



Technology Outlook

Vorausschauen.
Vorbereiten.
Vorangehen.



◀
Aus Abfall wird Gold
Mit Molke extrahiert ein
Forschungsteam an der
ETH Zürich Gold aus
Elektronikschrott. Das
Resultat: hochreine
Goldnuggets.

Zukunftsweisende Technologien

Technologien sind Treiber für Innovationen und prägen den globalen Wettbewerb. Der Technology Outlook 2025 der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften SATW analysiert und bewertet 31 Technologiefelder, die in den nächsten drei bis fünf Jahren für die Schweizer Wirtschaft und Gesellschaft relevant werden.

Zunehmende Aufmerksamkeit erhalten in der Studie Technologien, die einen Beitrag an eine nachhaltige (Kreislauf-) Wirtschaft leisten. Dazu gehören Recyclingtechnologien, die Wertstoffe aus Abfällen in die Fertigungsprozesse zurückführen, oder Technologien, die das Treibhausgas CO₂ als Ressource nutzen. Die Einschätzung der Expert:innen zeigt, dass umweltrelevante Themen die Zukunftsfähigkeit von Unternehmen entscheidend beeinflussen werden.

Weiter hat gegenüber der Studie von 2023 die Anzahl der Technologien aus dem Bereich Fertigungsverfahren und Materialien zugenommen, sofern sie energie- und ressourcenschonende Prozesse ermöglichen. Dagegen hat die Anzahl der Technologien im Bereich Digitalisierung abgenommen. Das liegt daran, dass einige davon, beispielsweise Anwendungen der künstlichen Intelligenz, mittlerweile marktreif sind und ihr disruptives Potenzial mittels neuartiger Produkte und Dienstleistungen branchenübergreifend ausspielen.

Der Technology Outlook: eine nationale Studie

Der Technology Outlook ist die einzige nationale Foresight-Studie, die das Potenzial zukunftssträchtiger Technologien spezifisch für die Schweiz erhebt. Die Auswahl wird von den Foresight-Gremien und dem Foresight-Team der SATW getroffen. Sie richtet sich nach dem technologischen Reifegrad der Technologien. Die Analyse beruht auf standardisierten Interviews mit Expert:innen aus der ganzen Schweiz. Im Rahmen dieser Gespräche wurden auch quantitative Grössen zur Forschungskompetenz und zum volkswirtschaftlichen Potenzial in der Schweiz erhoben.

Die SATW betreibt Früherkennung von Technologien – kurz Foresight – im Auftrag des Bundes. Der Technology Outlook erscheint seit 2015 alle zwei Jahre und richtet sich an Vertreter:innen aus der Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung sowie an technikbegeisterte Individuen.

Entdecken Sie die Studie unter: www.technology-outlook.ch

Treiber der Transformation

Nicht jede innovative Technologie erhält die Aufmerksamkeit, die sie verdient. Der Technology Outlook 2025 beschreibt vier solche Beispiele und zeigt, wie sie für die Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt entscheidende Fortschritte bringen können.

Unbekannte Querschnittstechnologien

Querschnittstechnologien – oder sogenannte Enabler – haben enormes disruptives Potenzial für viele Anwendungen. Katalysatoren etwa beschleunigen oder ermöglichen chemische Reaktionen. Mithilfe neuer hochselektiver Katalysatoren lassen sich nachhaltige Ressourcen wie Biomasse, Pyrolyseöl und CO₂ in synthetische Treibstoffe und nicht fossile Plattformchemikalien umwandeln. Die Schweiz hat eine ausgezeichnete Ausgangslage: Ein hochkompetitives Forschungsumfeld, innovative Start-ups und eine gezielte Forschungsförderung treiben die Entwicklung voran. Gelingt der Durchbruch, kann die **Katalyse** die Energie- und Rohstoffwende beschleunigen.

