

Xenonlicht

Inhaltsverzeichnis

- [1 Geschichte](#)
- [2 Verbreitung und Verfügbarkeit](#)
- [3 Funktionsweise](#)
- [4 Diskussion um Xenonlicht](#)
- [5 Vorschriften für den nachträglichen Einbau in Kraftfahrzeuge](#)

Xenonlicht bezeichnet bei Kraftfahrzeugen den Einsatz einer Xenon-Gasentladungslampe im Abblendlicht beziehungsweise Fernlicht.

1 Geschichte

1989 entwickelte [Philips](#) die D1-Lampe, die später ebenso von [Osram](#) angeboten wurde. Ab 1991 waren für den [7er BMW](#) aufpreispflichtige Gasentladungslampen (Bosch Litronic) als Xenonlicht erhältlich, zuerst ausschließlich als [Abblendlicht](#). Seit 1994 wird die D2-Lampe im [Audi A8](#) und im [BMW E38](#) verwendet, sie wird heute noch in leicht abgewandelter Form produziert. Seit 1999 gibt es auch, zuerst im [Mercedes-Benz CL](#), Xenon-Fernlicht in sogenannten *Bi-Xenon-Scheinwerfern*. Dabei wird für das Abblend- und Fernlicht dieselbe Lampe verwendet, wobei zur Umschaltung eine Blende aus dem Strahlengang geklappt und damit Fernlicht ermöglicht wird. Außerdem gibt es Xenonscheinwerfer mit integriertem [Kurvenlicht](#), bei denen durch horizontal bewegliche Linsen eine verbesserte Ausleuchtung bei Kurvenfahrten erreicht werden soll.



Xenonscheinwerfer



Xenonlicht-Projektscheinwerfer



Bi-Xenon-Scheinwerfer

2 Verbreitung und Verfügbarkeit

Im Jahre 2007 waren in Deutschland 30 % der neuen Personenwagen mit Xenonscheinwerfern ausgestattet, laut DAT-Report 2008 etwa 15 % des gesamten Bestandes. Auch aktuell sind neben Xenon- auch Halogen-Scheinwerfer weiterhin Stand der Technik und haben einen hohen Anteil an den Neuzulassungen. 2015 waren 38 % der Neuzulassungen, 20 % der [Gebrauchtwagen](#) und 24 % des Fahrzeugbestandes mit Xenon-Licht ausgestattet.^[1] Die Ausstattungsrate in den unteren Fahrzeugklassen ist geringer als in der Oberklasse.

Bei Bussen im Reiseverkehr ist die Ausstattungsquote bei Neuzulassungen hoch, bei [Lkw](#) und [Linienbussen](#) dagegen gering.

3 Funktionsweise

Zwischen zwei [Wolfram-Elektroden](#) der Xenon-Gasentladungslampe brennt ein konzentrierter [Lichtbogen](#). Der extrem kleine [Brennraum](#) – ein Glaskolben aus [Quarzglas](#) – enthält eine [Xenon](#)-Gasfüllung unter hohem [Druck](#) sowie [Quecksilber](#) (s. u. [Unterschiede der Lampenkategorien](#)) und Metallhalogenide – insgesamt weniger als ein Milligramm. Die Metallhalogenide sind für eine Verbesserung der Farbwiedergabe vorhanden. Das Xenongas ist für einen beachtlichen Lichtstrom kurz nach dem Zünden und u. a. für das

schnelle Hochfahren der Lampe verantwortlich, was im Straßenverkehr eine wichtige Rolle spielt. In herkömmlich genutzten Halogenmetaldampflampen wird meist Argon als Startgas genutzt, mit dem diese aber mehrere Minuten brauchen, um einen nennenswerten Lichtstrom zu liefern bzw. den gesamten zu erreichen. Genaugenommen ist daher der Xenonbrenner eine Kombination aus Xenon-Gasentladungslampe und [Halogenmetaldampflampe](#). Neuere Varianten kommen ohne Quecksilberanteil in der Füllung aus.

