

Technische Universität München

Die Nachhaltigkeit von LED näher beleuchtet

Textarbeit zum Seminar

Grundlagen der Globalisierungsforschung
Globale Zusammenhänge erkennen

Jan Veeh

Seit der Erfindung der Leuchtdiode Anfang der 1960er Jahre ist die Erfolgsgeschichte der Technologie kaum zu bremsen. Fernseher, der Smartphone-Blitz, LED-Scheinwerfer im Auto oder einfach nur die Deckenbeleuchtung sind Beispiele von alltäglich gewordenen Anwendungen für die so weitreichend einsetzbare Technik.

Dieser Text beschreibt kurz die geschichtliche Entwicklung, sowie die Vor- und Nachteile der Light-Emitting-Diode und legt anschließend einen Fokus auf die Nachhaltigkeit des gesamten Produktzyklus eines Leuchtmittels für den Hausgebrauch. Angefangen bei der Rohstoff- und Materialbeschaffung, über die Produktion, bis hin zur Recycling-Fähigkeit von defekten Leuchten. Schließlich folgen ein paar Beispiele zu neuartigen Ansätzen und Lösungsmöglichkeiten für Problematiken in der Herstellung.

Anfangs wurden LED ausschließlich im Bereich der Leuchtanzeigen und Signalübertragung verwendet, da geringe Lichtleistungen und eine beschränkte Farbauswahl das Einsatzgebiet stark einschränkten. Durch konsequente Forschung und Entwicklung folgen neben rot und grün leuchtenden Halbleitern auch blau, weiß beziehungsweise warm-weiß leuchtende Dioden. Die Effizienz und Lichtleistung ließ sich bis Ende der 1990er Jahre drastisch steigern, sodass Mitte der 2000er die ersten LED als Leuchtmittel in den Handel kamen. Die weitreichenden Vorteile gegenüber konventionellen Beleuchtungen, sowie die kontinuierlich sinkenden Preise, führten bereits im Jahr 2014 zu einem Marktanteil der LED als Leuchtmittel von 38% in deutschen Haushalten¹. Auf 64 Milliarden Euro prognostiziert „McKinsey“ den globalen Umsatz mit Leuchtdioden im Jahr 2020. Damit wird er den kombinierten Umsatz von Glühlampen und Energiesparlampen deutlich übersteigen². Neben Anzeigen und Displays, wo LED bereits fast zu 100% eingesetzt werden, kommen zunehmend neue Einsatzgebiete wie der Automotive Bereich, Straßenbeleuchtungen oder Verkehrsanlagen hinzu. Durch die praktisch frei wählbare Bauform, die minimale Abwärme und den extrem geringen Stromverbrauch sind LED zum Maß der Dinge in fast jeder Anwendung geworden. Hinzu kommt die lange Lebensdauer von 50.000 bis 100.000 Stunden, was circa fünf bis zehn Jahren im Dauerbetrieb entspricht. Dimmbarkeit, eine hohe Anzahl an Schaltzyklen und die gute Farbwiedergabe sind eine Handvoll weiterer Vorzüge gegenüber Glühlampen, Energiesparlampen oder Leuchtstoffröhren.

Doch wie bei jeder neuen Technologie stehen einer Vielzahl an Vorteilen selbstverständlich auch einige Nachteile gegenüber.

Zunächst besteht eine LED-Lampe aus deutlich mehr Komponenten und unterschiedlichen Materialien als eine Glühlampe. Während die Glühlampe keine Elektronik zur Ansteuerung besitzt, benötigt eine LED eine Treiberschaltung mit diversen elektronischen Bauelementen.

Neben Kupfer in Leiterbahnen und Spulen finden sich weitere Metalle und Halbleiter, sowie verschiedenste Kunststoffe in der Fassung.

