technischer Möglichkeit stets im Sinne einer Verbesserung von Verbrauchsreduktion und Lichtqualität angepasst werden.

Die Lokalisierung entsprechender Unter- oder Überdimensionierung im Plan – respektive digital im geografischen Informationssystem – dient der systematischen und sukzessiven Änderung des Bestands.

Allgemein werden die Empfehlungen an folgende Straßen- und Wegenetzgliederung angelegt:

- **Vorbehaltsnetz**
Vor1 mit einem mittleren täglichen Verkehrsaufkommen > 7.000⁰⁹⁾
Vor2 mit einem mittleren täglichen Verkehrsaufkommen < 7.000
- **Wohngebiet**
Woh1 mit Hauptverkehr
Woh2 mit Nebenverkehr
- **Gewerbegebiet**
Gew1 mit Hauptverkehr
Gew2 mit Nebenverkehr
- **Zentrenbereich**
Zen1 mit motorisiertem Verkehr
Zen2 ohne motorisiertem Verkehr

08) Siehe hierzu Kapitel b.3 Pkt. 3.2.2 c)
09) Nach Masterplan Mobilität Castrop-Rauxel [b30] und eigenen Messungen.

Lichtpunktabstand

Die Lichtpunktabstände sind über das vorhandene Leitungsnetz geprägt. Änderungen sind je nach vorhandenem Trägersystem mit unterschiedlich hohem Aufwand verbunden. Im Hinblick auf ein ausgewogenes Kosten-/Nutzenverhältnis werden hier Grenz- und Prüfwerte an den Bestand gelegt, die sehr weite bzw. sehr nahe Abstände abmildern sollen. Sofern Handlungsbereiche identifiziert werden,¹⁰⁾ ist das Konzept so aufgebaut, dass Lichtpunktabstände annähernd halbiert oder verdoppelt werden – graduelle Anpassungen wären zunächst nicht wirtschaftlich. Hierbei ist darauf zu achten, dass bei einer Halbierung oder Verdoppelung der Lichtpunktabstände die Lichtquantität u.U. über andere Anschlussleistungen, Lampen und/oder Leuchten angepasst werden muss. Folgende Tabelle zeigt die entsprechenden Empfehlungen für die Eingriffsbereiche:¹¹⁾

	Maßnahme	Index	Empfehlung	Lichtpunktabstand [m]
Abstand	Aufweitung/Verdichtung	Vor Woh Gew Zen 1	Zielorientierung	30-40
			Toleranzbereich	29,9-25 / 40,1-45
			Intensiv prüfen	24,9-20 / 45,1-50
			Angleichung angeraten	< = 19,9 / > = 50,1

Lichtstrom

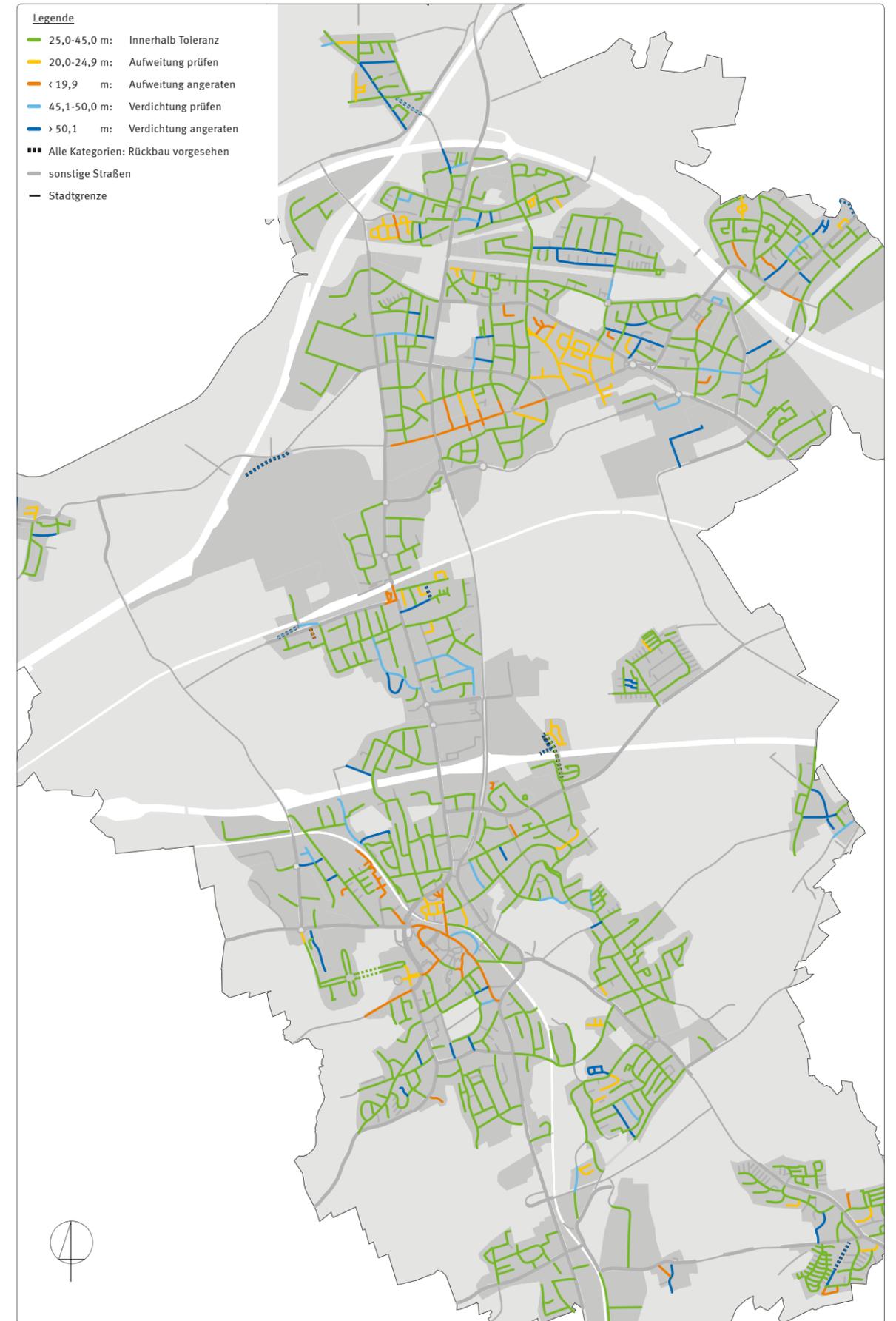
Über die Zuweisung von Lichtstromwerten sollen zwei Orientierungen gegeben werden. Zum einen können lichtquantitativ überdimensionierte Bereiche reduziert werden, was starken Kontrastunterschieden¹²⁾ oder der Ausdehnung von Lichtverschmutzung¹³⁾ entgegen wirkt. Zum anderen wird hierdurch vermieden, dass Straßenbeleuchtung lediglich auf eine energetische Komponente reduziert wird. Beispielsweise können Wege sehr gute Energiewerte liefern, tatsächlich sind sie jedoch schlecht beleuchtet.¹⁴⁾

	Maßnahme	Index	Empfehlung	Lichtstrom [klm/km]
Lichtstrom	Erhöhung/Reduktion	Vor 1	Zielorientierung	520
			Toleranzbereich	450-519 / 521-600
			Intensiv prüfen	400-449 / 601-700
			Angleichung angeraten	< = 399 / > = 701
		Vor 2 Gew 1 Zen 1	Zielorientierung	190
			Toleranzbereich	150-189 / 191-250
			Intensiv prüfen	95-149 / 251-309
			Angleichung angeraten	< = 94 / > = 310
		Woh 1 Gew 2	Zielorientierung	100
			Toleranzbereich	80-99 / 101-120
			Intensiv prüfen	70-79 / 121-150
			Angleichung angeraten	< = 69 / > = 151
		Woh 2 Zen 2	Zielorientierung	80
			Toleranzbereich	70-79 / 81-90
			Intensiv prüfen	65-69 / 91-110
			Angleichung angeraten	< = 64 / > = 111

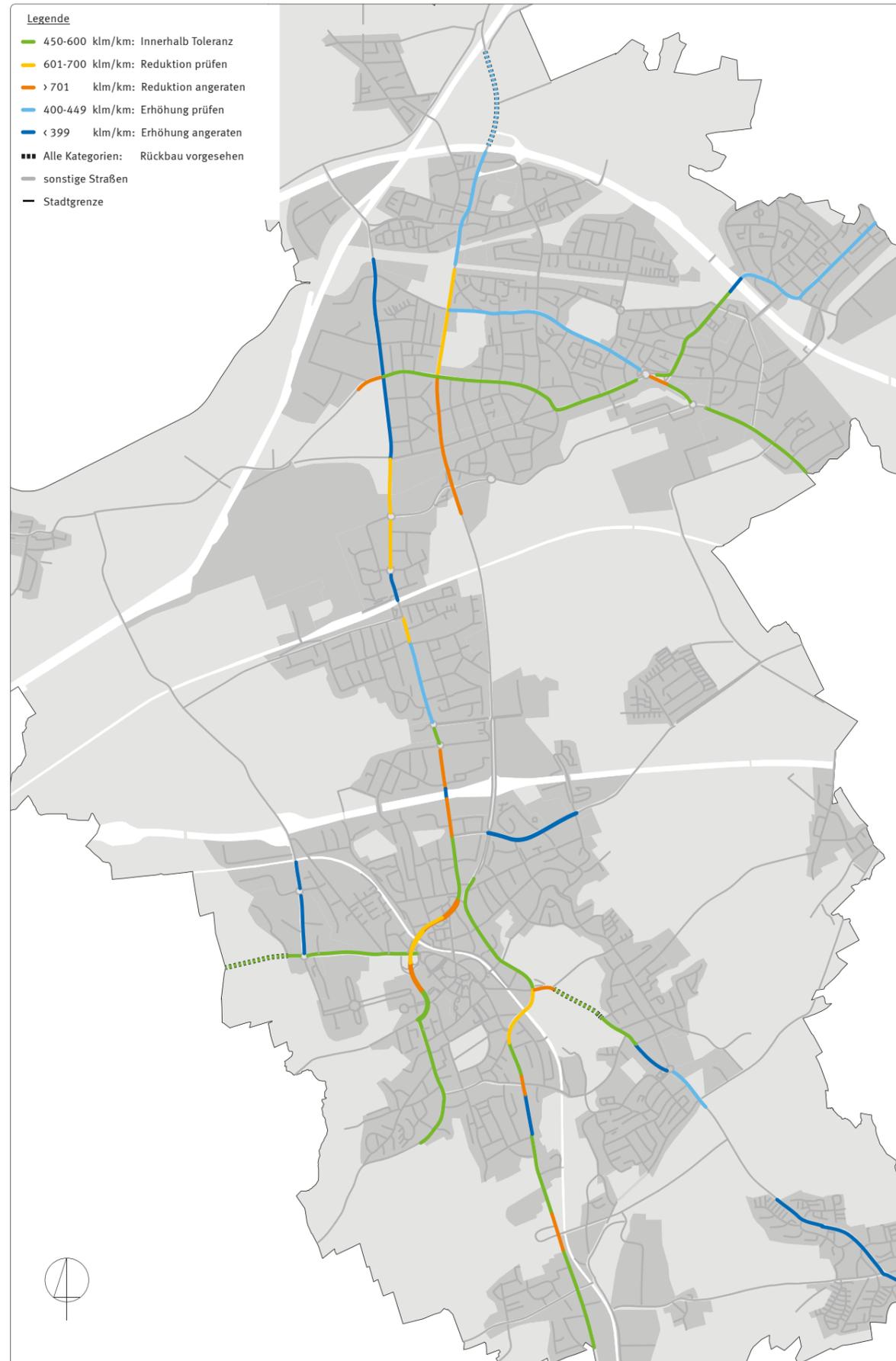
10) Siehe räumliche Verortung der Straßen in Abbildungen // 5.8 und // 5.9
11) Aus pragmatischen Gründen wird hier auf Straßendifferenzierungen verzichtet. Die angelegten Werte sind für Haupt- und Nebenstraßen geeignet.
12) Z. B. bei einem Wechsel von hellen zu dunkleren Straßenbereichen (Augenadaptation).
13) Mit Lichtverschmutzung ist hier die Aufhellung des Nachthimmels über dem Stadtbereich infolge von Lichtreflexionen der Straßenoberfläche gemeint.
14) Siehe Abbildungen // 5.10 und // 5.13



5.8 // Darstellung der Straßen zur Angleichung der Lichtpunktabstände. Hier: Vorbehaltensnetz (Vor 1 & Vor 2)



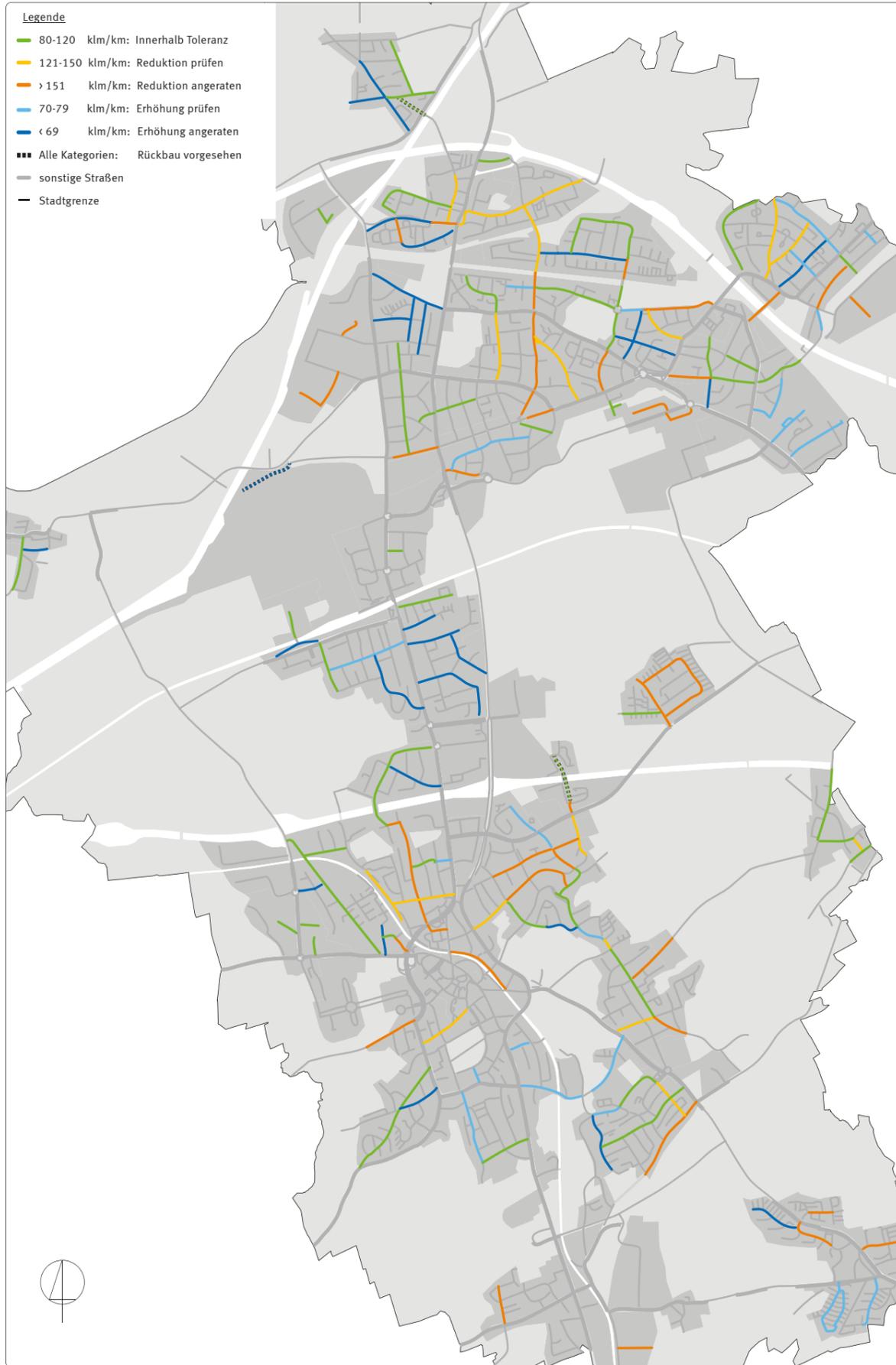
5.9 // Angleichung der Lichtpunktabstände. Hier: Wohn-, Gewerbe- und Zentrenstraßen > 75 Meter Länge (Woh 1, Woh 2, Gew 1, Gew 2, Zen 1)



5.10 // Darstellung der Straßen zur Angleichung des Lichtstroms. Hier: Vorbehaltssystem DTW > 7.000 (Vor 1)



5.11 // Angleichung des Lichtstroms. Hier: Vorbehaltssystem, Gewerbe- und Zentrenstraßen > 75 Meter Länge (Vor 2, Gew 1, Zen 1)



5.12 // Darstellung der Straßen zur Angleichung des Lichtstroms. Hier: Wohn- und Gewerbestraßen > 75 Meter Länge (Woh1, Gew 2)



5.13 // Darstellung der Straßen zur Angleichung des Lichtstroms. Hier: Wohn- und Zentrenstraßen > 75 Meter Länge (Woh2, Zen 2)

Anschlussleistung

Die Anschlussleistung wird von vier wesentlichen Aspekten beeinflusst. Erstens über das verwendete Leuchtmittel und dessen Wattage, zweitens über den Verbrauchswert des Vorschaltgeräts, drittens über die eingesetzte Leuchtenmenge und viertens über Referenz und Qualität der Lichtplanung. Welche Möglichkeit die einzelne Stellschraube zur Reduktion der Anschlussleistung bietet, wurde in den Kapiteln b.2 und b.3 gezeigt.¹⁵⁾ Welche Maßnahme(n) nachträglich anzuwenden sind,¹⁶⁾ wird erst über die genaue Betrachtung des jeweiligen Bestands deutlich. Über die Ermittlung des Anlagenalters kann die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme(n) konkretisiert werden.

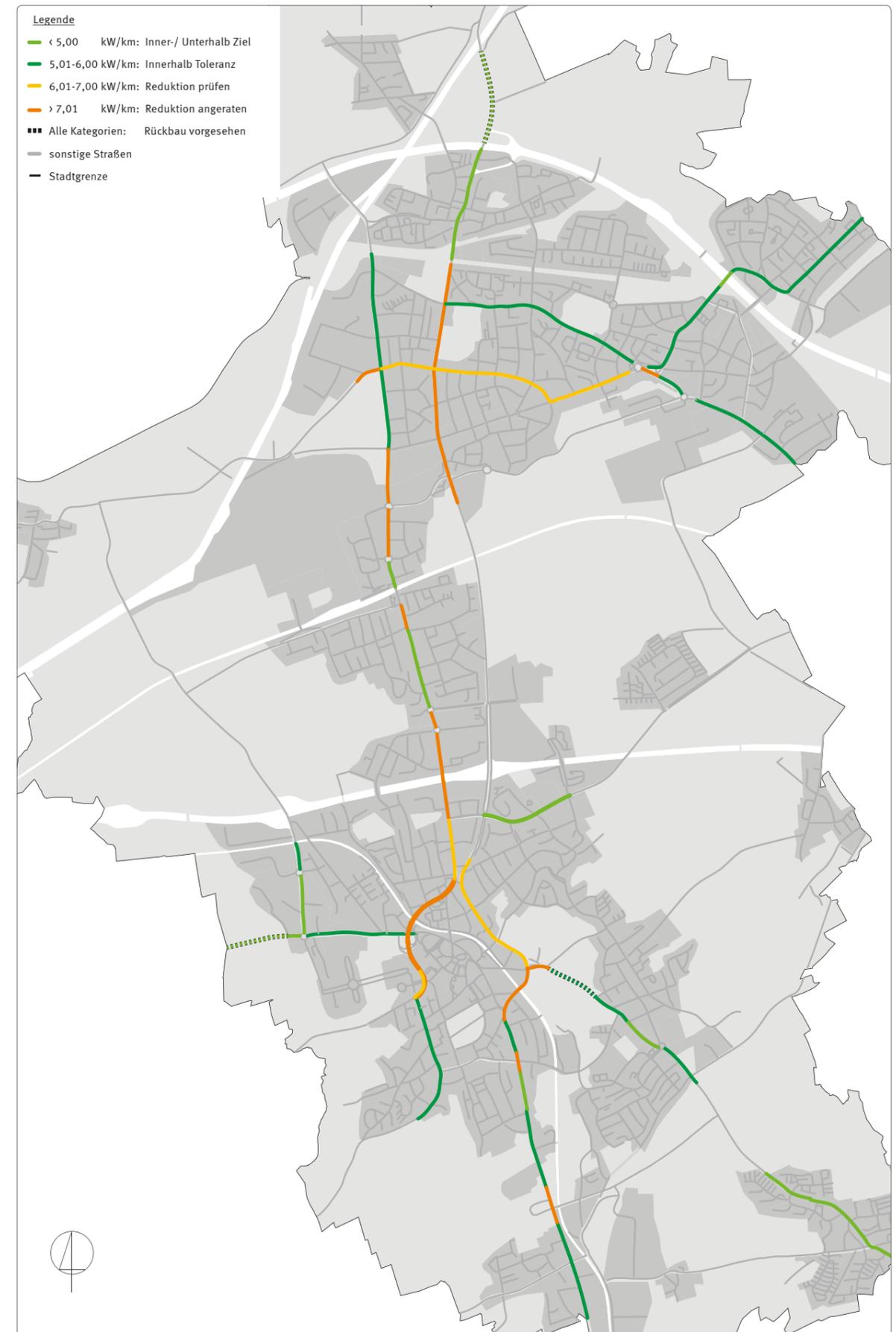
Die Abbildungen //5.14 bis //5.17 zeigen die Handlungsbereiche unter dem Aspekt zu hoher Anschlusswerte. Hierbei ist zu beachten, dass die kartierten Bereiche der "vorläufigen" Handlungsorientierung dienen. Denn: Alle Straßen, die inner- oder unterhalb der Zielorientierung liegen, müssen mit den zuvor gezeigten Abbildungen – Lichtpunktabstand und Lichtstrom – gegengeprüft werden, um zielführende Beleuchtungsquantität und zielführende Anschlusswerte bestätigen zu können. Wie unter dem Aspekt des Lichtstroms erwähnt, können Wege mit guten Anschlusswerten nicht gleichbedeutend mit einer ausreichenden Lichtquantität gesehen werden.