Für das Zünden (Einschalten) ist ein Hochspannungsimpuls erforderlich, den eine Zündeinheit über ein elektronisches [Vorschaltgerät](#) (EVG, [englisch](#) *electrical ballast*) erzeugt. Das EVG sorgt anschließend für eine Lichtleistungssteuerung.

Bei Doppel-Xenon-Scheinwerfern handelt es sich um eine Technik ohne Klappe, das [Ablendlicht](#) und das Fernlicht bestehen jeweils aus einem Brenner sowie separaten Linsen oder Reflektoren. Fahrzeuge mit zwei Doppel-Xenon-Scheinwerfern haben also vier Brenner und demnach auch vier Vorschaltgeräte.

Die Haltbarkeit von Xenonlampen beträgt etwa das Vierfache der Haltbarkeit von Halogenlampen. Da Xenonlampen Gasentladungslampen sind, lassen sich jedoch defekte Brenner nicht an einem durchgebrannten Glühdraht erkennen.

Damit die Gasentladungslampe an Kraftfahrzeugen im Straßenverkehr zum Einsatz kommen kann, muss der bekannt langsame Lichtanlauf beschleunigt werden. Der dafür notwendige Ablauf kann in drei Phasen beschrieben werden:

1. Zündung: Mit einem [Hochspannungsimpuls](#) wird – ähnlich wie bei einer [Zündkerze](#) – ein Funke erzeugt, der das ursprünglich elektrisch nicht leitende Gas ionisiert und dadurch einen leitfähigen Tunnel zwischen den Wolfram-Elektroden schafft. Durch diesen Tunnel wird der elektrische Widerstand klein, und es fließt Strom zwischen den Elektroden.
2. Anlaufphase: Die Lampe wird mit kontrollierter Überlast betrieben. Durch den mit höherer Leistung betriebenen Lichtbogen steigt die Temperatur im Kolben rasch an und die vorhandenen Metallhalogenide beginnen zu verdampfen, dadurch ändert sich die Lichtfarbe. Der Dampfdruck in der Lampe und die Lichtabgabe nehmen zu. Weiter sinkt der Widerstand zwischen den Elektroden; das erkennt das [Steuergerät](#) EVG und geht automatisch in den Dauerbetrieb über.
3. Dauerbetrieb: Alle Metallhalogenide sind in der Dampfphase, der Lichtbogen hat seine endgültige Form erreicht und die Lichtausbeute ihren Sollwert. Die zugeführte elektrische Leistung wird jetzt stabilisiert, damit der Lichtbogen nicht flackert.

Technische Details einer Xenonlampe ist ein elektronisches Vorschaltgerät notwendig. Diese Vorschaltgeräte sind als Steuergeräte für Bordnetze von 12 und 24 V ausgelegt und können Brenner mit 25, 35 oder 50 W betreiben. Zum Zünden der auch Brenner genannten Lampe geschieht mit einem Spannungsimpuls von bis zu 25.000 [Volt](#). Bis zum Erreichen des vollen Lichtstroms kann eine Zeitspanne von bis zu 15 Sekunden notwendig sein. Dabei fordern die Zulassungskriterien für Kraftfahrzeuge, dass nach dem verzugslosen Einschalten (Zünden) mindestens 25 % des Soll-Lichtstromes nach 1 Sekunde und mindestens 80 % des Soll-Lichtstromes nach 4 Sekunden erreicht werden. Beim Warmstart muss nach verzugsloser Zündung 80 % des Soll-Lichtstromes bereits nach einer Sekunde erreicht werden. Bis sich die Betriebsfarbtemperatur eingestellt hat, können bis zu 30 Sekunden vergehen.

