

PHOTONICS FOR A GREEN SOCIETY – P4GS



3 Milliarden Tonnen weniger CO₂ pro Jahr: Der globale Klimaschutzbeitrag der Photonik^[1]

Österreichische Photonik als Enabler für Nachhaltigkeit und Klimaschutz:

- IKT: Datenübertragung, Datenprozessierung & Datenspeicherung
- Energieeffiziente, flexible und präzise Produktion
- Umweltmonitoring: Autarke Schadstoffanalyse

Die Photonik, die Technologie des Lichts, wird als »enabling Technology« bezeichnet, macht also als integraler Bestandteil viele weitere Anwendungen erst möglich^[2,3]. Doch sie ist weit mehr. Photonische Lösungen ersetzen zunehmend rein elektronische Anwendungen oder optimieren deren Energieverbrauch. So werden »Energiefresser« wie die Glühlampe, durch energieeffizientere Lösungen, wie die LED ersetzt. Gleichzeitig ermöglicht die Photonik technologische Entwicklungssprünge. In absehbarer Zeit werden auf CPUs elektrische Leiterbahnen durch photonische Wellenleiter ersetzt werden, wobei bei gleichem Energieverbrauch eine Erhöhung der Taktfrequenz um mehr als das Zehnfache zu erwarten ist^[4]. Auch andere Bereiche wie Produktion und Umweltmonitoring, ermöglichen massive Energie- und Ressourceneinsparungen. 3 Milliarden Tonnen CO_{2eq} können ab 2030 durch photonische Technologien jedes Jahr eingespart werden^[5]. Währenddessen zeigen neue Marktstudien, dass photonische

Technologieinnovationen zunehmend im Endusermarkt zur Anwendung kommen. So hat die Photonik-Industrie 2019 ein Marktvolumen von 102 Milliarden Euro in Europa erreicht und beschäftigt derzeit über 380.000 Menschen^[6]. Photonische Unternehmen wachsen viermal schneller als das BIP und sind Grundvoraussetzung für Zukunftsapplikationen wie autonomes Fahren, 3D-Druck, Smart Cities, Virtual Reality oder Industry 4.0^[7]. All diese Anwendungsbereiche wären ohne Photonik nicht vorstellbar. Photonik leistet – auch durch Forschung und Entwicklung in Österreich – einen immer größeren Anteil zu Energie- und Ressourcenschonung, wie die folgenden drei Beispiele illustrieren:

IKT – vom Eigenheim bis in die Cloud

Der globale Datenverkehr erreicht 2025 ein Volumen von 175 Zettabyte^[8] und veranschlagt heutzutage bereits einen Energiebedarf äquivalent zu 24 Nuklearreaktoren oder 3-4% der globalen CO₂

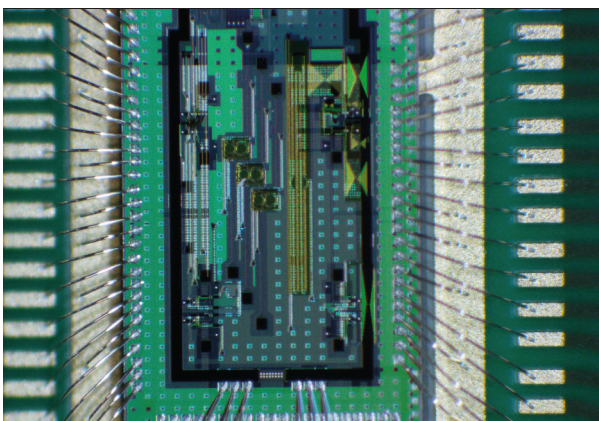


Abb.1: Silicon Photonics Transceiver
(Foto: AIT Austrian Institute of Technology)