Die Zielorientierungen zeigen heutig anlegbare Werte. Mit voranschreitender technischer Möglichkeit sind die Anschlusswerte weiter zu reduzieren – selbstredend nur soweit, bis keine lichtquantitativen oder -qualitativen Missstände eintreten.

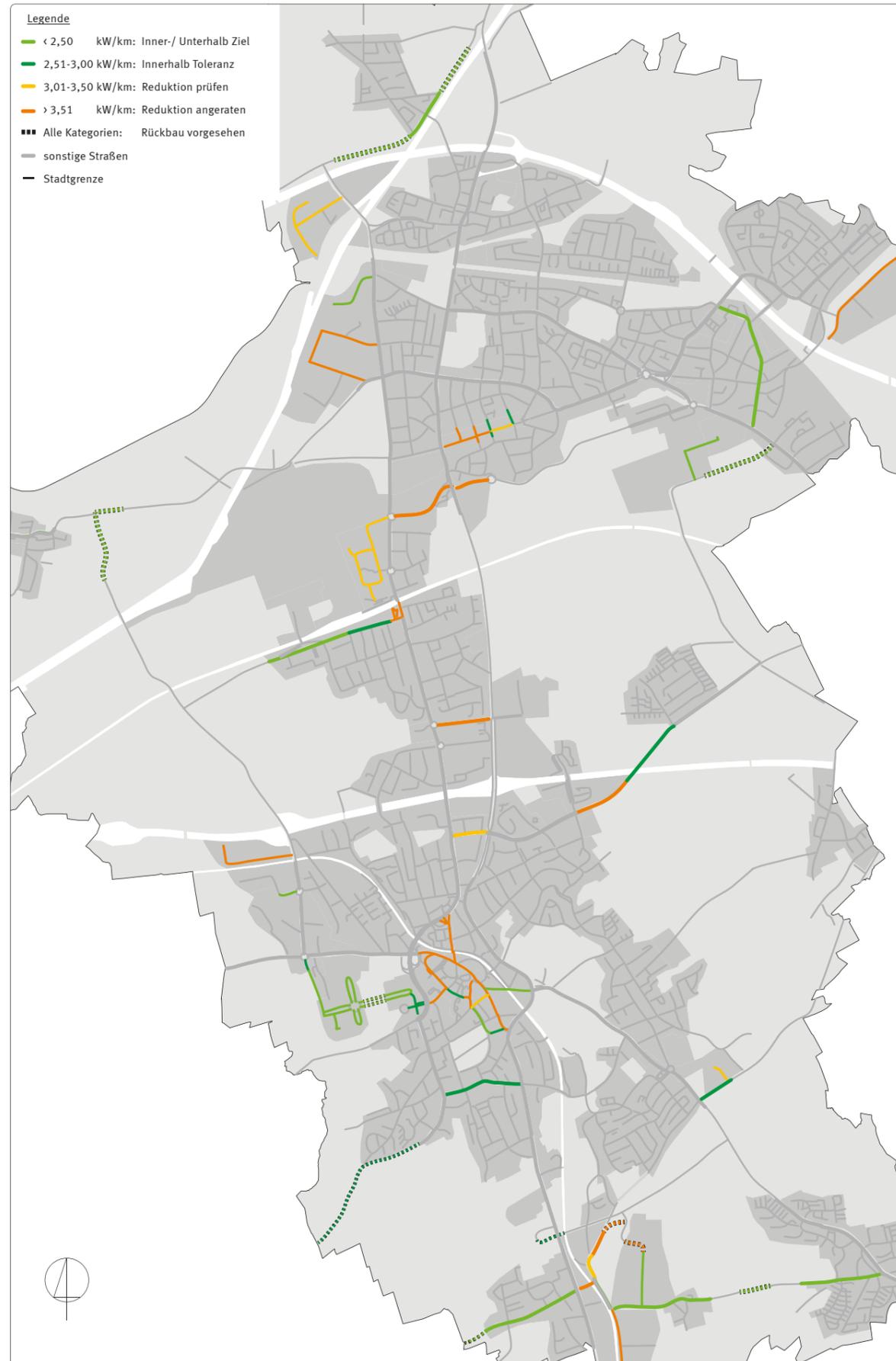
Anschlussleistung	Maßnahme	Index	Empfehlung	Anschlussleistung [kW/km]
	Reduktion	Vor 1	Zielorientierung	< = 5,00
			Toleranzbereich	5,01-6,00
			Intensiv prüfen	6,01-7,00
			Angleichung angeraten	> = 7,01
		Vor 2 Gew 1 Zen 1	Zielorientierung	< = 2,50
			Toleranzbereich	2,51-3,00
			Intensiv prüfen	3,01-3,50
			Angleichung angeraten	> = 3,51
		Woh 1 Gew 2	Zielorientierung	< = 1,50
			Toleranzbereich	1,51-1,70
			Intensiv prüfen	1,71-1,90
			Angleichung angeraten	> = 1,91
	Woh 2 Zen 2	Zielorientierung	< = 1,30	
		Toleranzbereich	1,31-1,50	
		Intensiv prüfen	1,51-1,70	
Angleichung angeraten		> = 1,71		

15) Zu "Leuchtmittel" siehe Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2 g) und h). Zu "Vorschaltgeräte" siehe Pkt. 2.2.2 i) sowie zu "Lichtpunktabständen" Pkt. 2.2.2 c). Zum Thema der "Anschlussleistung pro Kilometer" Kapitel b.3 Pkt. 3.1 c). Und zum Thema der "Referenz und Qualität der Lichtplanung" (u.a.) Pkt. 3.2.2 c) und e).

16) Da die Planung im Bestand festgesetzt ist, kann lediglich eine nachträgliche Änderung der technischen Bauteile zu reduzierten Anschlusswerten führen.



5.14 // Darstellung der Straßen zur Angleichung der Anschlussleistung. Hier: Vorbehaltensnetz DTW > 7.000 (Vor 1)



5.15 // Angleichung der Anschlussleistung. Hier: Vorbehaltsnetz, Gewerbe- und Zentrenstraßen > 75 Meter Länge (Vor 2, Gew 1, Zen 1)



5.16 // Darstellung der Straßen zur Angleichung der Anschlussleistung. Hier: Wohn- und Gewerbestraßen > 75 Meter Länge (Woh1, Gew 2)



5.17 // Darstellung der Straßen zur Angleichung der Anschlussleistung. Hier: Wohn- und Zentrenstraßen > 75 Meter Länge (Woh2, Zen 2)

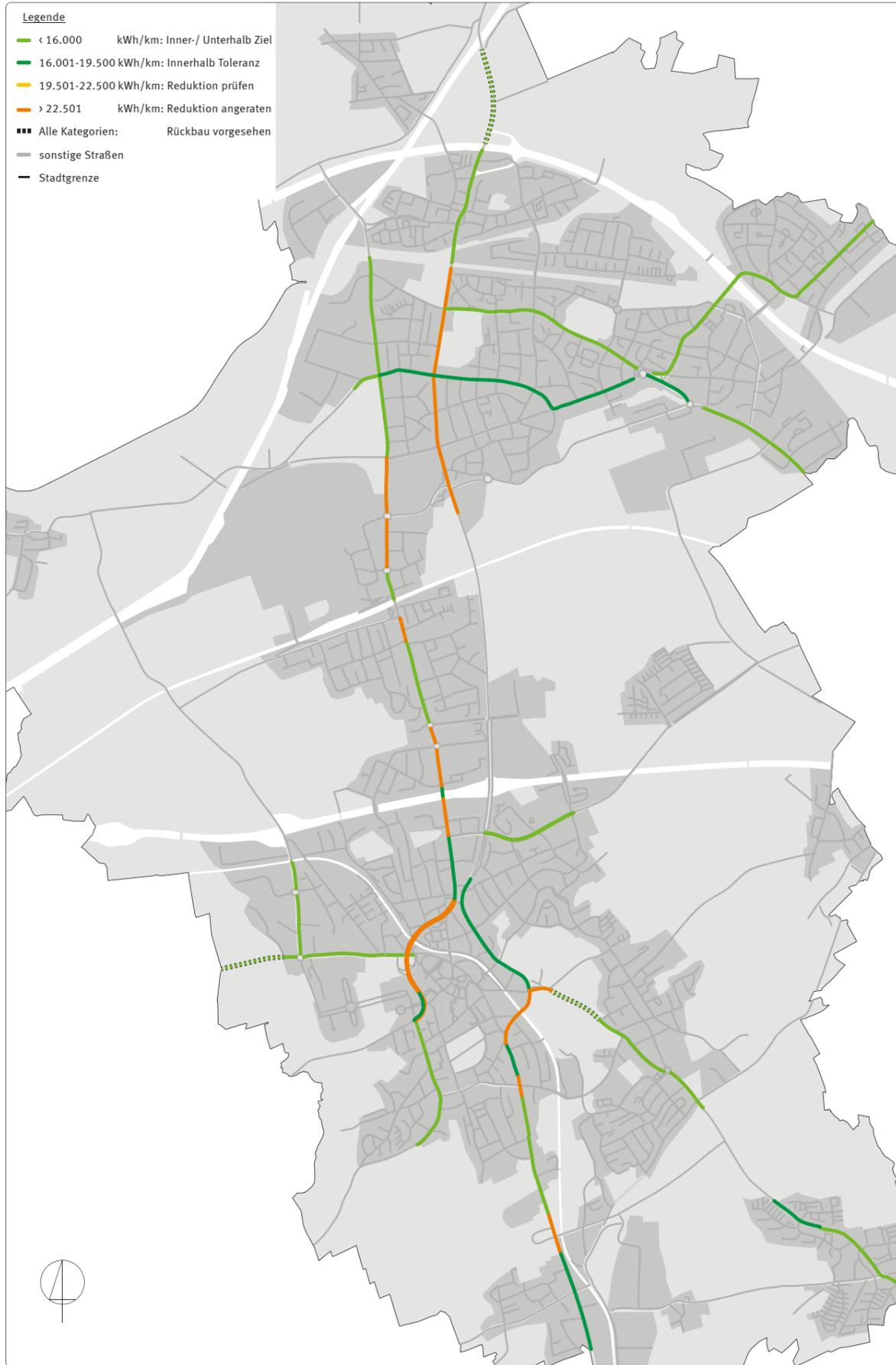
Stromverbrauch

Der Stromverbrauch hängt selbstredend mit der Anschlussleistung zusammen. Gleichwohl ist auch die Betriebsart von maßgeblicher Bedeutung, wenn die Reduktion des Stromverbrauchs im Fokus steht. Kapitel b.4 konnte zeigen, welche Potenziale in der zeitlichen und mengenmäßigen Ausweitung der Halbnachtschaltung liegen.¹⁷⁾ So kann eine Straße, die mit einem höheren Anschlusswert gekennzeichnet ist, dennoch gute Verbrauchswerte vorweisen, wenn sie im Halbnachtbetrieb geführt wird. Und im Umkehrschluss kann eine Straße – wie sich maßgeblich an Wohnstraßen zeigt – ziel-führende Anschlusswerte zeigen und gleichzeitig auf verbesserbare Verbrauchswerte hinweisen. Im ersten Schritt können die Verbräuche durch Einrichtung der Halbnachtschaltung gemindert werden. In zukünftiger Perspektive sind niedrige Anschlussleistungen und ein zeitlich differenzierter Betrieb gleichsam einzurichten, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen. Mit der Perspektive zukünftiger Unterschreitung werden folgende Verbrauchskennwerte empfohlen:¹⁸⁾

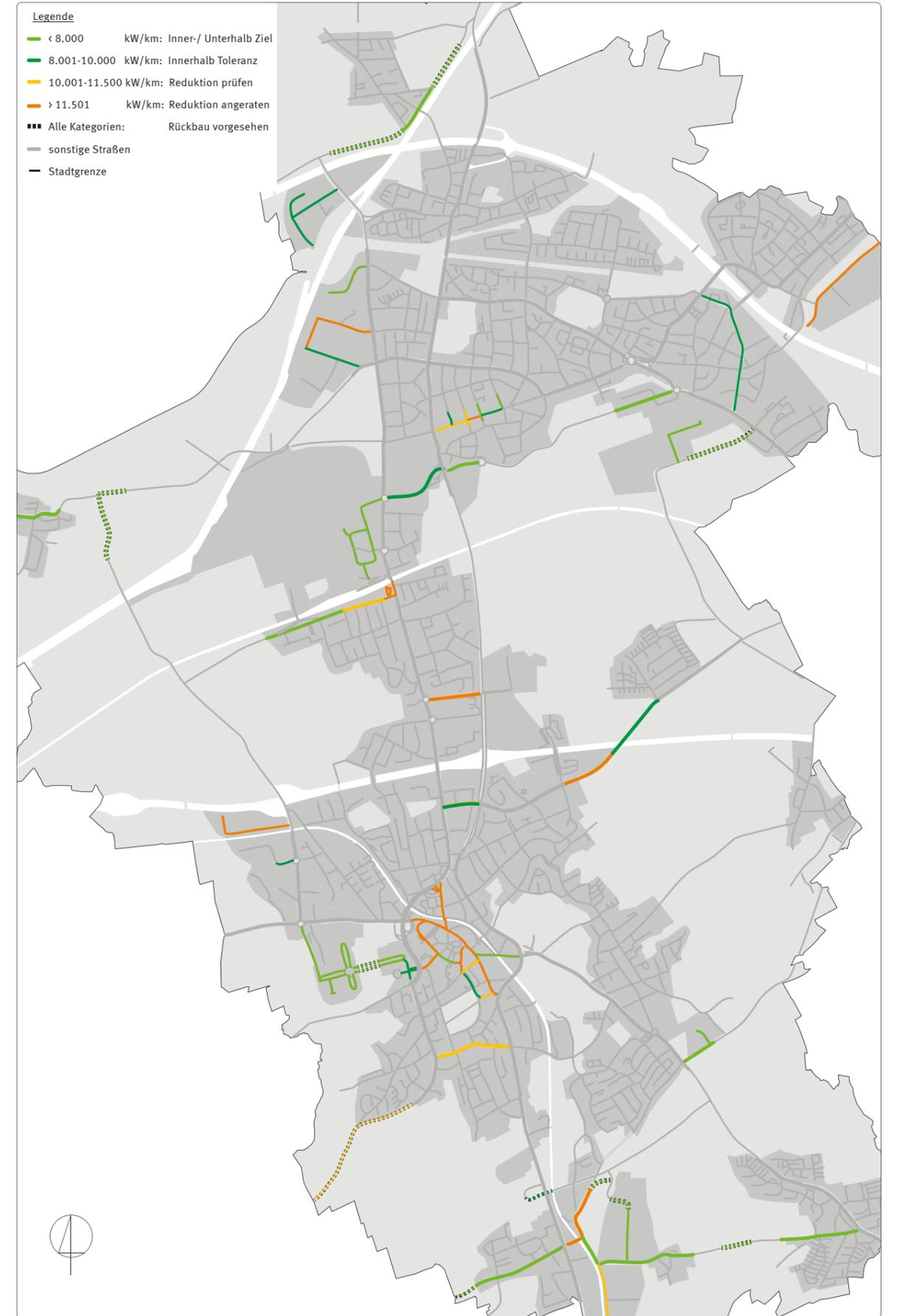
	Eingriffsbereich	Index	Empfehlung	Jahresverbrauch [kWh/km/a]
Jahresverbrauch	Reduktion	Vor 1	Zielorientierung	< = 16.000
			Toleranzbereich	16.001-19.500
			Intensiv prüfen	19.501-22.500
			Angleichung angeraten	> = 22.501
		Vor 2	Zielorientierung	< = 8.000
			Toleranzbereich	8.001-10.000
			Intensiv prüfen	10.001-11.500
			Angleichung angeraten	> = 11.501
		Gew 1 Zen 1	Zielorientierung	< = 8.000
			Toleranzbereich	8.001-10.000
			Intensiv prüfen	10.001-11.500
			Angleichung angeraten	> = 11.501
	Woh 1 Gew 2	Zielorientierung	< = 4.500	
		Toleranzbereich	4.501-5.500	
		Intensiv prüfen	5.501-6.200	
		Angleichung angeraten	> = 6.201	
Woh 2 Zen 2	Zielorientierung	< = 3.500		
	Toleranzbereich	3.501-4.000		
	Intensiv prüfen	4.001-4.500		
	Angleichung angeraten	> = 4.501		

17) Siehe Kapitel b.4 Pkt. 4.1 b) bis d)

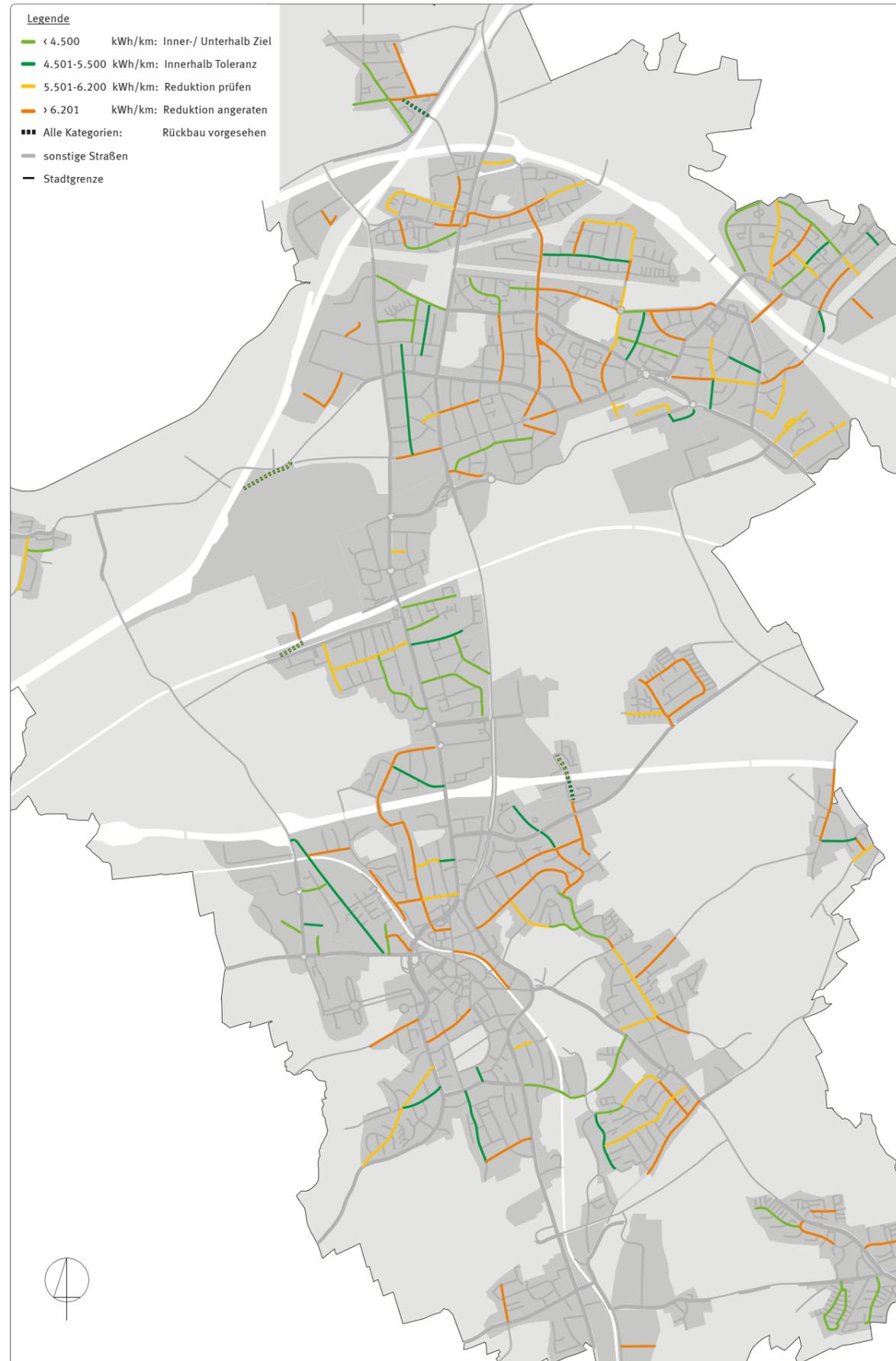
18) In der Bestimmung der Kennwerte wurde davon ausgegangen, dass höhere Straßenkategorien mit Lampentechniken ausgestattet sind, bei denen das Maß der Lichtreduktion nicht gleich der Leistungsaufnahme ist. Bei niedrigen Straßenkategorien wurde davon ausgegangen, dass Lampentechnologien genutzt werden, bei denen Lichtreduktion und Leistungsaufnahme proportional gleichsam sinken. Siehe hierzu Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2 f)