Durch den Lichtbogen steigt der Druck der Xenon-Edelgasfüllung in einem Brenner von etwa 20 bar (2 MPa) auf bis zu 100 bar (10 MPa) im Betrieb. Im Normalbetrieb wird die Lampe häufig mit etwa 85 Volt bei 400 [Hertz Rechteckschwingung](#) betrieben. Neuere [quecksilberfreie](#) Lampen arbeiten bei etwa 42 Volt. Die elektrischen Betriebsparameter sind von der erbrachten Gesamtbrenndauer (Lebensdauer) und dem Zustand der Lampe (kalt, warm, heiß) abhängig. Die Koordinaten im [CIE-Normvalenzsystem](#) einer Lampe (Farbort, -

temperatur) verändern sich mit zunehmender Gesamtbrenndauer der Lampe. Die bei der Zündung entstehenden [UV-Anteile](#) werden – um Schädigungen an anderen Komponenten (z. B. Polycarbonat-Linsen) zu vermeiden – über eine UV-absorbierende Schicht oder Dotierung des Brenners gefiltert. Die Vorschaltgeräte generieren durch [Leistungselektronik](#) aus dem Kfz-Bordnetz eine Wechselspannung. Der Entladungsstrom des Lichtplasmas wird – unabhängig von der Versorgungsspannung – durch sie gesteuert. Der Wirkungsgrad dieser Vorschaltgeräte liegt bei etwa 90 %. Bei den so genannten Steckerstartern befindet sich zur Vermeidung von [EMV](#)-Problemen die Zündeinheit so nah wie möglich an der Lampeneinheit.

Vergleich zwischen Halogenglühlampe und Xenonlicht

Kfz-Xenonlampen sind Linienstrahler (siehe auch [Lichtspektrum](#)), deren Spektrallinien jedoch durch [Druckverbreiterung](#) und Zusatzstoffe fast zu einem Kontinuum verschmelzen. Einige Linien liegen auch im [Ultraviolett](#)-Bereich. Die Mischung der Linien ergibt die scheinbare Farbe – sie ist bläulicher als das Licht von Halogenglühfadenlampen. Halogenglühlampen strahlen ein kontinuierliches Spektrum ab, das weit in den Infrarot-Bereich hineinreicht; eine normale Glühlampe gibt etwa 85–95 % ihrer Leistung als Wärme ab, nur 5–15 % stehen als sichtbares Licht zur Verfügung (? [Glühlampe](#), Halogenglühlampen sind diesbezüglich etwas effizienter). Das Licht einer Xenon-Lampe wirkt durch die höhere [Farbtemperatur](#) [kälter](#) als das einer Glühlampe, ist jedoch trotz geringerer Leistungsaufnahme heller.^[2] Neuere, quecksilberarme Lampen enthalten auch Natrium, was zu einer verringerten Farbtemperatur führt und das Licht wärmer wirken lässt.

Mit der Zusatzbezeichnung „Xenon“ verkaufte *Halogenglühlampen* besitzen, um das Licht bläulich erscheinen zu lassen, entweder einen auf den Kolben aufgedampften Farbfilter ([Interferenzfilter](#)) oder der Glaskolben selbst ist aus blauem Glas, um die höhere Farbtemperatur der Xenonentladungslampen nachzuahmen. Durch Beschneiden des Spektrums um langwellige Anteile wird die Lichtausbeute dadurch insgesamt betrachtet etwas reduziert.

Unterschiede der Lampenkategorien

Xenonlampen werden in die ECE-Kategorien D1, D1S, D1R, D2S, D2R, D3S, D3R, D4S, D4R und D-H4R eingeteilt. Das Kürzel D steht dabei für *Discharge* (Entladung), die nachfolgende Ziffer für die jeweilige Entwicklungsversion. Brenner mit der Spezifikation *DxS* werden in Scheinwerfern mit Projektionssystemen verwendet. Sie verfügen über einen klaren Glaskolben. Brenner mit der Spezifikation *DxR* werden in Reflektorscheinwerfern verwendet und haben einen lichtundurchlässigen Aufdruck (Pinstrip – auch Abschatterlackierung genannt) auf dem Glaskolben. Er dient dazu, die behördlich vorgeschriebene Lichtverteilung zu gewährleisten.