Eine weitere Enabler sind **Kleb- und Dichtstoffe**. Im Fahrzeugbau, im Bauwesen und in vielen weiteren Industrien sind sie unverzichtbar. Neue Formulierungen ermöglichen Materialeinsparungen, etwa in Leichtbaukarosserien oder bei Windkraft-Rotoren. Vollflächiges Kleben löst klassische Fügeverfahren ab und verbessert die thermischen Isolationseigenschaften der Bauteile. Stammen innovative Kleb- und Dichtstoffe aus erneuerbaren Ressourcen, machen sie die Endprodukte noch nachhaltiger und können für eine nachhaltige Wende bei den Fügeverfahren sorgen.

Deep Tech als Hoffnungsträger

Neben den Enablern gewinnen auch Deep-Tech-Technologien an Bedeutung. Sie lösen fundamentale Probleme auf neue Art und Weise. Bekannte Beispiele sind mRNA-Impfstoffe und Quantencomputer. Diese Technologien sind sehr komplex und erfordern einen langfristigen Investitionshorizont. Wegen ihrer hohen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung haben sie viel Potenzial.

Eine eher unbekannt Deep-Tech-Technologie sind photonisch integrierte Schaltkreise auf Halbleiter-Chips, auch Photonic Integrated Circuits oder kurz **PICs** genannt. PICs leiten Daten über Lichtsignale statt mit Elektronen weiter. Dadurch sind sie schneller und energiesparender als herkömmliche Chips und könnten helfen, den Stromverbrauch von KI-Anwendungen zu reduzieren. Allerdings ist die Technologie noch nicht marktreif. Gesucht sind neue Halbleitermaterialien, die noch sparsamere und schnellere PICs ermöglichen, sowie Reinräume für die Fertigung.

Im medizinischen Bereich bieten Therapien mit **Bakteriophagen** grosses Potenzial. Diese natürlich vorkommenden Viren, die gezielt Bakterien angreifen, gelten als vielversprechende Alternative zu Antibiotika. Moderne Ansätze setzen auf gentechnisch veränderte Phagen, um deren Wirksamkeit und Sicherheit weiter zu erhöhen. Potenzial haben Phagen auch in der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie.

Vier unbekannte Gamechanger

Vielseitig verwendbar und hoch innovativ

Katalyse



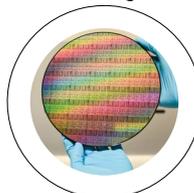
Neue Katalysatoren ermöglichen die gezielte und ressourcenschonende Synthese vieler Plattformchemikalien. Für die Produktion von klimafreundlichen künstlichen Treibstoffen aus CO₂, Wasser und Sonnenenergie suchen Forschende nach selektiveren Katalysatoren.

Nachhaltige Kleb- und Dichtstoffe



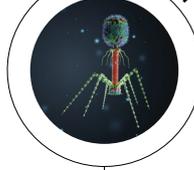
Neue Materialien erlauben eine energiesparende Fertigung, leichtere Bauweisen der Endprodukte und bessere Isolation zwischen den Bauteilen. Vielsprechend sind Formulierungen, die gut rezyklierbar sind oder problemlos wiederverwendet werden können.

PICs



Sie leiten digitale Signale mit Licht weiter und erlauben dadurch einen energieeffizienteren Betrieb von High-Performance-Computern. Zudem ermöglichen sie neue Anwendungen in der Photonik, Quantenforschung und Sensortechnologie.

Bakteriophagen



Der Einsatz dieser natürlich vorkommenden antibakteriellen Viren ist ein Hoffnungsträger gegen die Antibiotikakrise in der Medizin. Anwendungen in der Lebensmittelindustrie und in der Landwirtschaft ergänzen das Portfolio.

Abfall – Ressource der Zukunft

Wer Abfall neu denkt, entdeckt Potenziale für Nachhaltigkeit, Innovation und zukunftsfähige Geschäftsmodelle. Die Broschüre stellt Technologien und Fallbeispiele vor, die eine Kreislaufwirtschaft unterstützen.