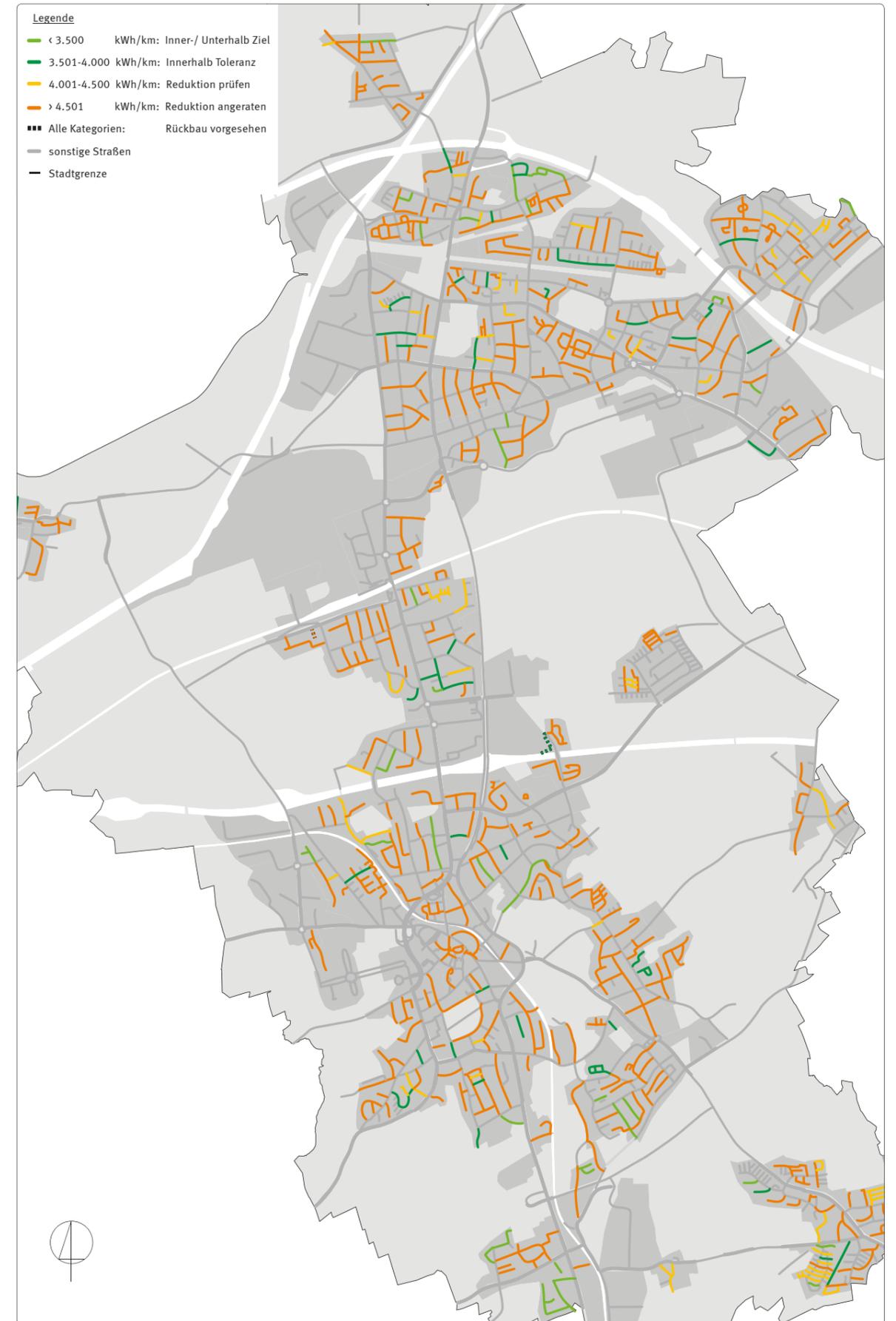
5.18 // Darstellung der Straßen zur Angleichung des Jahresverbrauchs. Hier: Vorbehaltsnetz DTW > 7.000 (Vor 1)



5.19 // Angleichung des Jahresverbrauchs. Hier: Vorbehaltsnetz, Gewerbe- und Zentrenstraßen > 75 Meter Länge (Vor 2, Gew 1, Zen 1)



5.20 // Darstellung der Straßen zur Angleichung des Jahresverbrauchs. Hier: Wohn- und Gewerbestraßen > 75 Meter Länge (Woh1, Gew 2)

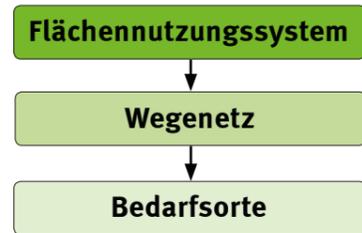


5.21 // Darstellung der Straßen zur Angleichung des Jahresverbrauchs. Hier: Wohn- und Zentrenstraßen > 75 Meter Länge (Woh2, Zen 2)

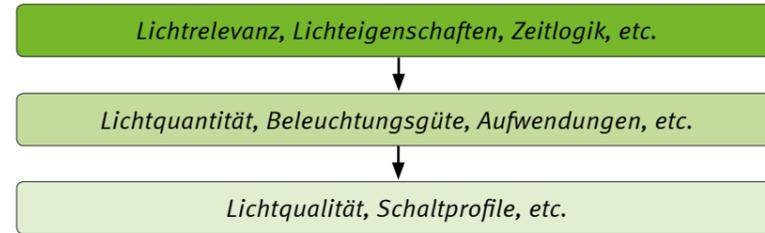
5.2 Licht- und betriebskonzeptioneller Rahmenplan

Der licht- und betriebskonzeptionelle Rahmenplan weist die Lichtnutzung der Stadt Castrop-Rauxel in die Zukunft. Er befasst sich mit drei lichtrelevanten Eingriffsbereichen: "Flächennutzungssystem", "Wegenetz" und "Bedarfsorte". Damit werden Grundsätze der Lichtnutzung auf drei, in ihrer Hierarchie abnehmende Maßstabsebenen bezogen, wobei Detaillierungsgrad und Individualität der Lichtnutzung und -planung "nach unten", in Richtung Bedarfsort zunehmen. Dafür sind die "oben", auf der Ebene des Flächennutzungssystems geführten Grundsätze von prinzipieller Bedeutung und beziehen sich weitgehend auf alle Beleuchtungsvorgänge in der entsprechenden Flächennutzung.

Eingriffsbereich:



Aussagen der Lichtnutzung:



a) Flächennutzungssystem¹⁹⁾

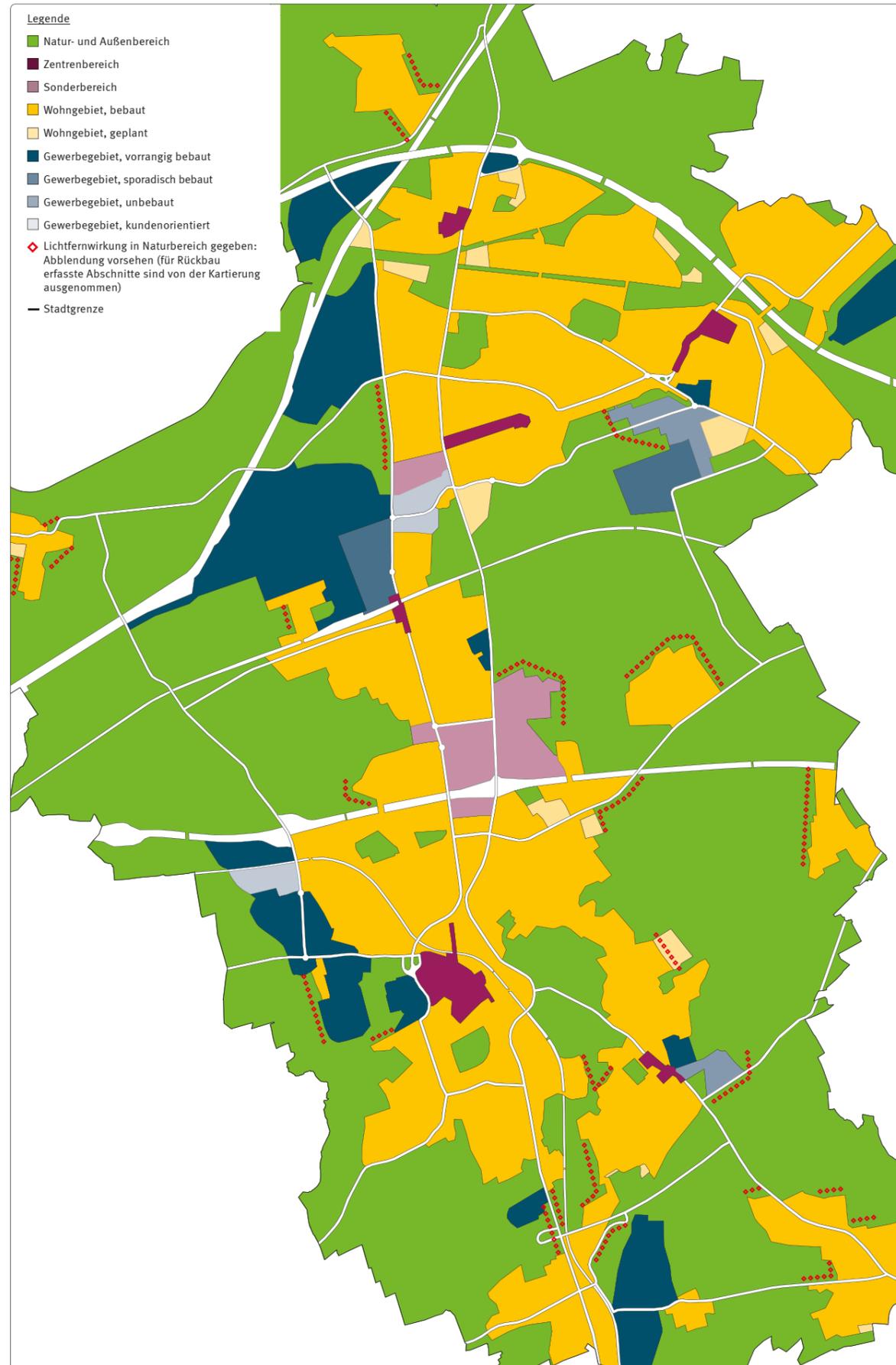
Die einzelnen Nutzungsbereiche der Stadt besitzen nicht nur unterschiedliche Aktivitätsmuster, an denen die Lichtstruktur ausgerichtet werden kann. Die Nutzungsbereiche verweisen auch auf eigene Lichtqualitäten, die in der Planung berücksichtigt werden sollten. Folgende Grundsätze obliegen dem Flächennutzungssystem:

- Natur- und Außenbereich**
 Neben reinen Naturbereichen sind hiermit auch innerstädtische Park- und Grünzonen gemeint. Sie sind vor Lichtimmissionen zu schützen, die Flora und Fauna stören. Als Dunkelzone sollte künstliche Beleuchtung zunächst ausgeschlossen sein. Bei wichtigen Fußwegeverbindungen ist Licht vorrangig zur Nutzungszeit (Abend- und Morgenstunden) vorzuhalten. Die Lichtqualität kennzeichnet hier die Vermeidung von UV-Anteilen im Lichtspektrum oder Streulicht. Schalt- und Dimmzeiten können entlang individueller Nutzungsintensitäten (Fußgänger- und Radfahrerzählung über den Nachtverlauf) ermittelt werden. An Fußwegen mit ungewisser oder wechselhafter Nutzungsintensität können dynamische Dimm- und Schaltmechanismen (z. B. Präsenzmelder) getestet werden.
- Wohngebiet**
 Wohngebiete sind die Lebensräume der Bürgerschaft. Eine maßvolle Lichtatmosphäre charakterisiert den Wohnbereich als Ort der Nachbarschaft und der körperlichen Regeneration. Der Lichtbedarf orientiert sich an kurzen Aufenthalten und Fußwegen im Nahbereich. Die Nutzungsfrequenzen richten sich nach gleichförmigen Zeitlogiken, so dass Schalt- und Dimmzeiten vorstrukturiert werden können. Der Bedarf, die architektonische Raumfassung sowie Farben der räumlichen Umgebung qualitativ hochwertig und vollständig wiederzugeben, ist reduziert aber gegeben. Der Schutz vor einer Aufhellung der Wohnräume hat Priorität.

19) Siehe räumliche Gliederung // 5.22

- Zentrenbereich**
 Zentrenbereiche sind faktische und auszubauende Zielorte für abendliche Freizeitaktivitäten der Besucher und Bewohner. Die Anforderungen an die Qualität der Lichtsituation sind sehr hoch. Verminderte Blendung, sehr gute Farbwiedergabe und visuelle Abstimmung des architektonischen Raumes durch Beleuchtung sind sehr bedeutend, wobei Ruheanforderungen der Anwohner nicht vernachlässigt werden dürfen. Für die Zentrenbereiche sollte je nach städtischer Bedeutung ein individuelles und hochwertiges stadtraumgestalterisches Konzept erarbeitet werden.
- Gewerbegebiet**
 Gewerblich genutzte Bereiche mit industriellen und großgewerblichen Einrichtungen sind Zonen mit hohen Lichtbedarfen für Arbeit und motorisierten Verkehr und niedrigeren Qualitätsansprüchen für Aufenthalt und Fußverkehr. Hohe Farbwiedergabe und Blendschutz von Fußgängern sind nur in zweiter Linie von Bedeutung. Durch ihre räumliche Lage, die zumeist an Naturzonen grenzt, sind eher ökologische Lichtqualitäten zu beachten. Mit Ausnahmen besonderer Gewebetypen (Schichtarbeit) sind Nutzungsfrequenzen gleichförmig getaktet, so dass Schalt- und Dimmzeiten auch hier vorstrukturiert werden können. Das gleiche gilt für Flächen mit großflächigem Einzelhandel. Gleichwohl ist hier der Bedarf einer Beleuchtung mit höherer Farbwiedergabe aufgrund der besseren Sehqualitäten gegeben. Ob kundenorientiertes oder industrielles Gewerbegebiet, es sollten vorrangig technische Leuchtentypen mit großen Lichtpunkthöhen eingesetzt werden.
- Sonderbereich**
 In Sonderbereichen liegen großflächige Einrichtungen der sozialen und kommunalen Infrastruktur oder besondere Institutionen wie z. B. Pflegeanstalten und Krankenhausareale. Die hier anzulegenden Lichtqualitäten reichen von repräsentativen (z. B. im Rathaus-/ Theaterbereich) bis zu sehqualitativen Anforderungen (z. B. in der Umgebung von Seniorenwohneinrichtungen). Die Lichtbedarfszeiten sind zumeist eindeutig bestimmbar, sodass individuelle Schaltkonzepte anwendbar sind (z. B. bei Schulen). Erste inhaltliche Hinweise werden auf der Maßstabsebene der "Bedarfsorte" gegeben.

Grundprinzipien nach Flächensystem	Flächennutzung	Lichtrelevanz	Lichteigenschaften	Zeitlogik
	Natur- und Außenbereich	nein, bzw. nur bei deutlichem Bedarf	sehr niedrige Qualitätsansprüche, schadungsfrei für Flora und Fauna	individuell nach Nutzung, Präsenz bezogen
	Wohngebiet, bebaut	ja	mittl. Qualitäts- und Quantitätsansprüche, störungsfrei für Anwohner	gleichförmig festlegbar nach Tageszeit und Wochentag
	Wohngebiet, unbebaut	nein	/	/
	Zentrenbereich	ja	hohe Qualitätsansprüche, blendfrei und hohe Farbwiedergabe	in Teilbereichen individuell, ansonst gleichförmig nach Tageszeit
	Gewerbegebiet, kundenorientiert	ja	mittlere Qualitäts- und Quantitätsansprüche	an Öffnungszeiten ausrichtbar
	Gewerbegebiet, bebaut	ja	niedrige Qualitäts- und mittlere Quantitätsansprüche, Lichtfernwirkung vermeiden	gleichförmig festlegbar nach Tageszeit und Wochentag
	Gewerbegebiet, sporadisch bebaut	eingeschränkt		
	Gewerbegebiet, unbebaut	nein	/	/
	Sonderbereich	ja	individuell	individuell



5.22 // Licht- und betriebskonzeptioneller Rahmenplan: Teilkarte "Flächensystem"

b) **Wegenetz**²⁰⁾

Die Kriterien auf der Ebene des Wegenetzes nehmen die Prinzipien des Flächennutzungssystems auf und explizieren sie für die Planung:

Eingriffsbereich/ Straßenkategorie	Vorbehaltsnetz		Wohngebiete		Zentrenbereiche		Gewerbegebiete	
	Vor 1	Vor 2	Woh 1	Woh 2	Zen 1	Zen 2	Gew 1	Gew 2
Typus	DTV > 7.000	DTV < 7.000	Hauptverkehr	Nebenverkehr	Motorverkehr	Fußverkehr	Hauptverkehr	Nebenverkehr
Referenz Farbwiedergabe und -temperatur	640				830		220	
Relative spektrale Intensität [nm]	> 400 / < 750							
Lichtpunktabstand [m]	30-40				k.A.		30-40	
Lichtstrom DLOR [klm/km]	~ 520	~ 190	~ 100	~ 80	~ 190	~ 80	~ 190	~ 100
Horiz. Bel.stärke Fahrbahn Em [lx]	k.A.		3,0		k.A.		3,0	
Horiz. Bel.stärke Fahrbahn Emin [lx]	k.A.		0,5		k.A.		0,5	
Leuchtdichte Fahrbahn (max.) Lm [cd/m²]	0,7	0,5	k.A.					
Gesamtgleichmäßigkeit Fahrbahn U0	>= 0,5							
Längsgleichmäßigkeit Fahrbahn UI	>= 0,7	>= 0,5	k.A.					
Beleuchtungsstärkeverhältnis SR	0,5				k.A.			
Schwellenwerterhöhung TI [%]	<= 10	<= 7	k.A.		<= 7	k.A.	<= 10	k.A.
Lichtstärkeklasse (bei ökon. Abständen)	(>= G3)		>= G4	>= G5	(>= G4)	G6	(>= G3)	>= G3
Blendindexklasse	<= D3		<= D4	<= D5	<= D4	<= D6	k.A.	
Horiz. Bel.stärke Gehweg Em [lx]	4,0				1,5			
Horiz. Bel.stärke Gehweg Emin [lx]	1,0				0,5			
Bel.stärke Wohnfenster 20.00-21.00 h [lx]	<= 6		<= 3		<= 6		/	
Bel.stärke Wohnfenster 21.00-6.00 h [lx]	<= 3		<= 1		<= 3		<= 3	
Anschlussleistung [kW/km]	<= 5,0	<= 2,5	<= 1,5	<= 1,3	<= 2,5	<= 1,3	<= 1,5	<= 1,5
Jahresverbrauch [kWh/km/a]	<= 16.000	<= 8.000	<= 4.500	<= 3.500	<= 8.000	<= 3.500	<= 8.000	<= 4.500
Kurzfristige Leistungsreduktion 50 % [h]	Mo.-So. 21.00-7.00							
Kurzfristige Leistungsreduktion 100 % [h]	/							
Mittelfristige Leistungsreduktion 50 % [h]	Mo.-So. 21.00-6.30							
Mittelfristige Leistungsreduktion 100 % [h]	Mo.-Fr. 02.00-04.00							
Langfristige Leistungsreduktion 50 % [h]	Mo.-Fr. 21.30-06.00		Mo.-Fr. 21.00-06.00		Mo.-Fr. 21.30-06.00		Mo.-Fr. 20.00-05.30	
	Sa.-So. 21.30-Tageslicht							
	Sa. 20.00-Tageslicht							
	So. 19.00-Tageslicht							
Langfristige Leistungsreduktion 100 % [h]	Mo.-Fr. 02.00-04.00		Mo.-Fr. 01.00-04.00		Mo.-Fr. 02.00-04.00		Mo.-Fr. 00.00-04.00	
Planungshinweise	Verhältnis der Bel.stärke zwischen Gehwegen und Fahrbahn >= 1:2 // Direktes Licht auf Fassaden vermeiden // Streulicht in Naturbereiche ausschließen // Bei Naturpassagen ist das Lichtspektrum in einem Bereich zwischen 570 und 630nm zu halten und/oder sind UV-Filter zu verwenden		Kontrastverhältnis der Beleuchtungsstärke zwischen beiden Bürgersteigen und Straßenfahrbahn >= 1:2 // Direktes Licht auf Fassaden vermeiden		Straßenbeleuchtung und stadtraumgestalterisches Lichtkonzept aufeinander abstimmen		Stadtraumgestalterisches Lichtkonzept ausarbeiten // Lichtquellen im Gesichtsfeld ausschließen	
	Streulicht und Lichtstrahlung in anliegende Naturbereiche ausschließen // Privatgewerbliche Funktions- und Parkplatzlichter mit Blendbegrenzung zu öffentlichen Erschließungsbereichen und Landschaftszonen sowie Lichtlenkung auf innere Bereiche der Betriebsgelände							