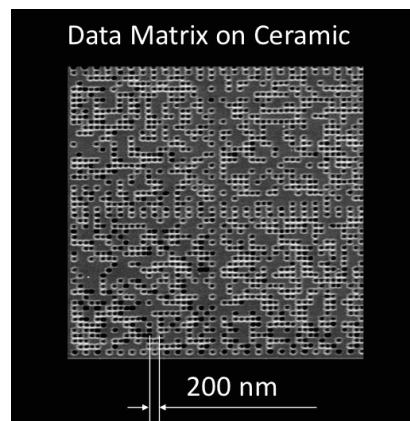


Abb.2: Keramischer Datenspeicher
(Foto: Ceramic Data Solutions GmbH)

KONTAKT

Michael Wurzinger, MSc
+43 (0) 316 876-3021
office@photonics-austria.at

REFERENZEN

- 1 Spectaris, "LICHT als Schlüssel zur globalen Nachhaltigkeit", 2019
- 2 National Academy of Sciences. Harnessing Light: Optical Science and Engineering for the 21st Century. Committee on Optical Science and Engineering, National Research Council. 1998. online: <http://www.nap.edu/catalog/5954.html>
- 3 National Academy of Sciences. Optics and Photonics - Essential Technologies for Our Nation. 2013. online: <https://www.nap.edu/catalog/13491/optics-and-photonics-essentialtechnologies-for-our-nation>
- 4 Intel. What Is Silicon Photonics?. 2020. <https://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/silicon-photonics/siliconphotonics-overview.html>
- 5 Johannes Kepler University Linz. Flex!PV_2.0. <https://www.jku.at/en/institute-of-physical-chemistry-and-linz-institute-of-organic-solar-cells/research/projects/flexpv-20/>. 2019.
- 6 Tematsys, "Draft Market Study Photonics 2020", 2020
- 7 VDI Technologiezentrum GmbH, "Photonics – a critical Key Enabling Technology for Europe", 2017.
- 8 D. Reinsel et al., "Data Age 2025 – The Digitization of the World," IDC-Seagate white paper, 2018.

Emissionen – ein Wert vergleichbar mit jenem der kommerziellen Luftfahrt. **Datenübertragung** benötigt im Optischen nur ~ 2 pJ/bit – somit um einen Faktor 400 weniger Energie als elektrische Methoden. Hybride opto-elektronische **Datenprozessierung** für High Performance Computing (HPC) oder Artificial Intelligence (AI) verspricht eine 20-fach höhere Rechenleistung bei gleichem Energieverbrauch. Rein optische Methoden würden weitere Performancesteigerungen und jede Sekunde bis zu 1 Trillion an Rechenoperationen pro Watt ermöglichen^[9]. **Datenspeicherung** in modernen Massenspeichern wie SSDs und HDDs verbrauchen in Datenzentren und bei Cloud-Diensten 30-60 nJ/bit pro Jahr, müssen alle 2-3 Jahre ersetzt und Daten migriert werden. Optische Speichersysteme könnten den Energiebedarf und Ressourcenverbrauch um den Faktor 100 reduzieren.

Photonics for a Green Production

Europäische Fabriken sollen bis 2030 schnell, grün und flexibel arbeiten. Photonische Technologien adressieren dabei konkret die Reduktion von CO₂-Emissionen, Materialeinsparungen und Gewichtsreduktionen, den Ersatz chemischer Behandlungen, einen verbesserten Produktlebenszyklus, sowie die Mission einer »echten Kreislaufwirtschaft« und Umweltverträglichkeit. **Hochleistungslaser für energieeffiziente, flexible Produktionsprozesse** sorgen nicht nur in der Photolithographie, der Halbleiterindustrie oder im Additive Manufacturing für energieeffiziente Materialbearbeitung, sondern sind (z.B. auf Galliumarsenid-Basis) auch die weltweit effizientesten Lichtquellen^[10]. **Optische Sensorik und Präzisionsmesstechnik**

bilden einen Kernbereich der Industrie 4.0. Sie ermöglichen eine deutliche Effizienzsteigerung durch prozessintegrierte Überwachung (in-line Monitoring durch zerstörungsfreie Prüfung und Prozessanalytik) und real-time Optimierung von Fertigungsprozessen (z.B. bei Additive Manufacturing). Die daraus resultierende Produktionsverbesserung bzw. Null-Fehler-Produktion führt zusätzlich zur Vermeidung von Ausschuss. Nicht zuletzt basieren auch AI und Big Data Anwendungen oftmals auf Daten optischer Messtechnik.