Massenweise Elektronikschrott ist die Schattenseite des Computerzeitalters. Doch Forschende der ETH Zürich wandeln diesen Abfall wortwörtlich in Gold um. Mit Molke, einem Nebenprodukt aus der Verkäsung von Milch, lösen sie das Edelmetall aus weggeworfenen Computerplatinen heraus und gewinnen pure Goldnuggets.

Vorteilhaftes Nachhaltigkeitsprofil

Das Fallbeispiel zeigt: Produkte, die nach Gebrauch wiederverwertet werden, fügen sich nicht nur in ein Kreislaufsystem ein, sondern haben auch ökonomisches Potenzial. Der Technology Outlook 2025 rückt sechs Technologien in den Fokus, die diese Vision umsetzen: Bioplastik aus Abfall, CO₂-basierte Kunststoffe, künstliche Photosynthese, Kunststoffrecycling, Phosphorrecycling sowie Synfuels. Das Nachhaltigkeitsprofil dieser Technologien zeigt, dass sie bei umweltrelevanten Kriterien viele Vorteile haben (siehe Grafik rechts).

Eine grosse Bedeutung hat das Kunststoffrecycling. Jährlich fallen in der Schweiz 830'000 Tonnen Plastikabfälle an. Mit neuen Verfahren lassen sich die darin enthaltenen Wertstoffe in die Fertigungskette zurückführen. Ein Beispiel ist die Methode der Walliser Firma DePoly. Das Spin-off der ETH Lausanne zerlegt gemischte Plastikabfälle, die bisher nur verbrannt wurden, in die Grundbausteine.

Selbst Kohlendioxid (CO₂) ist nicht mehr nur ein schädliches Treibhausgas: Es ersetzt fossile Rohstoffe für CO₂-basierte Kunststoffe und ist in Technologien wie Synfuels oder künstlicher Photosynthese Ausgangsprodukt für nachhaltige Treibstoffe.

Knackpunkt CO₂-Bepreisung

Die Schweiz ist prädestiniert für den Umbau in eine emissionsarme und ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft. Die hochkompetitive Forschungslandschaft und innovative Jungfirmen treiben die Entwicklung voran. Allein im Segment Abfall und Ressourceneffizienz hat sich die Zahl der Start-ups nach Branchenangaben zwischen 2017 und 2024 mehr als verdoppelt.

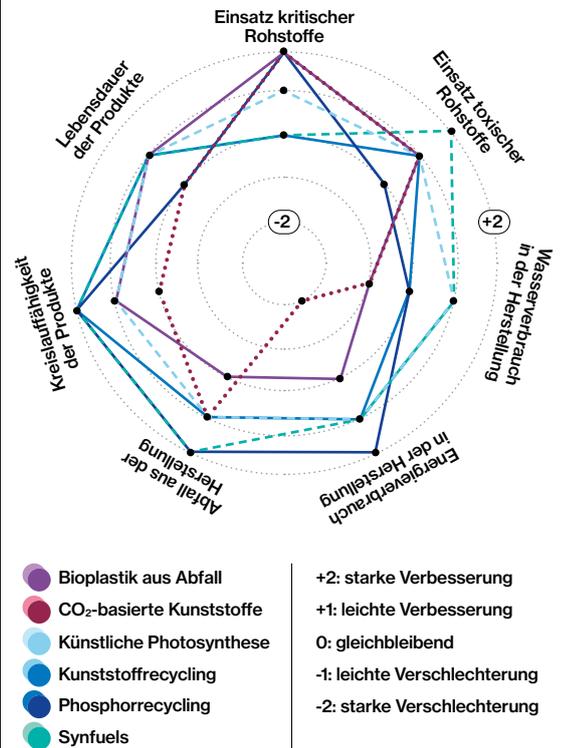
Ob sich die Investitionen wirtschaftlich lohnen, bleibt abzuwarten. Einige Technologien sind noch nicht marktreif. Ein wichtiger Aspekt sind die politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen, zum Beispiel die CO₂-Bepreisung. Sobald der Ausstoss höher einberechnet wird, eröffnen sich Chancen für die Skalierung der Technologien.