- **NatSt/NatWg:** Ist ein deutlicher Lichtbedarf zu erwarten, erfolgt die Wegebeleuchtung mit möglichst niedrigen Lichtpunkthöhen. Die generellen Lichtzeiten sind mithilfe von Passantenmessungen (Wochenmessung) festzulegen. Leuchten sollten eine Blendindexklasse von D6 vorweisen. Horizontale Beleuchtungsstärken von min. 1 lx (Gehwege mit Stufen und Unebenheiten min. 5 lx) leuchten den Weg aus. Beleuchtungswerte für Straßen sind an Kategorie "Woh1" zu orientieren. Leuchtmittel mit UV- oder IR-Anteilen im Lichtspektrum sind auszuschließen.
- **Fuß/Rad:** Ist ein deutlicher Lichtbedarf zu erwarten, erfolgt die Wegebeleuchtung mithilfe von max. 3 Meter hohen Leuchten (Lichtpunkthöhe), die nach Möglichkeit mit Präsenzmeldern geschaltet werden. So wird die Beleuchtung im Regelfall auf < 50 % gedimmt (je nach Leuchtmittel) oder gestuft; Ausleuchtung mit 100 % nur im Fall der Nutzung durch Fußgänger oder Radfahrer. Die generellen Lichtzeiten sind mithilfe von Passantenmessungen festzulegen oder an Nutzungszeiten (ÖPNV-Fahrzeiten etc.) auszurichten. Leuchten sollten einer Blendindexklasse von D6 folgen. Eine halbzyklische Beleuchtungsstärke von ca.1 lx

20) Siehe Gliederungsvorschlag // 5.23 (hier keine Zuweisung für Abschnitte B1.1 & B2)



5.23 // Licht- und betriebskonzeptioneller Rahmenplan: Teilkarte "Wegenetz" (keine Zuweisung für Rückbau-Abschnitte B1.1 und B2)

» Parkplätze sind nach Nutzung differenziert zu beleuchten und erhalten bei Bedarf eine raumbildende Zusatzbeleuchtung, um das subjektive Sicherheitsempfinden zu stützen.

» Wartebereiche sind mit einer Beleuchtung auszustatten, die auf Bedarfe vorrangig jüngerer und älterer Menschen eingeht.

(1,5 m über Boden) ist vorzuhalten. Lampen mit einer neutralweißen Lichtfarbe leuchten den Weg mit einer horizontalen Beleuchtungsstärke von min. 1 lx (Stufen und Unebenheiten min. 5 lx) aus. Ungleichmäßige und schattige Zonen sind zu vermeiden. Hindernisse sind mit Licht deutlich zu machen. Die Lichtlenkung ist als bandförmige Verteilung auf die Hauptwege zu konzentrieren. Für einen weichen Übergang der seitlichen Wegegrenze werden sehr geringe Anteile der umliegenden horizontalen Vegetation mitbeleuchtet. Leuchtmittel mit UV- oder IR-Anteilen im Lichtspektrum sind auszuschließen.

- **Zen3:** Platzbereiche sollten eine auf die räumliche Umgebung ausgerichtete Beleuchtung erhalten. Güte Merkmale und Schaltzeiten folgen den Kriterien der Kategorie "Zen2". Die unmittelbaren Transferflächen werden dabei richtungsbetont beleuchtet. Bei mehreren Laufmöglichkeiten ist die Leuchtenreihung mit 3 Meter Lichtpunkthöhe und ihre lineare Lichtwirkung auf wenige Bewegungslinien zu reduzieren. Die umliegenden Fassungen des Transerraums können je nach Ort in ihrer horizontalen Ausrichtung und Dimensionierung betont werden, d. h., dass das Volumen des Raumes (ggf. der obere Abschluss von Raumbegrenzungsflächen) wahrnehmbar wird.

c) Bedarfsorte²¹⁾

Die Bedarfsorte gehen tlw. über den kommunalen Aufgabenbereich hinaus. Es sind Orte, die zumeist lichtplanerisch vernachlässigt werden, gleichzeitig jedoch wichtige Aufenthaltsorte oder Transferzonen zur Kunstlichtzeit bilden. Eine kooperativ mit Privatpersonen initiierte Qualifizierung der Orte ist angeraten.

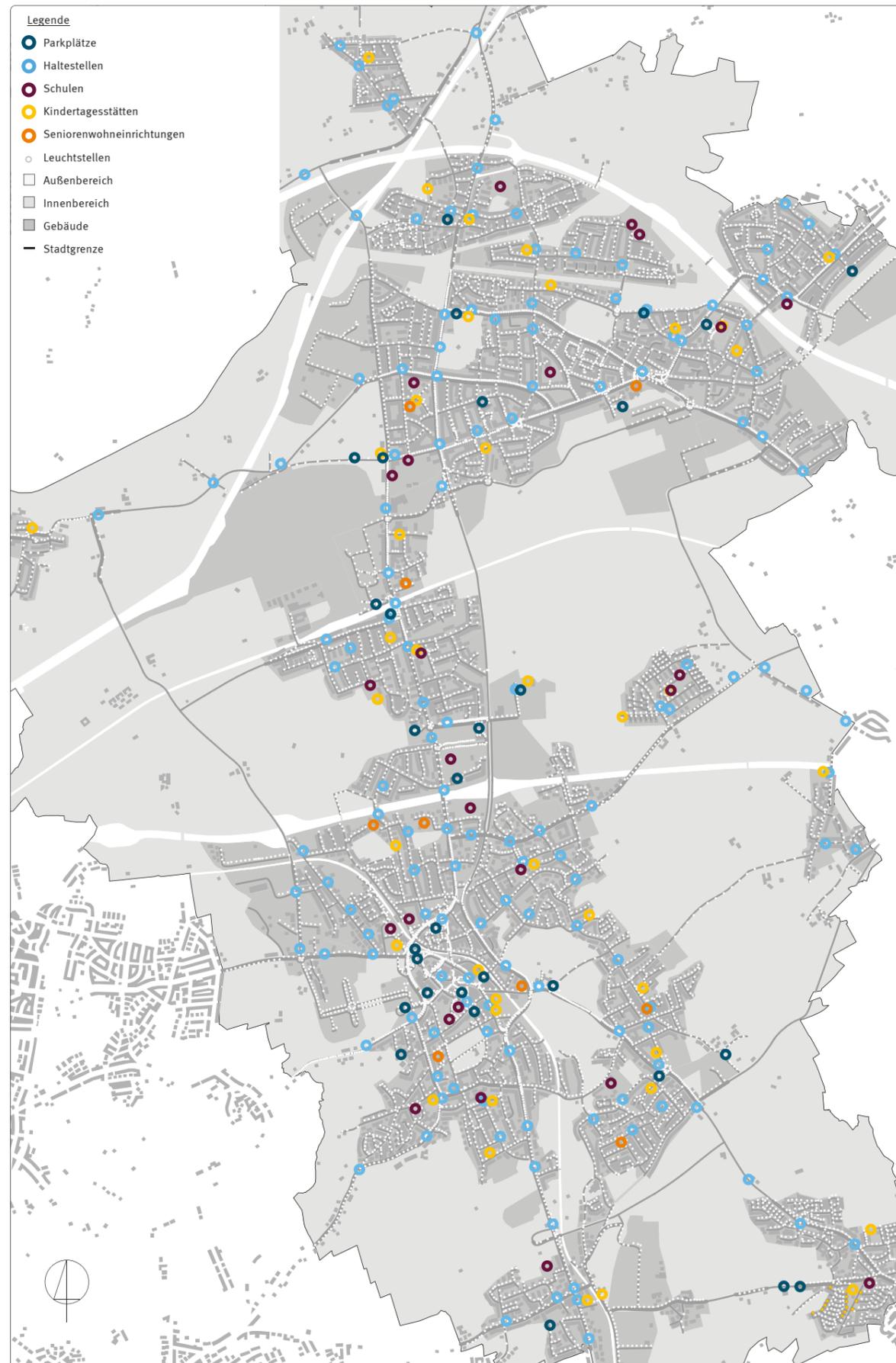
• Parkplätze

Die Aufwendungen pro Quadratmeter Platzfläche werden wie folgt orientiert: ~ 0,0015 Leuchten/m², Anschlussleistung: < 0,15 Watt/m², Lichtstrom: ~ 10 lm/m². Die Grundbeleuchtung wird bei Nichtnutzung durch Personen zeitverzögert (ca. 30 min. nach letztem Nutzerimpuls) auf < 50 % gedimmt. Bei Nutzung ist die Grundbeleuchtung auf 100 % zu regeln. Alternativ kann je nach Belegungsgrad auch zonal zurückgeschaltet werden. Je nach Größe, Form und Bepflanzung kann zur Grundbeleuchtung eine raumbildende Zusatz- oder Akzentbeleuchtung geschaltet werden, die visuelle Rauminformationen vervollständigt. Hierbei ist besonders auf die Hervorhebung möglicher Fluchtwege zu achten. Bei Parkplätzen, die nachts nicht genutzt werden (z. B. an Einkaufszentren), wird die Beleuchtung in Nachtzeiten abgeschaltet. Schattenwirkungen, ungleichmäßige Ausleuchtungen und Blendung sind zu vermeiden.

• Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs

Die Beleuchtung ist auf die unmittelbaren Wartezonen zu beschränken. Sie wird mit einer mittleren horizontalen Leuchtdichte von ca. 3 cd/m² gleichmäßig beleuchtet. Sofern möglich, sollte die Beleuchtung – ohne Sicht auf das Leuchtmittel – über die Reflexion der Wartestanddecke erfolgen. Haltestellen, die nur aus einer Informationstafel bestehen, sollten pro Tafelseite eine nach unten gerichtete, breit strahlende Punktlichtquelle erhalten. Lampen weisen Farbtemperaturen im warm-weißen Bereich mit einer Farbwiedergabe von > 80 Ra auf. Akzentuierte Beleuchtung ist für Gefahrenstellen (z. B. Treppen) und Informationsträger vorzusehen. Informationstafeln sind

21) Siehe räumliche Verortung // 5.24



5.24 // Licht- und betriebskonzeptioneller Rahmenplan: Teilkarte "Bedarfsorte"

» Lichtbedarfe an schulischen Einrichtungen sind individuell zu ermitteln. Ihnen sollte auf die jeweiligen Nutzungszeiten bezogen entsprechen werden.

» Ältere Menschen zeigen höhere Lichtbedarfe, die speziell in ihren Aktionsräumen berücksichtigt werden sollten.

» Als Orte, die häufig unangenehme Gefühle hervorrufen, sind Fußgängerunterführungen besonders zu berücksichtigen.

gleichmäßig und indirekt zu beleuchten. Das visuelle Umfeld ist durch eine nicht blendende oder Schatten bildende Beleuchtung kontrastreich auszugestalten. Die Kontrastwahrnehmung kann dabei durch Farbgebung unterstützt werden. Differenzierte Leuchtdichtekontraste der Informationsträger können entlang DIN 32975 orientiert werden. Vertikale Lichtkästen für Werbung, die als Haltestellenwand dienen, sind zu vermeiden.²²⁾ Sofern sie zum Bestand gehören, sollte ihre mittlere Leuchtdichte 10 cd/m^2 nicht überschreiten. Haltestellen ohne Stromanschluss können dezentral über Fotovoltaikanlagen versorgt werden. Schaltzeiten sind auf Fahrzeiten zu beschränken.

- **Wege zu Schulen und Kindertagesstätten**

Für Grundschulen wurden vom Bereich Ordnungswesen der Stadt Castrop-Rauxel Gefahrenbereiche auf Schulwegen kartiert.²³⁾ In Erweiterung dieser Kartierung mit Sekundarschulen und Kindertagesstätten, können entsprechende Bereiche auf ihre Lichtrelevanz geprüft werden. Gefährliche Situationen, in denen die Beleuchtung ein Kriterium bildet, sind lichtplanerisch zu überarbeiten. Es ist darauf zu achten, dass hier auf erhöhte Leuchtdichten und Blendfreiheit geachtet wird. Es sollten tageslichtweiße Lampen eingesetzt werden, bei denen das Lichtspektrum im blau-grün Bereich dominiert, um die Sehleistung bei allen Verkehrsteilnehmern zu steigern. Handelt es sich um Zusatzbeleuchtung, die in der Schulzuwegung begründet ist, sind Betriebszeiten auf Nutzungszeiten der Einrichtung nach Tageszeit, Wochentag und Ferienzeit zu beschränken.

- **Wege zu Seniorenwohneinrichtungen**

Insbesondere Wegeflächen zu Seniorenwohneinrichtungen, bzw. Wege zwischen ÖPNV-Haltestellen und Wohneinrichtungen sollten erhöhte Leuchtdichten von ca. 3 cd/m^2 vorweisen, die über helle Bodenbeläge hergestellt werden können. Es ist auf absolute Blendfreiheit zu achten – Eingänge inbegriffen. Lampen und Lichtaustrittsflächen sind vertikal nach unten strahlend auszurichten und außerhalb des Gesichtsfelds zu positionieren – die Neigung stark abgeschirmter Leuchten (flache Abschlüsse) und deren Ausleger sind auf 0° halten. Die visuelle Umgebung ist über Farben oder Texturen kontrastreich auszugestalten. Der/die Demografie- bzw. Behindertenbeauftragte ist in die Planung einzubeziehen. Angaben der DIN 32975 sind zu berücksichtigen.

- **Fußgängerunterführungen**

Am Tag sollte eine halbzylindrische Beleuchtungsstärke von min. 25 lx ($1,5 \text{ m}$ über Boden) vorgehalten werden – in der Nacht min. 10 lx . Die Sicht auf Leuchtmittel ist unbedingt zu vermeiden. Es sollten vorrangig die vertikalen Flächen der Unterführung gleichmäßig ausgeleuchtet oder eine indirekte, über die Decke reflektierte Grundbeleuchtung erzeugt werden. Auf selbstleuchtende Flächen und Objekte sollte verzichtet werden. Ein- und Ausgänge sind als Adaptionstrecken auszulegen. Eine neutralweiße Lichtatmosphäre mit einer Farbwiedergabe $> 80 \text{ Ra}$ und lichtgestalterische Akzente im gelbroten Farbbereich befördern den positiven Ortseindruck. Elemente der baulich-räumlichen Umgebung sind im Rahmen eines Lichtkonzepts einzubeziehen. Bei etwaig baulichen Eingriffen ist darauf zu achten, dass die Reflexion umliegender Flächen über 50% (Reflexionsgrad: $> 0,5$) liegen (heller Eindruck durch helle Oberflächen).

22) Negativbeispiele in Gliederungsteil: e.2 – Standorte LCR-R-015-SW od. LCR-R-041-S

23) Siehe entsprechende Flyer "Mein sicherer Schulweg (...)" der Stadtverwaltung.

5.3 Begleitkatalog

Damit Konzept und Empfehlungen der integrierten Lichtleitplanung für Castrop-Rauxel schrittweise umgesetzt werden können, fasst der hier folgende Katalog die Grundsätze zusammen, die für die alltägliche Beschaffung, Errichtung und Steuerung der Anlagen von Bedeutung sind. So sollten vor der konkreten Ausführung und während der Bestimmung geeigneter Leuchten, Maste, Betriebsgeräte usw. die hier aufgelisteten Grundsätze und Hinweise zu Hilfe genommen werden. Die Empfehlungen sind den jeweiligen Teilzielen der Planung zugeordnet.²⁴⁾

24) hierzu Gliederungsteil: a.2 Pkt. 2.2



Teilziel 1: Schonung der Umwelt

- Verwendung von Leuchtmitteln mit schmalbandigen Lichtspektren (zwischen >570nm <630nm z. B. Natriumdampf lampen) oder UV-Filtern in Natur- oder Parkbereichen.
- Streulicht im oberen Halbraum der Leuchten < 1 % halten.
- Bevorzugung von (stark) abgeschirmten Leuchten.
- Leuchten- und Auslegerneigung auf 0° halten.
- Bevorzugung von Leuchten mit klaren, flachen oder nur leicht gewölbten Glasabschlüssen.
- Vermeidung von Lichtquellen mit UV- oder Infrarotanteilen.
- Berücksichtigung der Licht-Fernwirkung in der Planung und Minimierung etwaiger Lockwirkung von Tieren und Insekten.
- Minimierung der Oberflächentemperatur der Leuchtenkörper auf unter 60 °C insbesondere in naturnahen Bereichen.
- Bevorzugung von Leuchten deren Bauteile aus wiederverwertbaren Materialien bestehen und nach Ende des Nutzungsgangs repariert werden können.
- Berücksichtigung minimierter Quecksilbergehalte bei Lampenbeschaffung nach folgender Orientierung:

Lampentyp	Quecksilbergehalt [mg]
Leuchtstofflampen, mittelfristige Perspektive	< 3.0
Leuchtstofflampen, Zielperspektive	< 1.5
Hochdrucklampen, mittelfristige Perspektive	< 20
Hochdrucklampen, Zielperspektive	< 10

Teilziel 2: Verbesserung des Wohlbefindens

Leuchtenarchitektur

- Vermeidung von modischen, extremen oder expressiven Leuchtenformen.
- Berücksichtigung der proportionalen Abstimmung der Einzelglieder der gesamten Leuchte (auch bei Retrofits).
- Bevorzugung von dunkleren, neutralen Farbtönen (z. B. Anthrazit) bei der Oberflächenbeschichtung der Maste und Farbgebung der einzelnen Lampenteile. Unproportionale Ausleger vermeiden.
- Verwendung dekorativer Leuchten ausschließlich in Zentrenbereichen, sofern die stadträumliche Situation erhöhte repräsentative Anforderungen stellt.
- Konsultation des Gestaltungsbeirats der Stadt Castrop-Rauxel bei Bestimmung neuer Leuchten. Berücksichtigung von Alternativen und Vorlage konzeptioneller Zielrichtungen.



Lichtwirkung und visuelle Ergonomie

- Vermeidung direkter Blickverbindungen auf Leuchtmittel (ggf. Abschwächung durch Blenden).
- Bevorzugung hoher Lichtpunkthöhen bzw. Leuchten deren Lichtaustrittsflächen außerhalb des Gesichtsfelds liegen.
- Gleichwertige Berücksichtigung von Effizienz und Sehqualität.
- Vermeidung von diffus und ungerichtet strahlenden Leuchten sowie sichtbaren Beleuchtungskörpern (z. B. Kugelleuchten).
- Vermeidung von grenzüberschreitenden Emissionen, die zur Störung der Nachbarschaft beitragen.