Zu den diversen Metallen zählen unter anderem geringe Mengen Gold für Kontaktierungen und teilweise Tantal in Kondensatoren mit geringer Baugröße. Dieses Tantal wird vorwiegend in Ländern des Südens gefördert. 2011 entfielen geschätzte 40-50 % des weltweiten Tantal Abbaus auf Ruanda und die Demokratische Republik Kongo³. Mit rund 20% kommt ein weiterer großer Teil aus Brasilien³. Vor allem die beiden afrikanischen Länder sind bekannt für menschenunwürdige Arbeitsbedingungen, Kinderarbeit und nicht-nachhaltige Produktion mit katastrophalen Auswirkungen auf Mensch und Natur. Einige Tantalerze wurden 2012 von der US-amerikanischen Börsenaufsicht als so genanntes „Konfliktmineral“ eingestuft, was dessen Verwendung für Unternehmen berichtspflichtig gegenüber der Behörde macht⁴. Gründe dafür waren unter anderem der Verdacht, bewaffnete Konflikte zu finanzieren, da einige Minen im Osten des Kongo von Rebellen kontrolliert werden⁵. Die Verwendung von Tantal-Kondensatoren in LED-Treibern ist zwar eher die Ausnahme, sollte aber dennoch komplett vermieden werden.

Ein großer Teil der Lampe ist der aus Aluminium gefertigte Kühlkörper, auf dem der LED Chip befestigt ist. Australien, China und Brasilien sind die Hauptlieferanten für „Bauxit“, in dem unter anderem Aluminiumoxid in großen Mengen enthalten ist, was als Quelle für reines Aluminium dient. Gerade in Brasilien werden weite Flächen des Regenwaldes für den Tagebau gerodet und somit wichtige Lebensräume zerstört. In Aluminiumraffinerien an der Küste wird aus dem Bauxit, das Aluminiumoxid mit Hilfe von Natronlauge herausgelöst und anschließend in Industrieländer verschifft⁶. Ein Abfallprodukt, der sogenannte „Rotschlamm“, ist giftig und wird oft einfach in Seen oder Flüsse geleitet. Dort löst er neben oft vernichtenden Auswirkungen auf die Natur auch Atemwegserkrankungen, Knochenschäden (Fluorose) und weitere Krankheiten bei der Bevölkerung aus⁷. Insgesamt benötigt die Herstellung von einer Tonne reinen Aluminiums fünf Tonnen anderes Material wie Bauxit, Natronlauge und Schweröl, sowie eine hohe Menge an Energie⁶. Dieser Energiebedarf bei der Herstellung hat wiederum negative Auswirkungen auf die Gesamtenergiebilanz der Lampe.

Der eigentliche LED-Chip beinhaltet ebenfalls einen Anteil an seltenen Erden. Da es keine weiß emittierenden Halbleiter gibt, werden fluoreszierende Substanzen, sogenannte Konversionsfarbstoffe auf blaue Chips aufgetragen, die einen kleinen Anteil in gelbes Licht umwandeln. Die Mischung aus blauem und gelbem Licht erscheint für das menschliche Auge dann weiß. Diese erwähnten Konversionsfarbstoffe besitzen einen hohen Anteil seltener Erden

wie beispielsweise Yttrium und Lutetium⁸. Bei dessen Förderung in China sind Arbeiter oft Gefahren ausgesetzt, da radioaktive Uran- und Thoriumverbindungen frei werden können⁹.

Ist das Lebensende einer LED-Lampe einmal erreicht, stellt sich die Frage der Recyclingfähigkeit. Im Gegensatz zur Energiesparlampe enthält eine LED zwar keine giftigen Substanzen wie beispielsweise Quecksilber, jedoch macht der verwendete Mix an verschiedensten Materialien das Recycling kompliziert. Die Stoffe können schlecht getrennt werden oder kommen einfach in zu geringen Mengen vor, um lohnenswert genutzt werden zu können. Oft wird auch eine große Menge an Klebstoff verwendet, der den Prozess zusätzlich erschwert.

Dieses und weitere Problematiken versucht die Firma „Seidel GmbH“ an 2 Standorten in Mittelhessen mit einem fortschrittlichen Ansatz zur Herstellung von LED-Leuchtmitteln zu lösen. Diese spezialisierte sich mit einer eigenen Tochterfirma „Carus“ auf die Entwicklung einer nachhaltigen und effizienten LED-Lampe.