Die Schweiz würde mehrfach profitieren: Sie könnte die Ziele der nachhaltigen Entwicklung erreichen, ihre Abhängigkeit von importierten Rohstoffen reduzieren und neuen Geschäftsmodellen eine Plattform bieten. Besonders eindrücklich zeigt dies das Beispiel Phosphorrecycling: Mit der Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm, Tiermehl- und Abfällen und selbst aus menschlichen Ausscheidungen könnte das Land seinen Bedarf zu einem grossen Teil selbst decken.

Nachhaltigkeitsprofil

Umweltfolgen der Produkte

Einschätzung der Veränderung gegenüber Status Quo



Key Findings

Die Kreislaufwirtschaft nimmt Fahrt auf



Fakten: Jährlich werden in der Schweiz 140 Millionen Tonnen an neuen Materialien verbraucht. Das sind knapp 16 Tonnen pro Person und Jahr.



Tipp: Unternehmen, die frühzeitig die Vision einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft verfolgen, können mit einem Reputationsgewinn rechnen.



Relevanz: Die Schweiz profitiert doppelt – eine konsequente Wiederverwertung trägt zur Erreichung der Klimaziele bei und reduziert die Abhängigkeit von Rohstoffimporten.



Trends: Die Zahl der Start-ups im Segment Abfall und Ressourceneffizienz hat sich zwischen 2017 und 2024 auf 58 Firmen verdoppelt.



Zukunft: Wenn Treibhausgasemissionen höher eingepreist werden, ergeben sich Chancen für die Entwicklung und Skalierung neuer Technologien.

Showcases

Die Showcases sind Anwendungsbeispiele und Pionierprojekte aus der Schweizer Industrie und Forschung. Sie sind lebensnah und inspirierend und zeigen auf eindrückliche Art und Weise, wie technologische Innovation zu bahnbrechenden Produkten führt.

ETH Zürich



Mit Molke auf Goldfang

Gold, das Symbol für Reichtum und Macht, steckt heute in unseren elektronischen Geräten. Doch sein Abbau belastet die Umwelt. Obwohl Elektronikschrott prozentual deutlich mehr Gold enthält als Minen, wird er kaum recycelt. Das Team von Professor Raffaele Mezzenga an der ETH Zürich nutzt Schwämme aus Molke, einem Nebenprodukt der Milchindustrie, um Gold aus Elektronikabfällen zu binden. Durch Verbrennen des Schwamms entsteht aus zwei Abfallprodukten ein wertvolles Produkt: hochreine Goldnuggets.

BloqSens AG



Ein Reisepass für Batterien

Batterien sind zentral für viele elektronische Anwendungen. Fehlende Klarheit zu Herkunft und Nutzung erschwert jedoch ihre Zweitnutzung und das Recycling. Deshalb führt die EU ab 2027 den Digital Battery Passport (DBP) ein, der für Transparenz sorgt. Das Schweizer Start-up BloqSens AG nutzt eine Blockchain-Technologie, um solch digitalen Reisepässe zu erstellen. Der DBP soll Recycling, Wiederverwendung und Vertrauen fördern und ist Teil einer EU-Initiative für digitale Produktpässe.

Modual AG



Ausgefahren – aber nicht ausgedient

Die Elektromobilität ist ein Schlüssel zur Reduktion von Treibhausgasemissionen im Mobilitätssektor, doch sie bringt auch Herausforderungen wie das Recycling der Batterien mit sich. Eine innovative Lösung aus der Schweiz könnte diese Probleme lösen: Die Firma Modual AG nutzt ausgediente Batterien von Elektrofahrzeugen wie Personenwagen und Bussen für den Bau von stationären Energiespeichern, die in Privathaushalten und in der Industrie zum Einsatz kommen. Sie trägt so zur nachhaltigen Nutzung von Ressourcen bei.