Leuchte und Licht im Stadtraum

- Vermeidung rotationssymmetrischer, ungerichteter Leuchten.
- Vermeidung des Wechsels des Leuchtencharakters in einer "geschlossenen" Gebietseinheit/Straße.
- Differenzierte Berücksichtigung des gestalterischen Qualitätsanspruchs der Leuchten auf den jeweiligen Gebietstyp bezogen, wobei der gänzliche Verzicht von gestalterischen Qualitätsansprüchen vermieden werden sollte.
- Berücksichtigung der geordneten Linienführung der Hauptwegeorientierung in perspektivischer Sicht.
- Örtliche Bemusterung neuer Leuchten unter den Aspekten der Lichtverteilung, Blendung bzw. Schattenbildung.
- Vermeidung kaltweißer Farbtemperaturen.
- Berücksichtigung der räumlichen Umgebung bei Planung von Position, Neigung und Höhe der Leuchte.
- Planung der Umgebungsaufhellung und Beschränkung der Aufhellung priv. Hausfassaden/-fenster auf folgende Maße:

Gebietsart / Beleuchtungsstärke am Fenster [lx] nach Uhrzeit [h]	20.00 bis 21.00	21.00 bis 6.00
Wohnnutzung am Vorbehaltsnetz	≤ 6	≤ 3
Wohnnutzung im Wohngebiet	≤ 3	≤ 1
Wohnnutzung im Zentrenbereich	≤ 6	≤ 3
Wohnnutzung im Gewerbegebiet	/	≤ 3

Teilziel 3: Stärkung der Leistungsfähigkeit

Planung

- Berücksichtigung von Planungs- und Produktalternativen bei Konkretisierung neuer Beleuchtungsanlagen.
- Beachtung des umliegenden Leuchtenbestands bei Neuplanung.
- Vermeidung von Leuchtenpositionsplanungen nach vermeintlich stadträumlichen Prämissen.
- Ausrichtung von Neuanlagen in Aspekten des Niveaus, der Gleichmäßigkeit und sonstiger Qualitäten am bewährten Bestand.
- Konsequente Vermeidung licht- und beleuchtungsquantitativer Überdimensionierung und Bestimmung lichtquantitativer Mindestmerkmale als Höchstwerte.
- Individuelle Ermittlung der Fahrbahn-Reflexionseigenschaften als Grundlage der Beleuchtungsplanung.
- Berücksichtigung der Fahrbahnaufhellung bei Straßenneubau oder Sanierung der Deckschicht.



- Vermeidung von pauschalen Bestimmungen bei der Wahl entsprechender Beleuchtungsklassen.
- Durchführung von Variantenprüfungen zu Interpretation etwaiger Beleuchtungsklassifizierungen.

Leuchtensystem

- Verwendung abgestimmter Komplettsysteme (Reflektor, Lampe und Vorschaltgerät; ggf. Mast) bei Umrüstung anstatt Austausch von Einzelkomponenten.
- Verwendung von Leuchten mit optimierten Spiegeloptiken (auf das jeweiligen Leuchtmittel bezogen).
- Keine Kompaktleuchtstofflampen in Langfeldleuchten.
- Nutzung von Sonderleuchten nur in begründeten Ausnahmen.
- Bevorzugung von Leuchten mit 1-lampiger Bestückung und optimierter Spiegeloptik.
- Beachtung des Gesamtsystems bei Effizienzbeurteilung.
- Verwendung von Leuchten mit einem System-Betriebswirkungsgrad des von mind. 70 % (unter Gewährleistung des Herstellers).
- Berücksichtigung der Verifizierung lichttechnischer Angaben von Leuchten von unabhängiger Seite.
- Wahl des Leuchtentyps am funktionalen Bestand orientieren.
- Beachtung langjähriger Ersatzteilzusage durch Hersteller.
- Verwendung von neuen Beleuchtungstechnologien sofern Anschaffungskosten relativ niedrig sind sowie hohe Betriebswirkungsgrade, effizientes Betriebsmanagement und Reversibilität garantiert werden können (z.Zt. fehlende Normung von LED-Systemen).
- Vermeidung von LED-Modulen in vorhandene Leuchten.
- Anpassung des Schaltkonzepts auf die optimale Betriebsweise der verwendeten Leuchtmittel.

Betriebsgeräte

- Bevorzugung von elektronischen Vorschaltgeräten bei stabförmigen und kompakten Leuchtstofflampen.
- Bevorzugung von energieeffizienten induktiven Vorschaltgeräten bei Hochdrucklampen.
- Bevorzugung von einem Vorschaltgerät für mehrere Lampen.
- Orientierung der Effizienz der Betriebsgeräte wie folgt:

Lampentyp	Mindesteffizienzklasse
Leuchtstofflampen, mittelfristige Perspektive	A3
Leuchtstofflampen, Zielperspektive	A2
Leuchtstofflampen, dezentral gesteuert	A1
Hochdrucklampen, mittelfristige Perspektive	B2
Hochdrucklampen, Zielperspektive	> A3

Leuchtenkonstruktion und -material

- Bevorzugung von Leuchten, bei denen das Leuchtensystem Einstellmöglichkeiten der Lichtverteilung vor Ort vorweist.
- Bevorzugung von Leuchten mit einfacher Wartungsbedienung (z. B. werkzeuglose Wartung).
- Nutzung von fertigungstechnisch optimierten Schutzarten (mind. IP54, besser IP65), die durch die Fertigung der Leuchte auch auf Dauer gehalten werden können.
- Bevorzugung von Leuchten, deren Oberflächenbeschichtung nach Möglichkeit selbstreinigende (Regen) sowie wärme- und witterungsbeständige Eigenschaften vorweist.

Trägersystem und Position

- Bevorzugung von Seilsystemen sofern eine hohe Lichtqualität auf der Fahrbahn erzielt werden soll und die Gefahr des Einwachsens im Straßenbegleitgrün besteht.
- Mastträger konsequent mit weitreichenden Auslegern versehen und die Leuchten straßenmittig platzieren.
- Konsequente Trennung von Leuchtstellen und Baumzonen.
- Berücksichtigung regelmäßiger Pflegeschnitte von Bäumen, die in der Nähe von Leuchtstellen stehen.
- Mastträger bei breiten Fahrbahnen nach Möglichkeit auf dem Mittelstreifen der Straße positionieren. Bei nicht vorhandenem Mittelstreifen sollte der Bau geprüft werden.

Leuchtenbetrieb und -organisation

- Vermeidung des Leuchtenbetriebs in nicht entwickelten Bereichen.
- Berücksichtigung der Nutzungszeiten bei Bestimmung der Betriebszeiten / Vermeidung des ganz-nächtigen Betriebs.
- Nutzung von dezentralen Schaltsystemen (z. B. im Vorschaltgerät integriert) in Bereichen mit gesellschaftlich einheitlich getakteten Aktivitätsmustern (z. B. Wohngebiet).
- Bevorzugung von Leuchten, die langfristig kompatibel zu Anlagen sind, die eine individuelle Lichtsteuerung übernehmen können.
- Langfristige Anstrengung von adaptiven/bedarfsorientierten Managementsystemen und Technologien, die in belebten und lichtintensiven Bereichen auf die Umgebungshelligkeit und die Nutzungsdichte eingehen, sofern die Einsparpotenziale in einem rentablen Verhältnis zur Investition liegen.
- Langfristige Anstrengung von intelligenten Netzsystemen (Smart Grid), die Straßenbeleuchtung und andere Verbrauchssysteme kommunikativ vernetzen und steuern.

Leuchtmittel

- Verwendung von Hochdruckentladungslampen bei erhöhten Lichtanforderungen.
- Berücksichtigung folgender Anforderungen bei Beschaffung:

Typ	Nennleistung	Lichtausbeute	Lichtstromerhalt	Überlebensfaktor	Betriebsstunden
T-B	18 W	>= 75 lm/W	>= 0,90	>= 0,90	>= 12.000 Std.
	36 W	>= 90 lm/W			
T-CL	18 W	>= 65 lm/W	>= 0,80	>= 0,80	>= 8.000 Std.
	24 W	>= 75 lm/W			
HST	50 W	>= 80 lm/W	>= 0,80	>= 0,90	>= 16.000 Std.
	70 W	>= 90 lm/W			
	100 W	>= 100 lm/W			
	150 W	>= 110 lm/W			
HIT	50 W	>= 80 lm/W	>= 0,80	>= 0,90	>= 12.000 Std.
	70 W	>= 90 lm/W			
	100 W	>= 90 lm/W			
	150 W	>= 100 lm/W			

- Bei LED-Leuchten sollte der Leuchtenwirkungsgrad mind. 70 lm/W betragen. Herstellergarantien sollten von unabhängigen Gutachtern bestätigt werden.

5.4 Konkretisierung im Teilraum

Fortfolgend werden für die Bereiche Altstadt, Habinghorst und Deininghausen Empfehlungen ausgesprochen, die das Gesamtkonzept um Aspekte des stadträumlichen Kontexts erweitern.

5.4.1 Innenstadt/Altstadt

Die auf Licht und Beleuchtung bezogene Entwicklung der Altstadt von Castrop-Rauxel zeigte bisher zwei Wege. Zum einen die Sensibilisierung für ein atmosphärisches Stadtlcht infolge unterschiedlicher temporärer Inszenierungsmaßnahmen und zum anderen eine eher nicht lichtqualitativen Prämissen folgende Alltagspraxis in der Lichtstruktur. Gleichwohl wurden in schrittweiser Entwicklung auch für öffentliche Leuchtstellen neue Strategien erprobt. Auch wenn sich Lichtkomposition und Lichtstruktur hier wünschenswerterweise verschränken, wird fortfolgend auf die Wege- und Platzbeleuchtung des öffentlichen Sektors fokussiert. Hinweise zur inszenatorischen Profilierung werden im Handlungsbereich **LICHTKOMPOSITION** gegeben. Die Empfehlungen werden bausteinartig nach Handlungsraum ausgesprochen und in Abbildung //5.38 verortet.

a) Fußgängerzonen und Platzbereiche

In jüngerer Vergangenheit wurden insbesondere die Fußgängerzonen und Platzbereiche mit dem vermeintlich architektonisch-dekorativen Leuchtentyp D1.1 ausgestattet.²⁵⁾ Aufgrund mangelnder Wirkungsgrade und einer Symmetrie versuchenden Positionierungslogik zeigt sich eine Überzahl dieser Leuchten, die die öffentlichen Aufenthalts- und Transferräume überladen wirken lassen.²⁶⁾ Zudem ergibt sich eine hohe Leuchtstellendichte, die es im Sinne zu optimierender Wartungskosten zu reduzieren gilt. Auf die Lichtwirkung bezogen, muss festgestellt werden, dass sich Lampen und Lichtaustrittsflächen permanent im Gesichtsfeld von Passanten befinden, was die Wahrnehmungsqualität der räumlichen Umgebung stark beeinträchtigt.²⁷⁾ Über die teilweise nahe Distanz zu Gebäuden in der Fußgängerzone, die maßgeblich von Wohnnutzung geprägt werden, ergeben sich auch bedenkliche Streuverluste in Wohnräumen, die es zu vermeiden gilt.

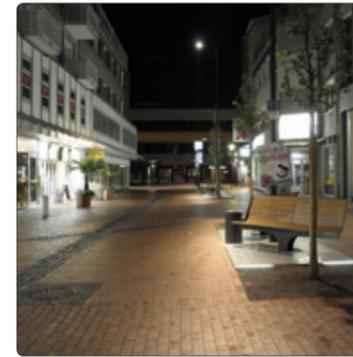
Eine dahin gehend positive Entwicklung zeigt sich durch die im Jahr 2010 eingerichtete Alternative "Im Ort" – zwischen Busbahnhof und Lambertusplatz.²⁸⁾ Durch diese Lösung konnte die Leuchtstellenanzahl um zwei Drittel reduziert und die Lichtaustrittsfläche aus dem Gesichtsfeld genommen werden. Aufgrund der nach unten gerichteten, asymmetrischen Lichtlenkung werden unmittelbare Streuverluste in den Himmel und in Wohnräumen vermieden. Die Vermeidung der Fassadenaufhellung dient im Folgeschritt den eingerichteten und einzurichtenden Fassadenilluminationen. Durch die Verwendung von Halogen-Metaldampflampen ergibt sich zwar eine annähernd gleiche Energiekonsumtion, wie zuvor, doch trägt die brillantere Licht- und Farbwiedergabequalität deutlich zur Stadtattraktivierung bei.²⁹⁾ Es wird empfohlen, diese Lichtlösung im nördlichen Teil der



5.25 // Mastüberfüllte Fußgängerzone



5.26 // Altstadtbeleuchtung mit KGR-Typ D1.1



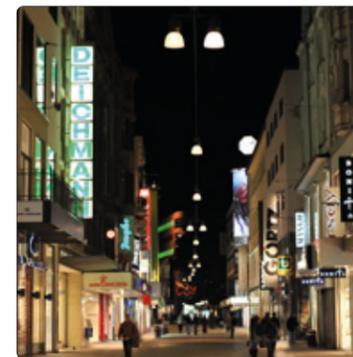
5.27 // Altstadtbeleuchtung mit KGR-Typ G3.1



5.28 // Mastüberfüllte Fußgängerzone



5.29 // Prinzipskizze Seilsystem



5.30 // Beispielbild Seilsystem

Münsterstraße und im Verbindungsweg zwischen Simon-Cohen-Platz und dem Einkaufszentrum "Widumer Platz" fortzuführen (A.1).³⁰⁾

In den räumlich engeren Einkaufspassagen wird angeraten, vorhandene Mastträger zu entfernen. Sie blockieren deutlich die entsprechenden Transferräume.³¹⁾ So wird angeraten, in der südlichen Münsterstraße – zwischen Lambertusplatz und Mühlenstraße – und "Am Markt" – zwischen Marktplatz und Kreuzung Münsterstraße – eine hochwertige Beleuchtung am Seilträger einzurichten (A.2). Entsprechende Leuchten sollten nach technischer Möglichkeit zwei Beleuchtungsmechanismen vorweisen, die differenziert Fassaden- und funktionale Grundbeleuchtung gewährleisten.³²⁾ Die Grundbeleuchtung sollte ausschließlich die horizontalen Wegeflächen beleuchten und keine Blendung hervorrufen. Die Fassadenkomponente sollte mit einem geringen Lichtstrom zur behutsamen Aufhellung umliegender Gebäudefassaden beitragen (≤ 6 Lux an betroffenen Fenstern). Die Fassadenkomponente sollte nach 21.00 Uhr abgeschaltet werden (besondere Veranstaltungen ausgenommen, Freitag- und Samstagabend +1 Std.).

Der Markplatzbereich wird hier nicht thematisiert, er ist Gegenstand ausstehender Planungen. Die übrigen Platzbereiche oder Zugänge zur Altstadt sind aktuell in lichtgestalterischer Umbauplanung.

b) Busbahnhof und Taxistand

Zwei besondere Orte des Aufenthalts und Umstiegs in der Altstadt sind der westlich liegende Busbahnhof mit angegliedertem Taxistand. Beide Bereiche erhielten im Rahmen städtebaulicher Umbaumaßnahmen eine neue Beleuchtung. Bezogen auf die Haltestellen des Busbahnhofs kann festgestellt werden, dass Lichtqualität und Lichtquantität sehr zufriedenstellend sind.³³⁾ Hier sollten zwei Maßnahmen zur Qualifizierung eingeleitet werden. Zum einen sollte der ergebnislose Versuch, die Glasdächer der Haltestellen anzuleuchten, fallen gelassen und die ansonst kein bedenkliches Streulicht produzierenden Leuchten nach oben abgeblendet werden. Zum anderen empfiehlt sich – aufgrund der in räumlicher Hinsicht hohen Stromverbrauchswerte – eine Abschaltung der Leuchten der mittig liegenden Haltestelleninsel zu Zeiten in denen kein Busverkehr stattfindet.

Im Gegensatz zur Allgemeinbeleuchtung des Busbahnhofs ist die Beleuchtung des Taxistands an der Lönstraße grundsätzlich defizitär zu bewerten.³⁴⁾ Die Qualifizierung sollte drei Punkte berücksichtigen: Reduktion der starken Blendung, Anhebung der Farbwiedergabequalität und Reduktion der Leuchtenanzahl. Es wird empfohlen, die Beleuchtungslösung des Busbahnhofs für den Taxistand zu erweitern (A.3).

25) Siehe hierzu Kapitel b.2 Pkt. 2.1 b)

26) Siehe Gliederungsteil: e.2 – Standorte LCR-I-005-SO od. LCR-I-004-SO

27) Siehe hierzu Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2 c) und Abbildungen // 5.25 und // 5.27

28) Siehe Gliederungsteil: e.2 – Standort LCR-I-060-SO und Abbildung // 5.27

29) Die Maßnahmenbeschlüsse erfolgten parallel zur Erstellung der hier vorliegenden Handlungsempfehlung. Die Maßnahmen wurden gemeinsam mit dem beauftragten Lichtplaner und der Stadtentwicklung erörtert und in Rundgängen konkretisiert. Insofern besitzen die Ausführungen nachrichtlichen Charakter.

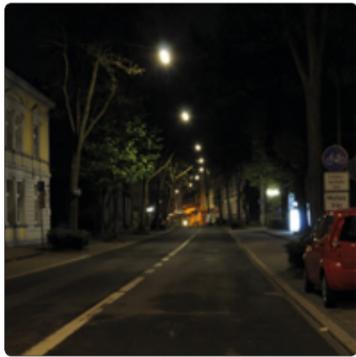
30) Siehe zur Verortung der Maßnahme Abbildung // 5.38

31) Siehe Abbildung // 5.28

32) Siehe Prinzipskizze in Abbildungen // 5.29 und Beispiel in Abbildung // 5.30

33) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.2 – Standort LCR-I-063-SW

34) Siehe hierzu Gliederungsteil: e.2 – Standort LCR-I-008-SO



5.31 // Langfeldleuchte am Seilträger

c) Zu-, Aus- und Umfahrten

Die Zu-, Aus- und Umfahrten der Altstadt zeigen aktuell vier verschiedene Beleuchtungsprinzipien:³⁵⁾

1. Seilträger, Langfeldleuchte, Leuchtstofflampe

VORTEILE: Keine Blendung, weiße Lichtfarbe, gute Farbwiedergabe, Anschlussleistung und Verbrauch im Halbnachtbetrieb akzeptabel, keine Gefahr erhöhter Wohninnenraumaufhellung, mittige und symmetrische Ausleuchtung des Straßenraums, hohe Gleichmäßigkeit, ausreichende Beleuchtungsniveaus auf Nutz- und Raumbegrenzungsflächen, gute Wirkungsgrade bei Neuprodukten. NACHTEILE: Diffuse Lichtverteilung, hohe Lichtpunktanzahl, funktionaler Charakter der Leuchtenarchitektur.

2. Gebogener Mastträger, Langfeldleuchte, Leuchtstofflampe

VORTEILE: Geringe Blendung, weiße Lichtfarbe, gute Farbwiedergabe, Anschlussleistung und Verbrauch akzeptabel, wenig Gefahr erhöhter Wohninnenraumaufhellung, annähernd mittige Ausleuchtung des Straßenraums, ausreichende Beleuchtungsniveaus auf Nutzflächen, gute Wirkungsgrade bei Neuprodukten. NACHTEILE: Diffuse Lichtverteilung, erhöhte Ungleichmäßigkeit in Fahrbahnrichtung, funktionaler Charakter der Leuchtenarchitektur.

3. Rotationssymmetrische Aufsatzleuchte, Kompaktleuchtstofflampe

VORTEILE: Weiße Lichtfarbe, gute Farbwiedergabe, geringe Anschlussleistung und Verbrauch im Halbnachtbetrieb, dekorativer Charakter der Leuchtenarchitektur. NACHTEILE: Diffuse Lichtverteilung, hohe Lichtpunktanzahl, unzureichende Gleichmäßigkeit, erhöhte Blendung, Gefahr der Wohninnenraumaufhellung, außermittige und asymmetrische Ausleuchtung des Straßenraums, unzureichende Beleuchtungsniveaus auf Nutzflächen, schlechte Wirkungsgrade.

4. Gerader Mast, Seitenaufsatzleuchte, Natriumdampf-Hochdrucklampe

VORTEILE: Gerichtete Lichtverteilung, Anschlussleistung und Verbrauch im Halbnachtbetrieb akzeptabel, ausreichende Gleichmäßigkeit, geringe Lichtpunktanzahl, sehr gute Wirkungsgrade bei Neuprodukten. NACHTEILE: Starke Blendung, orange-gelbe Lichtfarbe, schlechte Farbwiedergabe, hohe Wohninnenraumaufhellung, außermittige und asymmetrische Ausleuchtung des Straßenraums, hohe und unausgewogene Beleuchtungsniveaus auf Raumbegrenzungsflächen.