- *D1*-Brenner verfügen über ein integriertes Zündteil.
- *D2*-Brenner bestehen nur aus dem gesockelten Brenner selbst.
- *D3*- und *D4*-Brenner sind quecksilberfreie Varianten der *D1*- und *D2*-Brenner

Ein Austausch von *D1*- oder *D2*-Brennern gegen *D3*- bzw. *D4*-Brenner ist nicht möglich, da diese eine andere Betriebsspannung erfordern. Ein Zünden ist zwar zumeist möglich, allerdings besitzen *D3*- und *D4*-Brenner Betriebsspannungen von 42 V und im Gegensatz dazu *D1*- und *D2*-Brenner eine Betriebsspannung

von ca. 85 V bei gleicher Leistung. Somit verdoppelt sich der notwendige Betriebsstrom, wofür die Vorschaltgeräte von D1- und D2-Brennern nicht ausgelegt sind. Um Verwechslungen zu vermeiden, verwenden D3- und D4-Brenner eine andere Lampenfassung.[\[3\]](#)

Xenonlampen mit der Bezeichnung D1 stellen die zuerst entwickelten Xenonlampen dar. Nur diese besitzen im Gegensatz zu allen anderen Entwicklungsstufen keinen, das Entladungsrohr schützenden, äußeren Glaskolben. Alle Weiterentwicklungen dieser Typs besitzen einen UV-Schutzkolben. Sie sind auch von der Bauform wesentlich stabiler. Sehr oft wird die alte D1 mit den heutigen D1-S/R-Brennern verwechselt, die ein integriertes Zündmodul enthalten. Spricht man heute von einer D1-Lampe, ist in der Regel die aktuelle Bauform mit integriertem Zünder gemeint.

Vorteile

- helleres Licht: Xenonlampen erreichen deutlich höhere Lichtströme als herkömmliche Halogenlampen (H7 = max. 1500 [lm](#), D2S-Xenon (Farbtemperatur 4200 [K](#)) etwa 3200 lm).
- geringerer Energieverbrauch: Im Dauerbetrieb weisen Xenonlampen eine geringere Leistungsaufnahme auf (35 [Watt](#) gegenüber 55 Watt bei den herkömmlichen [Halogenlampen](#), z. B. H4 oder H7). Ist das Licht während 30 % der Motorenlaufzeit eingeschaltet, ergibt sich eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes von ungefähr 1,3 g/km. Xenonlampen besitzen zudem eine dreifach höhere Lichtausbeute (D2S etwa 91 lm/W gegenüber H7 etwa 26 lm/W).
- höhere [Lebensdauer](#): Die mittlere Lebensdauer einer Xenonlampe beträgt 2000 Stunden im Vergleich zu einer H7-Halogenlampe mit 450 Stunden. Diese durchschnittliche Lebensdauer wird in Deutschland unter Verwendung eines vom [KBA](#) definierten Prüfzyklus ermittelt, der die Nutzungsbedingungen der Lampe im Straßenverkehr nachbilden soll.
- höhere Leuchtdichte: Die [Leuchtdichte](#) ist bei einer Xenonlampe rund dreimal so hoch (D1S/D2S ca. 90 Mcd/m²), wie bei H7 mit etwa 30 Mcd/m² (Mcd = Mega-[Candela](#)). Die Lichtabstrahlfläche ist bei gleichem Lichtstrom geringer, zudem erhitzt sich das Leuchtmittel weniger stark. Das ermöglicht kompaktere Bauformen der Scheinwerfer (Ellipsoid-Reflektoren und Sammellinsen).
- tageslichtähnliche Lichtfarbe, höhere [Farbtemperatur](#) als Glühlicht – blaues Licht macht munterer und steigert die Konzentrationsfähigkeit.[\[4\]](#)
- kontrastverstärkende Wirkung bei guten Sichtverhältnissen

Nachteile

- Die Anschaffungskosten für Xenonlicht übertreffen – je nach Fahrzeugnutzung – oft die durch den besseren Wirkungsgrad eingesparten Kraftstoffkosten.
- Die Systemkomplexität ist bei Xenonlicht durch die notwendige automatische Leuchtweitenregulierung, die [Scheinwerferreinigungsanlage](#) sowie Vorschalt- und Zündgerät im Vergleich zu Halogenlicht wesentlich höher und bedingt dadurch auch höhere Ersatzteilkosten.
- Wartung und Austausch von Leuchtmitteln und Vorschaltgeräten sollten vor allem aufgrund der Gefahr von Stromschlägen unbedingt qualifizierten Personen überlassen werden, da hierfür besondere

Sicherheitsvorkehrungen notwendig sind.

