

## LightUpPlast

Towards catalytic plastic waste upcycling by low energy light

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Expedition Zukunft, Expedition Zukunft 2022, Expedition Zukunft Start 2022	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.10.2024	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	15 Monate
<b>Keywords</b>	light, photocatalysis, plasmon, plastic waste		

### Projektbeschreibung

Oberfläche

Das Projekt konzentriert sich auf die Lösung des Missmanagements von Plastikmüll, das sich negativ auf die Tierwelt und die menschliche Gesundheit auswirkt. Stattdessen muss Plastik recycelt werden, um die Kreislaufwirtschaft zu verbessern. Um Upcycling technologisch sinnvoll zu machen, muss es einen geringen Energieverbrauch haben und Produkte mit Mehrwert liefern. Solarenergie ist eine vielversprechende Lösung für Niedrigenergie, da sie praktisch unbegrenzt verfügbar ist und durch das selektive Einfangen von Photonen unterschiedlicher Energie genutzt werden kann. Das Hauptziel von LightUpPlast ist die Entwicklung eines technischen Konzepts für das Upcycling von Kunststoffabfällen mit energiearmem Licht auf Metallnanostrukturen (NS) unter Verwendung von Plasmonenanregung. LightUpPlast geht über den aktuellen Stand der Technik hinaus und zielt darauf ab, die Möglichkeit des Upcyclings von Kunststoffabfällen zu überprüfen, indem das Phänomen der Plasmonenanregung auf NSs genutzt wird, die die Nutzung von energiesparendem Licht ermöglicht. Das Licht ist eine erneuerbare Energiequelle und ersetzt üblicherweise hohe Temperaturen. Bei den Kunststoffabfällen handelt es sich um Post-Consumer-Polystyrol (wPS), das voraussichtlich in Benzoesäure als Mehrwertchemikalie umgewandelt wird – als Lebensmittelkonservierungsmittel oder Antifugenmittel. Die Verifizierung des Konzepts wird an Nanopartikeln durchgeführt, gefolgt von der Entwicklung eines Reaktorprototyps, um über die Explorationsphase hinaus die Industrialisierung des Upcycling-Prozesses voranzutreiben. Der Erfolg des Projekts wird durch klare wissenschaftliche Innovationen bei lichtgetriebenen wPS-Transformationen, hohe TRL 5-6 für kleine und mittlere Industrien und Erfahrung der Antragsteller in der Plasmonenkatalyse und dem Kunststoff-Upcycling gesichert.

LightUpPlast beeinflusst das menschliche Wohlbefinden durch die Verbesserung der Umweltsicherheit als einen der Schlüsselfaktoren für die sozialen Determinanten der Gesundheit. Die Umweltsicherheit wiederum wird durch die Reduzierung von Kunststoffabfällen und Gasemissionen sowie durch die Reduzierung energieintensiver Prozesse bei der chemischen Herstellung gewährleistet. Die größten Nutznießer der Industrie sind Unternehmen, die Kunststoffe herstellen, der Sektor der Leichtchemie (einschließlich Sonnenlichtbatterien) und Chemieunternehmen, die Benzoesäure herstellen. Die Entwicklung eines solchen Konzepts wird als Grundlage für die Anwendung von Niedrigenergie Licht in der Kunststoffabfallwirtschaft dienen. LightUpPlast wird Werkzeuge entwickeln, um erneuerbares Solarlicht zu nutzen, um eine Industrialisierung zu erreichen, die aufgrund des hohen Energiebedarfs bisher fehlte. Die Präsentation der Nutzung

erneuerbarer Energien bietet Möglichkeiten für positive wirtschaftliche Auswirkungen und steigert die Einnahmen aus dem Verkauf wiederaufbereiteter Kunststoffmaterialien.

## **Abstract**

surface

The project focuses on the solution of plastic waste mismanagement negatively effecting wildlife and human health. Instead of that, plastic has to be upcycled to improve circular economy. To make upcycling technologically perspective, it has to be low-energy demanding and giving added-value products. Solar energy, is a promising solution for low energy because it has an effectively unlimited supply and can be used through the selective capture of photons with different energies. The main goal of LightUpPlast is development of technical concept for plastic waste upcycling with low energy light on metal nanostructures (NS) using plasmon excitation. LightUpPlast goes beyond current state-of-the-art, and aims to verify the possibility of plastic waste upcycling using the phenomenon of plasmon excitation on NSs enabling low energy light use. The light is renewable energy source and will substitute commonly used high temperatures. The plastic waste will be represented by post-consumer polystyrene (wPS), which is expected to be converted into benzoic acid as added-value chemical – used as food preservative or antifungal agent. The verification of concept will be performed on nanoparticles followed by development of reactor prototype to step beyond the exploratory phase forward the industrialization of upcycling process. The success of project is secured by clear scientific innovations in light-driven wPS transformations, high TRL 5-6 for small- and medium-scale industry and experience of applicants in plasmon catalysis and plastic upcycling. LightUpPlast affect affect to the human well-being through environmental safety improvement as one of the key factors of social determinants of health. Environmental safety, in turn, is guaranteed by reducing plastic waste and gas emissions along with decrease of energy-intensive processes for chemical manufacturing. The main industrial beneficiaries are plastic-producing companies, light chemical engineering sector (including sunlight batteries) and chemical companies producing benzoic acid. The development of such a concept will serve as a base for the low energy light application in plastic waste management. LightUpPlast will develop tools to use renewable solar light to approach industrialization that was missing before due to high energy demands. The showcase of renewable energy use will give opportunities to bring positive economic impact and increases revenues from the sale of remanufactured plastic materials.

## **Endberichtkurzfassung**

The LightUpPlast project successfully developed and validated a novel technological concept for the upcycling of polystyrene waste (wPS) using visible light as a low-energy activation source. The core objective was to replace energy-intensive thermal processing with a plasmon-enabled, light-driven approach operating under mild conditions.

During the project, plasmonic nanoparticle catalysts were synthesized, optimized, and characterized to match visible-light excitation. Systematic parameter screening (wavelength, solvent, atmosphere, catalyst type) enabled identification of robust reaction conditions for oxidative transformation of polystyrene into value-added molecules.

A key milestone was the successful implementation of a continuous-flow photocatalytic reactor in collaboration with Redeem Solar Technologies. Under optimized conditions, near-quantitative conversion (~95-100%) was achieved within 6 hours. Reactor operation demonstrated enhanced reaction kinetics compared to batch mode and confirmed reproducibility across independent runs.

Hydrodynamic optimization and mechanistic validation revealed that mass transport and photon delivery are critical parameters governing plasmon-driven catalytic efficiency. The developed reactor concept enables improved photon utilization and represents a significant step toward scalable light-driven chemical recycling.

A quantitative energy benchmark showed that the light-driven process requires approximately 0.125–0.156 kWh per reaction, compared to an estimated 6.0–7.5 kWh for conventional thermal heating. This corresponds to a reduction of approximately 97–98% in electrical energy demand, demonstrating strong sustainability potential

### **Projektpartner**

- CEST Kompetenzzentrum für elektrochemische Oberflächentechnologie GmbH
- Technische Universität Wien