In Gesamtbetrachtung ist die Heterogenität entlang unterschiedlicher Trägersysteme, Lichtintensitäten und Lichtqualitäten defizitär zu bewerten. Die Beleuchtung ist wahrnehmungsbezogen und raumrepräsentativ zu verbessern. Die jüngere Bevorzugung der Beleuchtungsprinzipien 3 und 4 ist dabei nicht weiterzuverfolgen. Es wird angeraten, sämtliche Zu-, Aus- und Umfahrten einheitlich zu gestalten und höchsten Wert auf Lichtqualität zu legen. Neben den allgemeinen Kriterien der Lichtstruktur wird angeraten, eine funktionale Leuchte mit hohen gestalterischen Qualitäten am leicht gebogenen Mastträger einzusetzen (A.4).³⁶⁾ Unter Abwägung des Energieaufwands sollten in der stadträumlich besonderen Altstadt Halogen-Metall dampflampen eingesetzt werden. Unter Vorbehalt sollten Alternativen in LED-Technik geprüft werden.³⁷⁾

35) Siehe Abbildungen // 5.31 und // 5.32 Gliederungsteil: e.2 – Standorte LCR-I-021-NW und LCR-I-013-SO für die Beleuchtungsprinzipien 2 und 3.

36) Siehe Prinzipskizze in Abbildung // 5.33 und Beispiel in Abbildung // 5.34

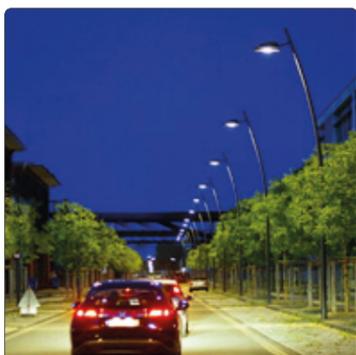
37) Siehe hierzu Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2.h) "EXKURS"



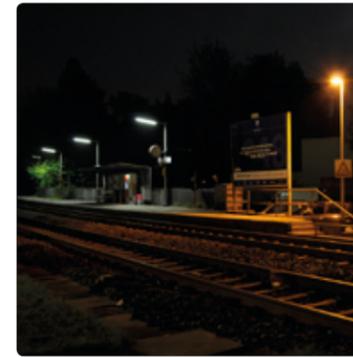
5.32 // Seitenaufsatzleuchte am geraden Mast



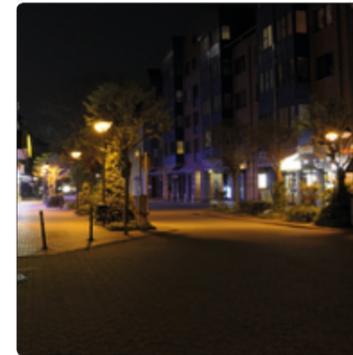
5.33 // Prinzipskizze Zu-, Aus- und Umfahrten



5.34 // Beispielbild Zu-, Aus- und Umfahrten



5.35 // Haltestelle Bahnhof Süd



5.36 // Obere Münsterstraße



5.37 // Lichtlösung Obere Münsterstraße

d) "Bahnhof Süd" und Obere Münsterstraße

Auch wenn der Bahnhof Süd über den kommunalen Aufgabenbereich hinausgeht, sollte er als Bedarfsort in kooperativer Weise qualifiziert werden, um diesen alltäglichen Aufenthaltsort der Bürgerschaft aufzuwerten. Die Haltestellen des Bahnhofs Süd sind in energetischer Hinsicht befriedigend und in lichtquantitativer Hinsicht ausreichend beleuchtet. Gleichwohl verweist die vorhandene Lichtqualität dieses Aufenthaltsbereichs auf deutliche Verbesserungsaspekte – unter aufenthaltsatmosphärischen Gesichtspunkten sowie unter Aspekten demografiegerechter Beleuchtung.³⁸⁾ Insbesondere der Unterstand mit Informationstafeln und Fahrscheinautomat sind dahin gehend zu berücksichtigen.³⁹⁾ Die Betriebszeiten der Beleuchtung können an die Fahrzeiten der "Nord-West-Bahn" angeglichen werden, die den Bahnhof nicht im ganzen Nachtverlauf anfährt.

Die Obere Münsterstraße ist zwar nicht unmittelbar dem Altstadtbereich zuzuordnen, doch ist die Straße einerseits ein wichtiger Zugang für Fußgänger nördlicher Wohnquartiere und andererseits eine Zone, die gastronomische Angebote und Einzelhändler konzentriert – auch das sozialkulturell bedeutsame Kino der Stadt ist hier ansässig.⁴⁰⁾ Mit dieser Bedeutung der Oberen Münsterstraße – als Stadtraum mit eigenen Potenzialen – ist es angeraten, Lichtverteilung und Lichtfarbe zu verbessern. Als Handlungsort hoher Priorität erweist sich die Obere Münsterstraße jedoch auch insofern, als die vorhandene Beleuchtung zum einen in sehr kurzen Abständen positioniert ist und zum anderen die Überdimensionierung infolge der Leuchtendoppelung gesteigert wird. Auch unter Vernachlässigung schlechter Wirkungsgrade der einzelnen Leuchten ist der energetische und monetäre Aufwand im Vergleich gegebener Lichtquantität und Lichtqualität stark unausgewogen. Eine Umrüstung der Leuchten, die ihre betriebsübliche Nutzungsdauer überschritten haben dürften, würde monetäre Einsparungen und verbesserte Lichtverteilungen in Aussicht stellen. Es wird angeraten, sämtliche Doppelleuchten auf Einzelleuchten umzurüsten – diese Maßnahme empfiehlt sich im wirtschaftlichen Sinne auch für die westlich der Oberen Münsterstraße liegenden Wohnsiedlung (A.5). Inwiefern das zuvor gezeigte Beleuchtungsprinzip der Zu-, Aus- und Umfahrten der Altstadt hier Anwendung finden kann, ist jedoch fraglich. Zum einen ist die Obere Münsterstraße ein eigener Stadtraum, der insbesondere über die Verkehrsführung keinen bedeutenden Zufahrtscharakter mehr hält. Aufgrund etwaiger Projektkosten sollten zum anderen die aktuellen Anschlussstellen nicht bedeutend verändert werden. Die aktuelle Positionierungslogik würde dabei nicht zur stadträumlichen Orientierung des o. g. Leuchten- und Beleuchtungsprinzips passen. Hier gilt es eine eigene Beleuchtungslösung zu finden, die wiederum nach einer funktionalen Leuchte mit Gestaltwert verlangt.⁴¹⁾ Der aktuelle Leuchtenauswahlkatalog zeigt dahin gehend keine zufriedenstellenden Lösungen. An dieser Stelle konkretisiert sich der Bedarf, einen neuen Leuchtenkatalog der Stadt Castrop-Rauxel zu definieren.⁴²⁾ Insbesondere im nördlichen Abschnitt der Straße sind die heutige tlw. in Abständen von 12 Metern positionierten Leuchtstellen um das

38) Es gilt zu berücksichtigen, dass die bauliche Situation dieser Haltestelle deutliche Defizite vorweist. Insofern ist zunächst die allgemeine Barrierefreiheit zu verbessern. Die lichtqualitativen Maßnahmen sollten mit den baulichen Maßnahmen in Verbindung gebracht werden. Siehe Abbildung // 5.35

39) Siehe hierzu Pkt. 5.2 c) "Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs"

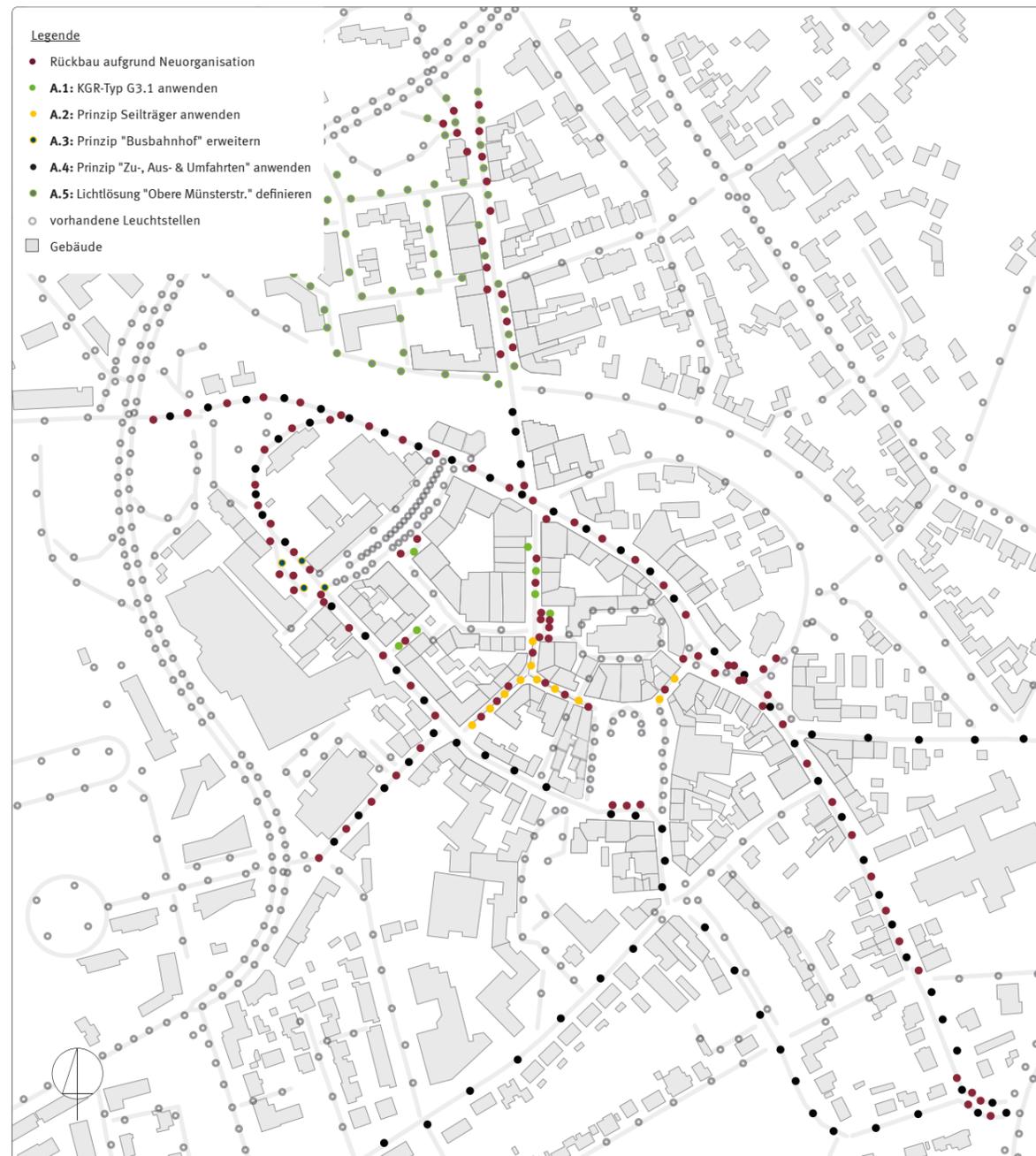
40) Siehe hierzu Gliederungsteil: a.4 Pkt. 4.2 b)

41) Siehe mögliche Beleuchtungslösung für die Obere Münsterstraße in Abbildung // 5.37. Hier in LED-Ausführung. Siehe dazu Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2.h) "EXKURS"

42) Siehe hierzu Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2 b)

doppelte zu erweitern, d. h. es kann mit erneuerter Lichttechnik jeder zweite Mast entfernt werden. Die nördlich liegende Unterführung ist ein besonderer Handlungsort der Lichtkomposition und wird hier nicht weiter thematisiert.⁴³⁾

43) Siehe hierzu Gliederungsteil: a.4 Pkt. 4.3. d)



5.38 // Darstellung der Handlungsorte für die Altstadt

5.4.2 Habinghorst/'Lange Straße'

Bezogen auf den Handlungsraum Habinghorst, konzentrieren sich die maßgeblichen Optimierungsansätze auf den Bereich Lange Straße. Die nachstehenden Zusatzinformationen und Varianten beschränken sich somit unmittelbar auf die anzustrebende Lichtstruktur der Einkaufsstraße und deren unmittelbare Zufahrten.

a) Räumliche Einordnung

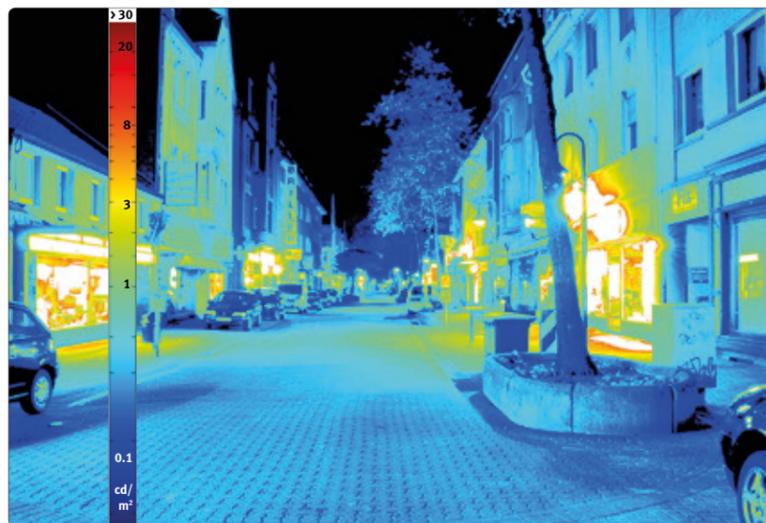
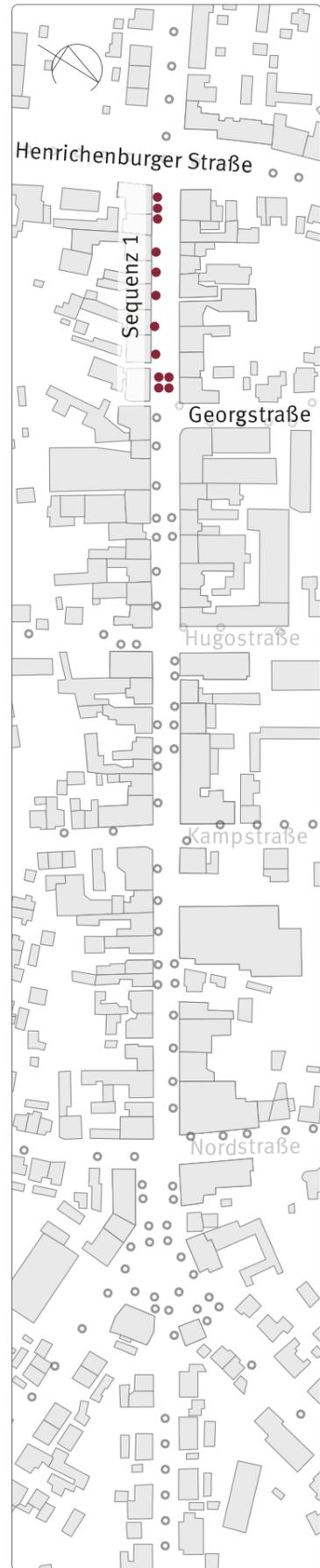
Die Lange Straße wird von unterschiedlichen Raumabschnitten rhythmisiert. Zum einen bilden die Kreuzungsbereiche von Georgstraße bis Nordstraße markante Sequenzen, die zum anderen von unterschiedlichen Einbauten und Bebauungszuständen Individualität erhalten. Auch die aktuelle Straßenbeleuchtung folgt diesem Muster der Sequenzierung. Zwischen den beiden Anfangspunkten der 'Lange Straße' (Henrichenburger Straße und Postplatz) können so insgesamt vier eigene Raumabschnitte – Sequenzen – unterschieden werden, die jeweils durch die Einmündungs- und Kreuzungspunkte der Georgstraße, Hugostraße, Kampstraße und Nordstraße gegliedert werden. Die aktuell vorhandenen Leuchtstellen reagieren auf diese Sequenzierung wie folgt:⁴⁴⁾

- **Anfangspunkt West (Henrichenburger Straße):** Einseitige Leuchtenposition in Baumensemble mit verkürzten Mastabständen.
- **Sequenz 1 (Henrichenburger Straße – Georgstraße):** Regelprinzip: Einseitige Leuchtenposition in Baumreihe, hier leicht zurückgestellt, d.h. kürzerer Abstand der Leuchtstellen zu den Fassaden, als der Bäume zu den Fassaden. Ausnahme: Doppelseitige Positionierung in Baumgruppe vor der Einfahrt in die Georgstraße.
- **Sequenz 2 (Georgstraße – Hugostraße):** Regelprinzip: Einseitige Leuchtenposition in Baumreihe, hier leicht zurückgestellt, d.h. kürzerer Abstand der Leuchtstellen zu den Fassaden, als der Bäume zu den Fassaden. Ausnahme: Doppelseitige Positionierung in der Mitte des Straßenabschnitts.
- **Sequenz 3 (Hugostraße – Kampstraße):** Regelprinzip: Einseitige Leuchtenposition mit Seitenwechsel in der Mitte des Straßenabschnitts und doppels. Überschneidung. Ausnahme: Einzelne Leuchtstelle in den Baumgruppen vor den Kreuzungen Hugostraße und Kampstraße.
- **Sequenz 4 (Kampstraße – Nordstraße):** Regelprinzip: Einseitige Leuchtenposition mit Seitenwechsel in der Mitte des Straßenabschnitts und doppelseitiger Überschneidung. Vor und nach der doppelseitigen Überschneidung liegt die Leuchtenposition in der Baumreihe.
- **Anfangspunkt Ost (Postplatz):** Ausbildung eines Kreises von Leuchtstellen über dem sternförmigen Straßenkreuzungsverlauf.

b) Bewertung

Insgesamt versucht die Leuchtstellenpositionierung eine Rhythmisierung des Straßenraumes mit eigenem Gestaltwert. Bauräumlich entstehen so über die horizontale Fläche der Straße hinweg mögliche Schaufensterbetrachtungszonen, Aufenthaltsbereiche und Kommunikationsorte. Die abendliche Lichtwirkung hingegen wird vernachlässigt, was dazu führt, dass sich unterschiedliche Helligkeits- bzw. Dunkelzonen bilden, die nur

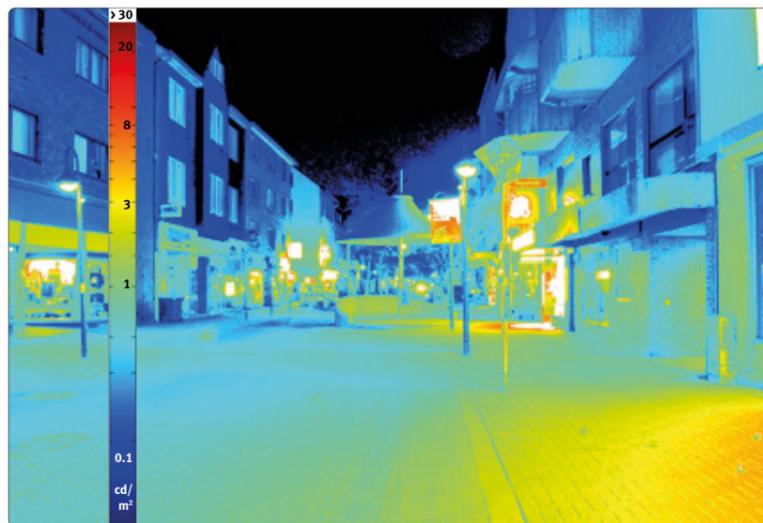
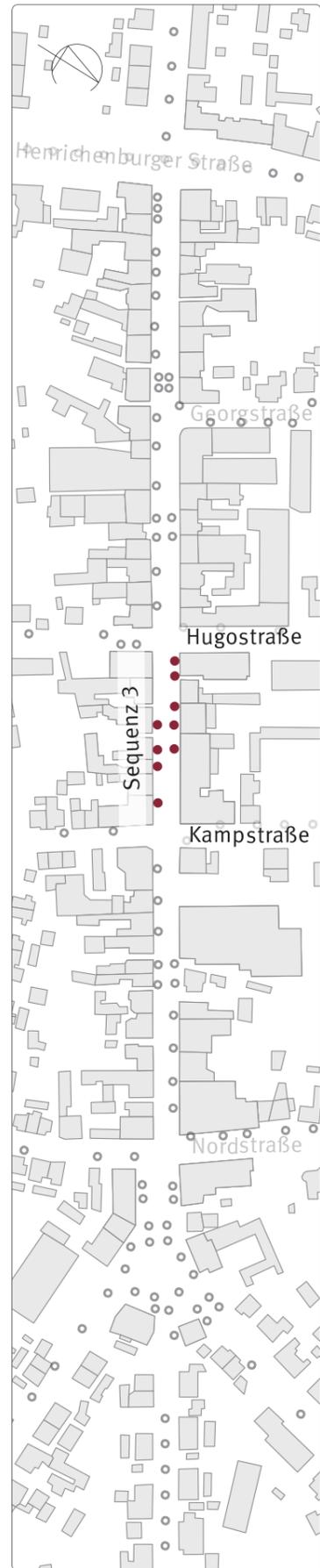
44) Siehe Abbildungen // 5.39 bis // 5.42