Zunächst wurde die Leuchte auf eine minimale Anzahl an notwendigen Komponenten reduziert, die im Gegensatz zu Konkurrenzprodukten auch nicht verklebt oder verlötet werden. Dies birgt die Möglichkeit einer industriellen Fertigung, was wiederum Kosten einspart. Die Produktion ist, anders als bei den meisten Herstellern, ausschließlich in Deutschland und bietet so Qualitätsvorteile und spart Transportwege gegenüber Produkten aus Fernost. Der Aluminiumbedarf beträgt nur etwa 50% vergleichbarer Lampen und wird größtenteils aus recyceltem Material gedeckt⁶. Zur Abschätzung des Einsparpotentials der eingesetzten Materialien haben die Entwicklungsingenieure auch ein Tool des Umweltbundesamtes genutzt. Das Tool ist eine Berechnungsmatrix, mit der sich unter anderem Umwelteffekte aus der Vorkette der eingesetzten Materialien quantifizieren lassen. Somit kann ein Unternehmen verifizieren wie die Ökobilanz ihrer Produkte über den gesamten Lebenszyklus ausfällt und wo Spielraum für Optimierungen besteht⁹. Die Entwickler der Firma Seidel konnten so laut dem Berechnungstool den Rohstoffaufwand der Leuchte um 90% und den Energiebedarf um 50% verringern⁶. Für diese Ressourcenschonende Produktion wird die Firma vom Bundesumweltministerium im Rahmen des „Umweltinnovationsprogrammes“ subventioniert.

Ein Forschungsprojekt der Universität des Saarlandes befasst sich mit der Entwicklung neuer Konversionsfarbstoffe ganz ohne oder zumindest mit deutlich verringertem Anteil an seltenen Erden. Professor Guido Kickelbick und sein Team am Lehrstuhl für anorganische Festkörperchemie forschen an anorganisch-organischen Hybridmaterialien die langfristig, existierende Konversionsfarbstoffe ersetzen sollen. Im Moment sind die transparenten

Materialien mit eingeschlossenen organischen Farbstoffen noch nicht stabil genug um auf LED eingesetzt zu werden. Langlebigkeit, Effizienz und eine Reduktion der Kosten um bis zu 70%, durch Wegfall der seltenen Erden, sind die vorrangigen Entwicklungsziele. Das Team arbeitet eng mit Unternehmen wie Osram und BASF zusammen und wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert⁸. Ein ähnliches Projekt an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) entwickelt ebenfalls Konversionsfarbstoffe auf Basis von phosphoreszierenden Proteinen und verzichtet so komplett auf seltene Erden⁹.

Zusammenfassend werden bei LED Leuchtmitteln lange nicht die Menge an verschiedenen Metallen und seltenen Erden benötigt wie bei anderen elektronischen Geräten. Dennoch gibt es ein hohes Potential um beispielsweise den Energieverbrauch in der Herstellung zu senken oder ein Produkt frei von Konfliktmineralien anzubieten. Dieses Potential nutzen bereits einige Firmen erfolgreich und können dadurch konkurrenzfähige Produkte anbieten.

Quellenverzeichnis:

- [1]: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/konsum-produkte/gruene-produkte-marktzahlen/marktdaten-bereich-haushaltsgeraete-beleuchtung>
- [2]: <http://www.wiwo.de/unternehmen/industrie/lichtmarkt-konzernumbau-drueckt-osram-in-die-roten-zahlen/11324810.html>
- [3]: <http://ddc.arte.tv/unsere-karten/mobiltelefonie-2-2-die-dunklen-seiten>
- [4]: <https://www.sec.gov/news/press-release/2012-2012-163htm>
- [5]: <https://www.sec.gov/rules/final/2012/34-67716.pdf>
- [6]: <https://www.youtube.com/watch?v=hNxfJugCidg>
- [7]: <https://www.regenwald.org/themen/aluminium/fragen-und-antworten#start>
- [8]: <https://www.analytik-news.de/Presse/2016/302.html>