Photonics im Wassermonitoring

Sauberes Trinkwasser ist unser wichtigstes Lebensmittel, dessen Qualität allerdings bereits durch geringste Verunreinigungen (z.B. Mikroplastik, Rückstände diverser Pharmazeutika, Pestizide, ...) massiv beeinträchtigt wird. In den Wasserkreislauf eingebrachte Problemstoffe verteilen sich meist schnell und ungehindert im gesamten Ökosystem und begünstigen den Biodiversitätsverlust. Photonik ermöglicht ein kontinuierliches, automatisiertes Wasser-Monitoring, inklusive erforderlicher Probenahme- und Sensorik-Systeme zur ersten Probenanalyse^[11-13]. Dies erfolgt durch die Integration optischer Analysetechnologien wie z.B. **Fotometrie, Ramanspektroskopie, IR-Spektroskopie (FTIR)** in den Probennehmer und die Datenspeicherung oder Kommunikation mittels eines eingebauten Moduls. Auch die Verknüpfung mit einer autonomen Energieversorgung mittels **Durchflussgeneratoren und/oder Solarzellen**, sowie die Auslösung eines Alarms bei kritischen Messresultaten verstärkt in diesem Zusammenhang den Nutzen der Photonik^[5,14-16].

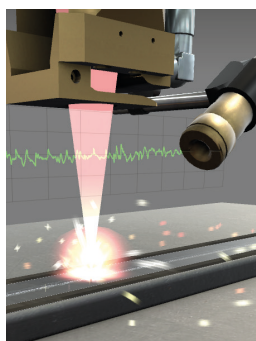


Abb.3: Testung mittels Processobserver (Foto: plasmo)



Abb.4: Processobserver mit Kurvenverlauf (Foto: plasmo)

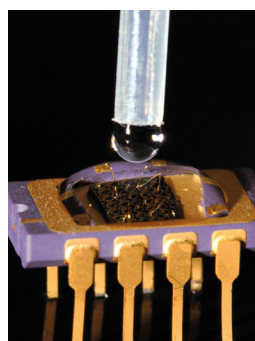


Abb.5: On-Chip Sensor (Foto: TU Wien)



Abb.6: Flexible organische Solarzelle (Foto: Courtesy of Prof. Sariciftci, Linz)

- 9** Y. Shen et al., "Deep learning with coherent nanophotonic circuits," Nature Photonics, vol. 11, pp. 441-446, 2017.
- 10** Proc. SPIE 10900, High-Power Diode Laser Technology XVII, 1090001 (17 May 2019); doi: 10.1117/12.2531317
- 11** Gruber & Hofer. Vorgaben und Erfahrungen mit der Probenahme auf Kläranlagen. Technische Universität Graz. Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau. https://www.arapustertal.it/media/6518/05_hofer_probenahme_klaeranlagen.pdf. 2018.
- 12** BMK, AGES & Umweltbundesamt. Monitoringprogramm von Pharmazeutika und Abwasserindikatoren in Grund- und Trinkwasser. Forschungsprojekt-Endbericht. https://www.verbrauchergesundheits.gv.at/lebensmittel/trinkwasser/Monitoringprogramm_von_Pharmazeutika_und_Abwasserindikatoren.pdf?7ixtie. 2015.
- 13** Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB. Wasser-Monitoring. <https://www.igb.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/umwelt/wasser-ueberwachung.html>. 2020.
- 14** crystalsol GmbH. Entirely new type of printed photovoltaic thin-film modules. <https://www.crystalsol.com/>. 2020.
- 15** Fachhochschule Technikum Wien. PowerShade - Entwicklung stromgenerierender Beschattungslösungen für energieflexible Gebäude im urbanen Raum. <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/power-shade.php>. 2020.
- 16** Sunplugged GmbH. Made to Measure Photovoltaics. <http://sunplugged.at/solarfoil/>. 2020.