- Insbesondere bei fehlerhafter Justierung der Scheinwerfer kann der Gegenverkehr stärker geblendet werden als mit anderen Scheinwerfern. Zwar ist für Xenon-Systeme eine automatische [Leuchtweitenregulierung](#) vorgeschrieben, jedoch hat diese keinen Einfluss auf eine eventuell fehlerhafte Grundeinstellung des Scheinwerfers, die durch Auswechseln des Brenners entstehen kann. Bedingt durch die größere [Leuchtdichte](#) des Xenonscheinwerfers kommt es im Vergleich zu Halogenscheinwerfern bei entsprechendem Straßenverlauf (an Kuppen sowie infolge des [asymmetrischen](#) Lichtkegels in Rechtskurven) aber auch bei korrekter Einstellung der Scheinwerfer zu größerer Blendung des Gegenverkehrs, da die automatische Leuchtweitenregulierung älterer Systeme den Straßenverlauf nicht berücksichtigt (siehe [Intelligent Light System](#)).
- Die [Farbtemperatur](#) des Lichtes kann sich bei häufigem Zünden ins Blaue ändern.
- Die Lichtstärke nimmt mit steigender Betriebsdauer (Alterung) stärker als bei einer Halogenlampe ab, die Leuchtkraft ist dann jedoch noch immer doppelt so hoch wie die einer Halogenlampe. Im Detail: Während sich die Lichtstärke bei Glühlampen am Lebensdauerende (nach ca. 450 Stunden bei einer H7) auf etwa 80 % Leuchtkraft reduziert (bei einer H7 von etwa 30 auf 24 Mcd/m²), fällt sie bei Xenonbrennern nach ca. 2000 Stunden auf ca. 50 Mcd/m² ab.
- Erhöhte Umweltbelastungen durch Quecksilber (sofern enthalten) und Elektronik, da sich die problematischen Inhaltsstoffe nur aufwendig oder überhaupt nicht wiedergewinnen lassen. Obwohl zwei führende Hersteller, [Philips](#) und [Osram](#), quecksilberfreie Xenonlampen anbieten, werden diese nicht von allen Fahrzeugherstellern verbaut.
- erhöhter Platzbedarf
- Bei Nebel und schlechter Sicht wirkt sich der hohe Blauanteil negativ auf den Kontrast und die Sichtweite aus, da kurzwelliges Licht an Nebel und Dunst stärker gestreut wird als das langwelligere Glühlicht.

4 Diskussion um Xenonlicht

Die Verwendung von Xenonlicht ist umstritten, auch bedingt durch die höheren Anschaffungskosten sowohl beim Kauf eines Neuwagens als auch beim Ersatz defekter Leuchtmittel. Letztere Kosten relativieren sich jedoch durch eine deutlich höhere Lebensdauer gegenüber Halogenleuchtmitteln. Die höhere Lichtausbeute, die größere beleuchtete Fläche und die kontrastverstärkende Wirkung bei guten Sichtverhältnissen sind Verkehrssicherheit steigernde Vorzüge, die jedoch zuerst einmal nur dem Fahrer zugutekommen und nur in wenigen Fahrzeugmodellen serienmäßig sind.