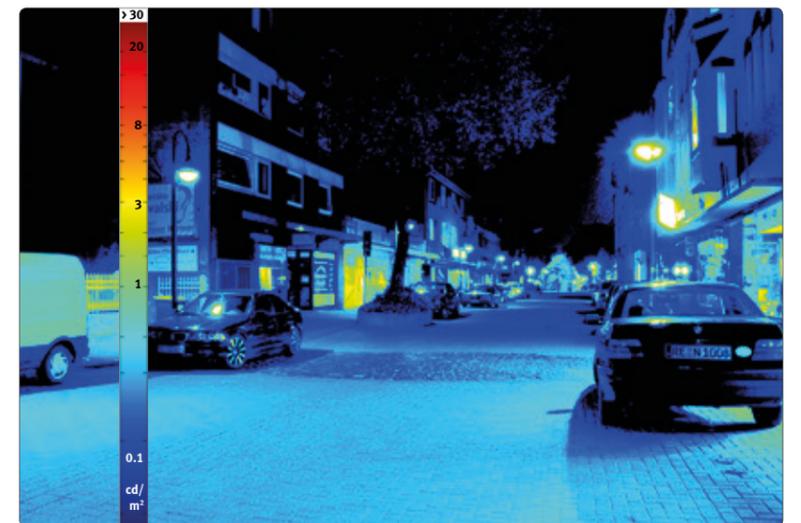
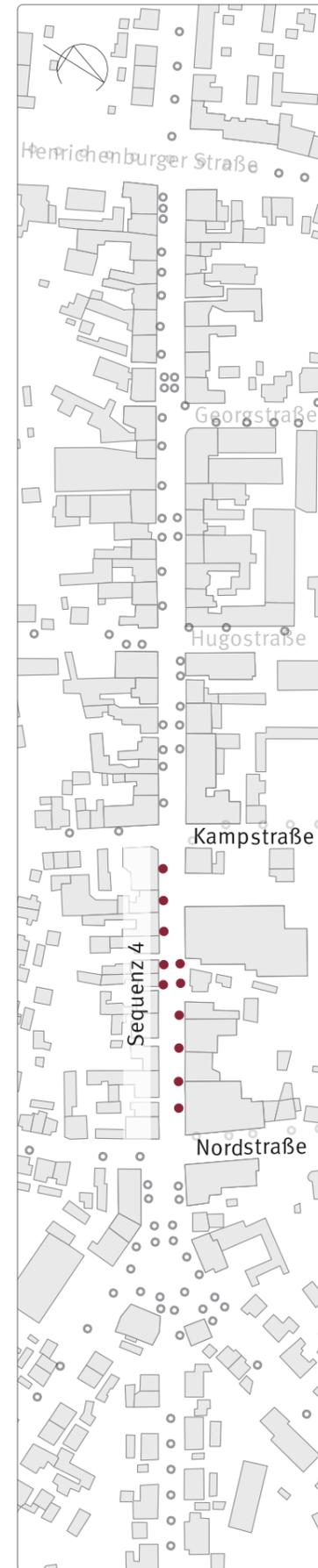
5.39 // Darstellung der Sequenz 1: Plan, Tag- und Nachtbild mit Leuchtdichteauswertung (log-Faktor 20)



5.40 // Darstellung der Sequenz 2: Plan, Tag- und Nachtbild mit Leuchtdichteauswertung (log-Faktor 20)



5.41 // Darstellung der Sequenz 3: Plan, Tag- und Nachtbild mit Leuchtdichteauswertung (log-Faktor 20)



5.42 // Darstellung der Sequenz 4: Plan, Tag- und Nachtbild mit Leuchtdichteauswertung (log-Faktor 20)

ungenügend auf den licht-räumlichen Rahmen reagieren. Ebenso im vertikalen Raumschnitt: die Lichtpunkthöhen stehen in keinem proportionalen Verhältnis zu den maßgeblichen Fassadenhöhen. Und die Positionierung hinter den Baumreihen oder in den Baumensembles ist energetisch wie auch lichtgestalterisch defizitär. Die vorhandene Leuchtstellenplanung sollte in eine konsequente Lichtplanung überführt werden, wobei die Leuchtstellenpositionen nicht in Gänze geändert werden müssen und sollten. Bestimmte Prinzipien, die zur Rhythmisierung und Raumbildung des langen Straßenabschnitts beitragen, sollten aufgenommen und verbessert werden.

c) Varianten der Leuchtstellenpositionierung

Bei den folgenden Varianten ist zu beachten, dass neben der Positionierung auch die Leuchten an sich und ihre Betriebsweise geändert werden sollten. Die Rahmenplanung und der zugehörige Begleitkatalog benennen hierfür grundlegende Kriterien.⁴⁵⁾ Die folgenden Varianten beziehen sich auf die besondere Raumintegration der Lichtstruktur an der 'Lange Straße'. Sie stehen in unmittelbarer Beziehung zu dem hierauf aufbauenden Konzept der Lichtkomposition.⁴⁶⁾ Die entwickelten Prinzipien entsprechen weitgehend der zuvor aufgezeigten Sequenzierung der Straße. Da sich die Planung zu den materiellen Umbaumaßnahmen (Straßenzonierung, Straßenbegleitgrün, Stadtmobiliar usw.) in der Entwicklung befindet,⁴⁷⁾ sind die Angaben mit den Fachplanungen abzugleichen. Die nachstehenden Varianten beschränken sich auf Grundaussagen, die den aktuellen Bestand als grobes Gerüst anerkennen.

- **Variante A: Leuchtstellen unterstützen die Raumsequenzierung**⁴⁸⁾

Henrichenburger Straße – Hugostraße (Sequenz 1 und 2):
Einseitige Leuchtenposition auf der Südseite mit gleichen Mastabständen in Baumreihe und leicht gebogenen Masten.

Hugostraße – Kampstraße (Sequenz 3):
Einseitige Position auf der Nordseite mit gleichen Abständen gegenüber einer etwaigen Baumreihe und geraden Masten.

Kampstraße – Nordstraße (Sequenz 4):
Einseitige Leuchtenposition auf der Südseite mit gleichen Mastabständen in Baumreihe und leicht gebogenen Masten.

Postplatz (Anfangspunkt Ost):
Doppelseitige Leuchtenposition mit gleichen Mastabständen die auf der jeweiligen Seite auf die Poststraße bzw. Borghagener Straße zulaufen. Gerader Mast mit doppelseitigen Leuchtenköpfen (Straße/Gehweg).

- **Variante B: Leuchtstellen brechen die Raumsequenzierung**

Henrichenburger Straße – Mitte Sequenz 2:
Einseitige Leuchtenposition auf der Südseite mit gleichen Mastabständen in Baumreihe und leicht gebogenen Masten.

Mitte Sequenz 2 – Mitte Sequenz 3:
Einseitige Position auf der Nordseite mit gleichen Mastabständen gegenüber einer etwaigen Baumreihe und geraden Masten.

45) Siehe hierzu Pkt. 5.2 b) und Pkt. 5.3

46) Siehe hierzu Gliederungsteil: c.4 Pkt. 4.3.2 b)

47) Planungen im Rahmen des Programms "Soziale Stadt Habinghorst" im Jahr 2011, die parallel zu der vorliegenden Ausarbeitung stattfanden.

48) Siehe Abbildung // 5.43



5.44 // Prinzip 'Lange Straße' = Altstadt

Mitte Sequenz 3 – Mitte Sequenz 4:

Einseitige Leuchtenposition auf der Südseite mit gleichen Mastabständen in Baumreihe und leicht gebogenen Masten.

Mitte Sequenz 4 – Anfangspunkt Ost (Postplatz):

Einseitige Position mit gleichen Abständen, die am Postplatz doppelseitig angeordnet werden und auf der jeweiligen Seite auf die Poststr. bzw. Borghagener Straße zulaufen. Leicht gebogene Mastausführung mit einseitigen Leuchtenköpfen (Straße).

Beide Varianten: Lichtpunkthöhen 5-6 m, Mastabstände ca. 25 m.

d) Gegenüberstellung der Varianten

Die Varianten zeigen, dass eine am Licht ausgerichtete Neuplanung mit ca. 30-50 % weniger Leuchten auskäme. Der Vorteil von *Variante A* ist, dass die vorhandene Raumgliederung aufgenommen wird und sich entsprechend einordnet. Die Positionierung unterstützt das Gliederungsprinzip der Straße, bei dem die Kreuzungsbereiche Potenzialräume für gesonderte Maßnahmen bleiben. Der Nachteil liegt in der aufwendigeren Neupositionierung der Leuchtstellen, die häufiger die Straßenseite wechseln müsste. Hier zeigt *Variante B* nur wenige Seitenwechsel und ein der Raumsequenzierung entgegenstehendes Gliederungsprinzip. Hier könnten die Seitenwechsel in den Sequenzmitten für besondere Maßnahmen und Gestaltungen frei gehalten werden. Auf eine ausschließlich einseitige Positionierung wurde hier verzichtet. Ein monotoner "Allee-Charakter" sollte in der Lange Straße vermieden werden. Das Beleuchtungsprinzip der Lange Straße sollte mit den gleichen Instrumenten umgesetzt werden, die bereits für die Zu-, Aus- und Umfahrten der Altstadt vorgeschlagen wurden.⁴⁹⁾

49) Siehe Abbildung // 5.44



5.43 // Darstellung der Variante A (oben) und Variante B (unten)

e) Anbindung der Zufahrtsstraßen

Die bestehenden Leuchtentypen der 'Lange Straße' wurden auch in kurzen Abschnitten in die Georg-, Hugo-, Kamp- und Nordstraße geführt, um eine Anbindung an die Lange Straße darzustellen. Diese Geste ist zu begrüßen und sollte herausgearbeitet werden – hier jedoch nur bei den nördlich gelegenen Einfahrten. Die südlichen Einfahrten führen unmittelbar in Wohngebiete. Im Gegensatz zur Nordseite dient das südliche Gebiet dabei nicht der Haupteinfahrt. Dementsprechend werden dort keine ausgewiesenen Parkplätze für die 'Lange Straße', also für Besucher vorgehalten. Die Straßen der nördlichen Erschließungsseite sollten durch eine prägnante Abfolge von Leuchten – die in ihrem Typus denen der Lange Straße folgen, jedoch eine untergeordnete Gestaltprägung zeigen – als Zugänge markiert werden. In der Georg-, Hugo- und Nordstraße genügt – so wie tlw. im Bestand gezeigt – eine kurzfrequente Abfolge von z. B. drei markanten Leuchten.⁵⁰⁾ Bei der Kampstraße ist darauf zu achten, dass hier eine etwaige Seniorenwohnanlage auf dem heutigen Marktplatz errichtet wird. Insofern ist hier eine Fortführung bis zum Marktplatz einzuplanen. Sofern das Bauprojekt realisiert wird, ist hier auf höhere Leuchtdichten – ggf. über helle Bodenbeläge – zu Nutzungszeiten (morgens und abends) und absolute Blendfreiheit zu achten.⁵¹⁾ Die Planung in diesem Bereich kann und sollte mit dem Projekt "Grüne Achse" verknüpft werden und dahin gehend fortgeführt werden.⁵²⁾ Die Leuchtstellen der südlichen Zufahrten sollten durch technische Leuchten ersetzt werden.⁵³⁾ Die Leuchten sind dabei auf einer Straßenseite, außerhalb des Straßenbegleitgrüns zu positionieren.

50) Z. B. Lichtstelen o. ä.

51) Siehe hierzu Kapitel b.5 Pkt. 5.2 c) "Wege zu Seniorenwohneinrichtungen"

52) Siehe Abbildung // 5.45

53) Z. B. Trilux 9322 o. ä.



5.45 // Darstellung der Anbindung der Zufahrtsstraßen



5.46 // Beteiligung der Bürgerschaft – hier Deininghausen

5.4.3 Deininghausen

Für den Handlungsraum Deininghausen können detaillierte Hinweise gegeben werden, die über Beteiligungen der Anwohnerschaft und Ortsbegehungen ermittelt wurden.⁵⁴⁾ Die Hinweise werden stichpunktartig zusammengefasst und in Abbildung // 5.49 verortet. Teilweise handelt es sich um Maßnahmen, die in Kooperation mit der betreffenden Wohngesellschaft, bzw. Immobilieneigentümern durchgeführt werden müssen:

- Die Nierholzstraße liegt im Außenraum der Stadt, ihre vereinzelten Leuchtstellen wurden zunächst zum Rückbau vorgeschlagen. Gleichwohl ist die Nierholzstraße ein Verbindungsweg vom Quartier zum vorhandenen Kleingartenverein und ihre sporadisch angegliederten Leuchtstellen besitzen keine zufriedenstellende Beleuchtungsquantität. Sofern der Rückbau der Leuchten nicht bestätigt wird, ist eine entsprechende Qualifizierung der Beleuchtungssituation unter Berücksichtigung der Naturverträglichkeit der Beleuchtung angeraten (**D.1**).⁵⁵⁾
- Eine Fortführung der zuvor genannten Beleuchtung am Nuttweg sollte geprüft werden – hier lediglich bis zum Restaurant "Lindenhofpark" (**D.2**).
- Ein maßgebliches Beleuchtungsproblem liegt in der mangelnden Beleuchtung der Zuwege der quartiersmittig liegenden, mehrgeschossigen Zeilenhäuser und den zugehörigen Garagenhöfen im Quartier. Eine Beleuchtung der Fußwege und Garagenhöfe ist dringend angeraten (**D.3**).⁵⁶⁾
- Ebenso zeigt sich die mangelnde Beleuchtung des Fußwegs zwischen den quartiersmittig liegenden Punkthäusern und Zeilenhäusern der Erfurter Straße defizitär. Hier ist eine differenzierte Beleuchtung möglicher Gefahrenbereiche angeraten (**D.4**).⁵⁷⁾
- Der beleuchtete Fußweg zwischen Bärenplatz und Weimarer Straße ist in seiner Beleuchtungsqualität zu verbessern. Hier sollte insbesondere die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung angehoben werden (**D.5**).
- Die Beleuchtungsanbindung des AWO-Kindergartens an den östlichen Straßenverlauf der Wittenberger Straße sollte verbessert werden.⁵⁸⁾ Die einzelne Leuchtstelle im westlichen Bereich ist dagegen ohne Relevanz und sollte zurückgebaut werden (**D.6**).
- Die Beleuchtung des Radwegs Oststraße – zwischen Ortseingang und Oestricher Straße – zeigt keine Relevanz. Die östlich liegende Bushaltestelle wird auch über die Linie angefahren, die durch den Ortsteil fährt. Die Radwegbeleuchtung zeigt so keinen erkennbaren Zielort oder Anbindung an eine weitere Beleuchtungsstrecke. Ein Rückbau ist angeraten (**D.7**).
- Die Bedeutung des öffentlichen Personennahverkehrs ist in Deininghausen erheblich. Daher wird empfohlen, die entsprechenden Wartebereiche im Quartier lichtqualitativ aufzuwerten.⁵⁹⁾

54) Z. B. Beteiligungswerkstatt mit Anwohnern (16.03.2011) sowie stadtweite Umfrage in 2010. Siehe hierzu auch Gliederungsteil: a.4 Pkt. 4.3 und Abbildung // 5.46

55) Siehe Abbildung // 5.49

56) Siehe Abbildungen // 5.47 und // 5.48. Für die Garagenhöfe gibt Pkt. 5.2 c) "Parkplätze" eine entsprechende Handlungsorientierung.

57) Siehe hierzu auch [b41] S. 20

58) Siehe hierzu Pkt. 5.2 c) "Wege zu Schulen und Kindertagesstätten"

59) Siehe hierzu Pkt. 5.2 c) "Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs"



5.47 // Zuwege zu den Zeilenhäusern am Tag (D.3)



5.48 // Zuwege zu den Zeilenhäusern am Abend (D.3)

- Insgesamt sollten die Leuchtdichte- und Kontrastniveaus der heute beleuchteten Wege aufgrund der demografischen Perspektive des Stadtteils angehoben werden.⁶⁰⁾ Auf absolute Blendfreiheit ist zu achten.⁶¹⁾
- Aufgrund identifizierbarer Imageprobleme⁶²⁾ wird zudem angeraten, eine innovative und lichtqualitativ hochwertige Beleuchtungsstrategie vorzusehen. Die dahin gehend gesellschaftlich positiv konnotierte LED-Technik kann dazu beitragen, eine positive Berichterstattung über den Stadtteil zu intensivieren und die Identifikation der Anwohnerschaft mit ihrem Lebensumfeld anteilig anzuheben.⁶³⁾ Deininghausen kann über ein vorläufiges Alleinstellungsmerkmal an Attraktivität gewinnen und eine positivere Außenansicht erhalten.

60) Siehe hierzu [b41]
 61) Erste orientierende Hinweise werden in Pkt. 5.2 c) "Wege zu Seniorenwohneinrichtungen" gegeben.
 62) Siehe hierzu Gliederungsteil: a.4 Pkt. 4.3. d)
 63) Siehe hierzu auch Kapitel b.2 Pkt. 2.2.2.h) "EXKURS"



5.49 // Darstellung der Handlungsorte für Deininghausen

b.6 Anhang

6.1 Einordnung der Verfahrenssicherheit	201
Hinweise zu rechtlichen Rahmenbedingungen	201
Relevante Hinweise zur Verkehrssicherheit	203
6.2 Quellen und Verweise	205
Literatur	205
Fotos und Grafiken	206
Nutzungsrechte	206

6 Anhang

6.1 Einordnung der Verfahrenssicherheit

a) Hinweise zu rechtlichen Rahmenbedingungen

Im Rahmen der Relevanz ausreichender Beleuchtung öffentlicher Straßen und Wege wird häufig auf eine "Beleuchtungspflicht" der Kommunen verwiesen, was den Anschein erweckt, es gäbe ein prinzipielles Verhältnis von Beleuchtung und Verkehrsweg mit normativem Charakter. Dem ist zunächst nicht uneingeschränkt beizupflichten. Im Rückschluss auf die zivilrechtliche Schadensersatzpflicht des Bürgerlichen Gesetzbuches hat derjenige, der Straßen oder sonstige Gelände der Allgemeinheit zur Verfügung stellt, für deren gefahrlose Beschaffenheit zu sorgen.⁰¹⁾ Im Rahmen des wirtschaftlich Zumutbaren sind die verantwortlichen Instanzen (d. h. die Anstellungskörperschaft) demnach angehalten, Gefahren für den Verkehr auszuschließen oder zu verringern. Ist dafür die visuelle Einschränkung durch Dunkelheit verantwortlich, sind Vorkehrungen zur Sicherung konkreter Gefahrenstellen durchzuführen.⁰²⁾ Hierbei eröffnen sich drei Fragen:

- 1.) Was sind konkrete Gefahrenstellen?
- 2.) Wer trägt die Verantwortung?
- 3.) Welche Bedeutung besitzt die Norm?

- **Zu 1)** Zunächst kann festgestellt werden, dass der Bundesgerichtshof (BGH) bis heute keine eindeutige Stellung bezogen hat, die eine durchgehende innerörtliche Beleuchtung als immanenten Bestandteil der Verkehrssicherungspflicht bei Nacht voraussetzt. Dabei erkennt der BGH an, dass innerörtliche Gefahren in der Tatsache begründet sind, dass innerhalb geschlossener Ortschaften eine Unfallgefahr aus der größeren Verkehrsdichte und Bevölkerungskonzentration entspringt. Damit liegt das Gefahrenpotenzial nicht allein in der Dunkelheit begründet, sondern auch in der Gegebenheit, dass die Straße durch eine Ortschaft führt. "Das bedeutet aber gleichzeitig, daß dort, wo diese Besonderheiten des gemeindlichen Verkehrs nicht vorliegen [z. B. Durchgangsstraßen], eine durchgehende Straßenbeleuchtung als Ausfluß der Verkehrssicherungspflicht nicht verlangt werden kann".⁰³⁾ Soll die Beleuchtung als Instrument der Sicherung von Gefahrenstellen dienen, bleibt festzuhalten, dass die Verkehrssicherungspflicht keine allgemeine Beleuchtungspflicht bedeutet. Vielmehr ist sie als ein Instrument zur Sicherung von Gefahrenstellen neben anderen Maßnahmen zu sehen. Die örtlichen Gegebenheiten, die Bedeutung des Verkehrswegs und die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Kommune sind somit drei Kriterien, die eine Beleuchtung begründen können.⁰⁴⁾ Ohne allgemein-normative Grundlage bleibt die Einschätzung, wann und inwiefern der Verkehrsweg mit einer Lichtanlage auf Gefahren hinweisen muss, von den örtlichen Verhältnissen abhängig, die in unklaren Situationen juristisch geklärt werden müssen.⁰⁵⁾ Als Gefahrenstellen im Bereich der Straße können allgemein Baustellen, Verkehrsinseln, Maste oder Schilder auf der Fahrbahn gelten. Für Fußgängerüberwege ist festzuhalten, dass ihre Beleuchtung in der Verwaltungsvorschrift zu §26 StVO ausdrücklich festgelegt worden ist.