Laut einer Studie des TÜV Rheinland würden sich bei einem flächendeckenden Einsatz von Xenonlicht 50 % der schweren Unfälle bei Nacht auf Landstraßen und 30 % der schweren Unfälle auf Autobahnen (und damit 18 % der Todesopfer) vermeiden lassen.^{[5][6]} Diese Studie basiert auf offiziellen Zahlen der Bundesanstalt für Straßenwesen, wurde allerdings von einer Initiative der europäischen Beleuchtungshersteller in Auftrag gegeben und finanziert, ohne dass diese Tatsache in dem veröffentlichten Material offen ausgewiesen wurde.^[7] Es wurde nicht ermittelt, ob und wenn ja, wie viele zusätzliche Unfälle durch Blendwirkung zu erwarten wären.

Bei Messung oberhalb der Scheinwerferachse darf Xenonlicht nicht stärker als konventionelles Halogenlicht blenden. Bei fehlerhaft eingestellten Scheinwerfern oder in bestimmten Fahrsituationen (Fahrt über eine Kuppe oder eine Bodenwelle sowie bei versehentlich eingeschaltetem Xenon-Fernlicht bei Gegenverkehr) ist die Blendwirkung deutlich höher als bei Halogenscheinwerfern. Ein entgegenkommender Fahrer empfindet dies zumeist als unangenehm. Da ein höherer Leuchtenlichtstrom bei regennasser Fahrbahn eine

vergrößerte Blendwirkung bedeutet, geht jede Verbesserung aus Fahrersicht zu Lasten des Entgegenkommenden.

Der Verkehrsexpertentag empfiehlt Xenonlicht für mehr Sicherheit im Straßenverkehr.

5 Vorschriften für den nachträglichen Einbau in Kraftfahrzeuge

- Die Gasentladungslampe muss der ECE-Regelung 99[8] entsprechen.
- Der Scheinwerfer muss der ECE-Regelung 98[9] entsprechen.
- Der Anbau des Scheinwerfers am Kraftfahrzeug muss der ECE-Regelung 48[10] entsprechen. Dabei werden eine automatische [Leuchtweitenregulierung](#) und eine Scheinwerferreinigungsanlage bei Lichtquellen mit mehr als 2000 Lumen gefordert. Dies betrifft die konventionellen (35 W) Xenon-, aber auch [LED-Scheinwerfer](#), bei denen es technologiebedingt eine weitere Leistungsspanne gibt. Die 35-W-Lampen des Standards D1, D2, D3 und D4 geben einen Lichtstrom von > 2000 lm ab. Eine 25 W leistende D8/D5-Lampe bleibt dagegen unter dieser Schwelle.
- Die Scheinwerferreinigungsanlage muss der ECE-Regelung 45[11] entsprechen.
- Für Fern- und [Ablendlicht](#) gelten die Vorschriften gem. [§ 50 Abs. 10 StVZO](#)

Hinweise zur Nachrüstung:

Für alle lichttechnischen Einrichtungen an Kraftfahrzeugen gilt: Die Art der Lichtquelle (z. B. Glühlampe, Halogenlampe, Xenonlampe, LED) ist immer Bestandteil der Typ-Zulassung eines Scheinwerfers. Daraus folgt:

- Die Gasentladungslampen dürfen nur in dafür typgeprüften und zugelassenen Scheinwerfern verwendet bzw. eingesetzt werden.
- Das Bestücken eines Halogen-Scheinwerfers mit Gasentladungslampen (z. B. D2S, D2R) durch [Retrofit-Sets](#) ist unzulässig und führt zum Erlöschen der [Betriebslaubnis](#) des Fahrzeugs und somit ebenso zum Verlust des Versicherungsschutzes.[12]
- Aus den oben genannten Gründen ist ausschließlich die Nachrüstung von bauartgenehmigten Scheinwerfern zulässig, die nach ECE-Regelung 98 genehmigt wurden. Zusätzlich sind die oben aufgeführten „Vorschriften für den Einbau in Kraftfahrzeugen“ zu beachten. Die StVZO spielt bei Fahrzeugen, die nach EG zugelassen sind, keine maßgebliche Rolle, allerdings sind die im Anhang zur StVZO genannten Richtlinien maßgeblich.