01) vgl. [b34] S. 491

02) vgl. [b35] S. 350

03) vgl. [b35] S. 351

04) Was die Leistungsfähigkeit betrifft, so ist hierbei keine Rechtfertigung genereller Sparmaßnahmen aufgrund schlechter Haushaltslagen gemeint. Vgl. [b35] S. 352

05) vgl. [b36] S. 3f

- **Zu 2)** Die Frage zur verantwortlichen Instanz erschließt sich über den Status der Straßenbeleuchtung im Rahmen der Straßenbaulast. In den Maßgaben der Straßen- und Wegegesetze ist festgelegt, dass der Träger der Straßenbaulast für den Bau und Unterhalt von Straßen zu sorgen hat und dafür die Verantwortung übernimmt.⁰⁶⁾ Das aktuelle Straßen- und Wegegesetz des Landes Nordrhein-Westfalen weist der Beleuchtung jedoch keine der Straßenbaulast innewohnende Verpflichtung zu; ein Erfordernis zur Beleuchtung wird dort nicht namentlich geführt. Die Straßen- und Wegegesetze, die auf einen Hinweis zur Beleuchtung in Gänze verzichten, lassen folglich den Rückschluss zu, die Beleuchtung als eine Aufgabe der Daseinsvorsorge anzusehen, die von den Gemeinden selbstständig durchzuführen und in eigener Verantwortung zu entscheiden ist.⁰⁷⁾
- **Zu 3)** Für eine etwaig verkehrssichernde Beleuchtung dienen den Planungs- und Ausführungsinstanzen orientierende Empfehlungen – hier DIN EN 13 201. "Ein DIN-Vorschlag ist aber keine Rechtsnorm und im Hinblick auf die begrenzten technischen und finanziellen Möglichkeiten auch nicht in Rechtsstreitigkeiten als Maß für die Beleuchtungspflicht anwendbar".⁰⁸⁾ Dabei müssen die Bedeutung der DIN-Vorgaben und ihr Verhältnis in der Rechtsprechung unterschiedlich beurteilt werden. Die DIN wird teilweise "als ein Standard angesehen, an dem sich die Beleuchtung im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht auszurichten habe, teilweise wird ihr Bedeutung nur für die straßenrechtliche Beleuchtungspflicht zugemessen, während sie den Umfang der Verkehrssicherungspflicht nicht präjudizieren könne. Auch in den veröffentlichten Entscheidungen findet sich kein Hinweis auf die DIN-Vorschrift".⁰⁹⁾ Demnach haben Normen in der Rechtsprechung zwar eine entsprechende Relevanz, doch wird ein Verstoß gegen die Vorgaben nicht unmittelbar als Pflichtverletzung gewertet werden können. Die Werte der DIN sind im Grunde genommen von technisch-pragmatischer und in weiten Teilen willkürlicher Natur. Ein Blick in die Praxis klärt dabei die zu meist theoretisch geführte Diskussion über die Norm und etwaige Pflichtverletzungen bei Nichteinhaltung. Denn zum einen kann festgestellt werden, dass nur der geringste Anteil der Straßen in Deutschland die Werte der Norm einhält. Und zum anderen tragen in Baumkronen liegende Leuchten oder durch parkende PKW's (usw.) verschattete Beleuchtungsbereiche dazu bei, dass selbst nach Norm geplante Beleuchtung an Gültigkeit verliert.

Letztlich steht die Kommunalverwaltung in einem empfindlichen Konflikt: Einerseits steht die konsequente Einhaltung der DIN EN 13 201 den bundesdeutschen Klimaschutzziele entgegen, da die hierüber zu erwartenden Helligkeitsintensitäten und Gleichmäßigkeiten eine Zunahme der Beleuchtungsintensität und -quantität bedingen. Andererseits lassen die kommunalen Haushaltslagen eine entsprechende infrastrukturelle Ausstattung nicht zu. Die Kommunen verharren deshalb im Zielkonflikt von Sicherheitsfragen, Klimaschutzziele und Leistungsfähigkeit. Zur Lösung dieses Problems wird die Bereitung bestimmter Grundlagen notwendig: **Die demokratisch legitimierte Kommunalpolitik muss sich der o. g. Diskrepanz bewusst sein und sich aktiv den Fragen von Beleuchtungsquantität, -qualität und räumlicher**

06) vgl. StrWG NRW §9; [b37] S. 862

07) vgl. hierzu auch [b36] S. 1; [b38] S. 80

08) [b38] S. 84

09) [b35] S. 352

Verteilung stellen, um eigene Grundsätze festzulegen. Nur hierdurch kann die Ausführungsebene verfahrenssicher agieren, ohne eine normgerechte Praxis behaupten zu müssen.

b) Relevante Hinweise zur Verkehrssicherheit

Unabhängig von rechtlichen Fragen zur Verfahrenssicherheit dürfen keine Risiken bei Bürgerinnen und Bürgern entstehen. Dabei ist festzustellen, dass fehlende visuelle Informationslagen und nächtliche Grundbedingungen zu einem erhöhten Unfallrisiko auf nächtlichen Straßen führen. Unter Berücksichtigung der wesentlichen Bedeutung der visuellen Informationsaufnahme für das Autofahren liegt es nun nahe, eine entsprechende Beleuchtung der Straßen in den Mittelpunkt von Präventivmaßnahmen zu stellen. Doch der sicheren Verkehrsteilnahme stehen eine Vielzahl perzeptiver und kognitiver Einflüsse entgegen, die auf Wahrnehmungssicherheit und Fahrverhalten einwirken. Alter, Sehvermögen, Erfahrung, Motive, Erwartungen aber auch Drogenkonsum, Alkohol, Ermüdung und Reaktionsvermögen bilden eine Reihe von sicherheitsrelevanten Punkten, die sich in der Gegenüberstellung von Tag- und Nachtzeit anders ausprägen und bei denen Licht – als Sichtgarant – nicht zum ausdrücklichen Faktor der rechtzeitigen Gefahrenkognition und -antizipation erhoben werden kann. Letzten Endes bestimmt das Verhalten der Verkehrsteilnehmer die Sicherheit auf den nächtlichen Straßen, welches stets dynamisch auf Veränderungen reagiert und entsprechend individueller Ziele und Motive fortwährend angepasst wird. "Der durch eine technische Änderung intendierte Sicherheitsgewinn kann folglich ganz oder teilweise dadurch verloren gehen, dass die Fahrzeugführer die Änderungen in der Weise nutzen, dass sie ihre eigenen, teilweise nicht sicherheitskonformen Ziele noch besser zu realisieren suchen".¹⁰⁾

Auch unter Vernachlässigung der weiteren Themenkomplexität wird deutlich, dass das nächtliche Unfallgeschehen durch viele Faktoren und Einflüsse bedingt wird und ausreichende Beleuchtung zwar einen bestimmten, jedoch auch eingeschränkten Beitrag zur Sicherheit im nächtlichen Straßenverkehr leistet. Im Rahmen von fahrzeugseitigen Technologien, Assistenzsystemen oder auch materialbezogenen Verbesserungen der Straßenoberflächen und Markierungen können Voraussetzungen erzielt werden, die sich positiv auf das Verhalten gegenüber Gefahrensituationen auswirken können, wenn diese nicht durch negative Verhaltensanpassungen, eine andere Zusammensetzung der Fahrerpopulation oder der generellen Gefahr von Alkohol, Ermüdung und hohen Geschwindigkeiten nivelliert werden. Es ist hingegen anzunehmen, dass auch durch ungünstige kompensatorische Handlungen keine vollständige "Nivellierung der positiven Effekte einer verbesserten Sicht bei Dunkelheit" zu erwarten ist. Vieles – jedoch nicht alles – hängt hierbei von der straßenseitigen Beleuchtungseinrichtung ab, denn unter Berücksichtigung der nächtlichen Wahrnehmungssituation ist nicht die Menge an Licht von Bedeutung, sondern die Verteilung.¹¹⁾ Gefahrenkognition und -antizipation kann hierbei über zielgerichtete, anstelle von durchgängigen Beleuchtungssituationen erfolgen. Zum Beispiel kann durch die kontextorientierte Strukturierung eines gleichförmigen Lichtdurchgangs der Straße das Fahrverhalten aus falsch angesetzten Heuristiken (keine Gefahr sichtbar = keine Gefahr vorhanden) gelöst werden.¹²⁾ Durch eine gezielte Hervorhebung von Information der Umgebung durch Licht können Bedeutungsträger

10) vgl. [b39] S. 59

11) vgl. [b39] S. 102

12) vgl. [b39] S. 74

deutlicher in die Wahrnehmung treten; z. B. die Betonung expliziter Gefahrensituationen oder Hinweise, die zu einem verantwortungsbewussten Verhalten führen.

Nach einer jüngeren empirischen Studie bleibt die aktuelle öffentliche Straßenbeleuchtung zwar eine Einrichtung zur Reduzierung bestimmter Verkehrsunfallarten. Gleichwohl müssen in Zukunft unterschiedlichste Sicherheitsmaßnahmen das System der Straßenbeleuchtung als Unfallvermeidungsmaßnahme erweitern. Dafür müssen effiziente Lichtquellen, Straßenmarkierungen, LED-Orientierungslichter oder Fahrbahnbeläge studiert, entwickelt und angewandt werden. Denn aktuell "kennen wir die Konsequenzen der Straßensicherheit nicht wirklich, wenn es darum geht, das Beleuchtungsniveau zu reduzieren oder zu steigern".¹³⁾

Unter Berücksichtigung der vorherigen Absätze wird deutlich, dass kommunale Entscheidungen bezüglich ihrer Lichtstruktur auch Maßnahmen hervorrufen können, die eine deutliche Bereitschaft zur differenzierten Beschlussfassung hinsichtlich der Auslegung der Straßenbeleuchtung bedeuten. Die Gewährleistung von Sicherheit ist nicht sofort gleichzusetzen mit entsprechenden öffentlichen Beleuchtungsmaßnahmen. Sofern die Beleuchtung ein Merkmal zur sicheren Nutzung von öffentlichen Verkehrswegen bedeutet,¹⁴⁾ sollte zumindest eine spezifische Beleuchtungsstrategie mit in den Planungsprozess eingebunden werden (z. B. differenzierte Kenntlichmachung der Gefahrenstellen anstatt vollständige Ausleuchtung des gesamten Bereichs).

13) [b40] S. 154; eigene Übersetzung

14) vgl. OLG Hamm, Urteil vom 17.1.2006-9U102/05

6.2 Quellen und Verweise

a) Literatur

- [b1] Berechnungen nach DIALux Version 4.9 auf Grundlage verfügbarer Herstellerdaten der Firmen Trilux, Bega und Rademacher im Juni 2011
- [b2] VWEV Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (Hg.) 2009: Straßenbeleuchtung – Leitfaden für Planung, Bau und Betrieb. Ew Medien und Kongresse, 5. Auflage
- [b3] Lindemuth, F. 2011: LED versus konventionelle Lampentechniken. Fachtagung Straßen- und Außenbeleuchtung, Luxemburg, 28.02.2011
- [b4] López O., M.A. 2011: Alterungsmesssysteme und Qualitätssicherung. Fachtagung Straßen- und Außenbeleuchtung, Köln, 17.02.2011
- [b5] Webseiten: <http://www.radium.de> & <http://www.osram.de>; Zugriffe Juni 2011
- [b6] Brainard, G.C. u.a. 2001: Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans – Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor. In: The Journal of Neuroscience, August 15, 2001, 21(16):6405-6412
- [b7] Bartenbach, C.; Witting, W. 2009: Handbuch für Lichtgestaltung – Lichttechnische und wahrnehmungspsychologische Grundlagen. Springer, Wien
- [b8] Griefahn, B.; Kretschmer, V.; Hölker, F. 2010: Chronobiologische und gesundheitsrelevante Wirkungen des Lichts auf den Menschen. In: Köhler, D. u.a. (Hg.) 2010: LichtRegion – Positionen und Perspektiven im Ruhrgebiet. Klartext, Essen, 69-80
- [b9] Tichelen, van P. u.a. 2007: Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs – Final Report, Lot 9: Public street lighting.
- [b10] Rea, M.S.; Figueiro, M.G.; Bullough, J.D. 2005: A model of phototransduction by the human circadian system. In: Brain Res Rev, 50(2): 213-228
- [b11] Rea, M.S.; Rensselaer Polytechnic Institute 2008: What over Watts? In: CORM Council for Optical Radiation Measurement
- [b12] Gall, D. 2004: Die Messung circadianer Strahlungsgrößen. TU Ilmenau
- [b13] Ehrenstein, W. 2002: Das Auge stellt die biologische Uhr des Menschen – Konsequenzen für Lichtnutzung und Lichttechnik. TUB Symposium, 02.2002
- [b14] Jasser S.A.; Hanifin J.P.; Rollag M.D.; Brainard G.C. 2006: Dim light adaptation attenuates acute melatonin suppression in humans. Journal of Biological Rhythms, 21 (5), 394-404
- [b15] Höttinger, H.; Graf, W. 2003: Zur Anlockwirkung öffentlicher Beleuchtungseinrichtungen auf nachtaktive Insekten: Hinweise für Freilandversuche im Wiener Stadtgebiet zur Minimierung negativer Auswirkungen. Studie im Auftrag der MA 22 (Umweltschutz), Endbericht, Wien
- [b16] Hüppop, O. 2010: Vögel – Weltreisende und Vielflieger unter dem Sternenhimmel. In: Posch, T.; u.a. (Hg.) 2010: Das Ende der Nacht – Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-VCH, 83-98
- [b17] Kempnaers, B.; Borgström, P.; Loës, P.; Schlicht, E.; Valcu, M. 2010: Artificial Night Lighting Affects Dawn Song – Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. In: Current Biology, Vol. 20, Issue 19, 1735-1739
- [b18] Eisenbeis, G. 2010: Insekten und das künstliche Licht. In: Posch, T. u.a. (Hg.) 2010: Das Ende der Nacht. Wiley-VCH, 61-80
- [b19] Cleve, K. 1964: Der Anflug der Schmetterlinge an künstliche Lichtquellen. Mitteilungen der deutschen Entomologischen Gesellschaft 23, 66-76
- [b20] Eisenbeis, G.; Eick, K. 2011: Studie zur Anziehungskraft nachtaktiver Insekten an die Straßenbeleuchtung unter Einbeziehung von LEDs. In: Natur und Landschaft, Jg. 86, Heft 7, Kohlhammer, 298-306
- [b21] Brück v. Oertzen, M. 2011: Weichenstellung bei auslaufenden Konzessions- und Straßenbeleuchtungsverträgen. 10. ETP-Jubiläumskongress, Köln
- [b22] DStGB u. a. 2009: Öffentliche Beleuchtung – Analyse, Potenziale und Beschaffung. DStGB Dokumentation Nr. 92, Verlagsbeilage "Stadt und Gemeinde INTERAKTIV", Ausgabe 7-8/2009, Winkler & Stenzel
- [b23] Lessing 2011: Öffentliche Beleuchtung – Kommunale Aufgabe unter Einbeziehung der Privatwirtschaft. In: Lindemuth, F. (Hg.) 2011: Straßen und Außenbeleuchtung 2011, EW Medien und Kongresse GmbH
- [b24] Bressemer, J. 2011: LED in der Straßenbeleuchtung – schon heute eine wirtschaftliche Alternative? In: Lindemuth, F. (Hg.) 2011: Straßen und Außenbeleuchtung 2011, EW Medien und Kongresse GmbH

- [b25] Amtsblatt der europäischen Union 2009 & 2010: Verordnung (EG) Nr. 245/2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Leuchtstofflampen ohne eingebautes Vorschaltgerät, Hochdruckentladungslampen sowie Vorschaltgeräte und Leuchten zu ihrem Betrieb und zur Aufhebung der Richtlinie 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, und Verordnung (EG) Nr. 347/2010. Brüssel.
- [b26] Hofmann, H. 1992: Handbuch der Lichtplanung. Vieweg
- [b27] GPA NRW 2010: Überörtliche Prüfung der Stadt Castrop-Rauxel von Juli 2009 bis Februar 2010. Gemeindeprüfanstalt NRW
- [b28] Hänel, A. 2010: Lichtverschmutzung in Mitteleuropa. In: Posch, T.; Freyhoff, A.; Uhlmann, T. (Hg.) 2010: Das Ende der Nacht – Die globale Lichtverschmutzung und ihre Folgen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 41- 60
- [b29] Stadt Castrop-Rauxel 2010: Flächennutzungsplan 2025 der Stadt Castrop-Rauxel. Begründung, Vorentwurf, 22.04.2010
- [b30] HHS Aachen 2009: Masterplan Mobilität. Für die Stadt Castrop-Rauxel Bereich Stadtentwicklung
- [b31] Länderausschuss für Immissionsschutz, LAI 2000: Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen
- [b32] LiTG 2011: Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen. 12.3. Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V.
- [b33] Kluge, G.; Range, D. 1986: Aufgehellte bituminöse Deckschichten zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Energieeinsparung. In Bitumen 1/1986, 15-22
- [b34] Greger, R. 1997: Haftungsrecht des Straßenverkehrs – Großkommentar zu §§ 7 bis 20 Straßenverkehrsgesetz und zum Haftpflichtgesetz unter Einschluss des Delikts-, Vertrags- und Versicherungsrechts sowie des Schadensregresses. Walter de Gruyter Verlag, Berlin
- [b35] Berz, U. 1995: Straßenbeleuchtung unter dem Gesichtspunkt der Straßenverkehrssicherungspflicht der Gemeinde. In: DAR 9/95, 350-353
- [b36] Innenministerium Bayern 2009: Die Beleuchtung öffentlicher Straßen. Abrufbar unter : http://www.innenministerium.bayern.de/imperia/md/content/stmi/bauen/rechtundtechnikundbauplanung/_strassenrecht/a-z/strassenbeleuchtung.pdf
- [b37] Hurst, K. 1957: Gemeindeeinrichtungen. In: Hans Peters (Hg.): Handbuch der kommunalen Wissenschaft und Praxis. Bd. II, Springer Verlag, Berlin, 833-900
- [b38] Walprecht, D. 1969: Verletzung der Verkehrssicherungspflicht auf öffentlichen Straßen. Verlag Reckinger & Co., Siegburg
- [b39] Schlag, B.; Petermann, I.; Weller, G. 2008: Mehr Licht - mehr Sicht - mehr Sicherheit? Zur Wirkung verbesserter Licht- und Sichtbedingungen auf das Fahrerverhalten. Vs Verlag
- [b40] Wanvik, P.O. 2009: Road Lighting and Traffic Safety – Do we need Road Lighting? Doctoral theses, Norwegian University of Science and Technology, NTNU, 2009:66.
- [b41] Soziale Stadt Castrop-Rauxel, Deininghausen Handlungsempfehlungen "Sicheres und barrierearmes Deininghausen", Juni 2010

b) Fotos und Grafiken

- Abb. 3.52-3.63: DIALux 4.9 auf Grundlage verfügbarer Herstellerdaten
- Abb. 5.34: Ruhrnachrichten vom 10.09.08 Foto: Nils Foltynowicz / bearbeitet
- Abb. 5.37: Ruhrnachrichten vom 12.11.11 Foto: Stein
- Alle weiteren: © FH Dortmund, Forschungslinie "Licht_Raum"

Hinweis: Sämtliche Bildrechte liegen bei den o. g. Quellen und Urhebern. Sofern Nutzungsrechte verletzt wurden, bitten wir um Kontaktaufnahme.

c) Nutzungsrechte

Alle Rechte vorbehalten. Abdruck oder vergleichbare Verwendung dieser Ausarbeitung ist auch in Auszügen nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung gestattet.