Empa



Alte Smartphones im Dienst der Energieeffizienz

Rund 40 Prozent des Schweizer Energieverbrauchs entfallen auf Gebäude. Intelligente Steuerungen können helfen, Energie effizienter zu nutzen – benötigen jedoch ressourcenintensive Hardware. Der Forscher Hanmin Cai von der Empa zeigt, wie ausgediente Smartphones die Gebäudesteuerung übernehmen können. Ihre Rechenleistung ist ausreichend und sie sind günstig und umweltfreundlich. Erste Tests in Laborumgebung verliefen erfolgreich, nun stehen die Skalierung und Entwicklung passender Schnittstellen bevor.

Wie relevant sind die Technologien?

Die Darstellung ordnet ausgewählte Technologien in Bezug auf ihre Relevanz für die Schweiz ein: Die horizontale Achse verweist auf die volkswirtschaftliche Bedeutung, die das zukünftige Marktpotenzial berücksichtigt, und die vertikale Achse auf die Forschungskompetenz in der Schweiz. Die Technologien Tiefengeothermie und Quantencomputer sind aufgrund fehlender Datenpunkte nicht in der Grafik enthalten.

Forschungsbereich

-  Digitale Welt
-  Energie und Umwelt
-  Life Sciences
-  Fertigungsverfahren und Materialien
-  Space Sciences

Künstliche Photosynthese



Negativemissionstechnologien

Aus Sonnenenergie, Wasser und CO₂ entstehen Kohlenwasserstoffe. So werden die Herstellung klimafreundlicher Treibstoffe und die Speicherung von erneuerbaren Energien in Form von Wasserstoff möglich. Die Schweiz kann als Innovationsstandort zur Grundlagenforschung und Materialentwicklung beitragen.

1 Nischen

Erdbeobachtung

Volkswirtschaftliche Bedeutung

2 Hoffnungsträger

Bioplastik aus Abfall



Plastik ist ein Alleskönner. Während die traditionelle Herstellung hauptsächlich auf fossilen Rohstoffen basiert, nutzen neuartige Ansätze Abfallströme als Ressource für die Herstellung. Es bestehen Herausforderungen, doch die Technologie ist unabdingbar, um die globalen Klimaziele zu erreichen.

Phosphorrecycling



Phosphor ist ein essenzieller Nährstoff für Pflanzen und die menschliche Ernährung. Die Rückgewinnung aus Klärschlamm, Tiermehlasche und Urin könnte die hiesige Importabhängigkeit verringern und die lokale Wertschöpfung erhöhen. Die Umsetzung verzögert sich aus politischen und wirtschaftlichen Gründen.

Kunststoffe sind günstig und vielseitig, ein Grossteil der Kunststoffabfälle – 80 Prozent in der Schweiz – wird aber umweltschädlich verbrannt. Ein ausgebautes Recycling mit optimierter Wertschöpfungskette – von Produktion bis Wiederverwertung – könnte den ökologischen Fussabdruck senken.

Kunststoffrecycling



Perowskit

Wasserstoff

Plasmatechnologien

mRNA

TIMs

PICs

2D-Materialien

Diamantbasierte Photonik

Bakteriophagen

Flexible Batterien

1

Nischen

Sie verfügen über eine hohe Forschungskompetenz bei geringer volkswirtschaftlicher Bedeutung und tiefen Umsätzen. Führen Investitionen tatsächlich zu höheren Umsätzen? Oder kann die Industrie mit diesen Technologien in Nischenanwendungen ihre Stärke ausspielen?

2

Hoffnungsträger

Die Forschung ist wenig ausgeprägt und die volkswirtschaftliche Bedeutung gering. Sind sie aufgehende Sterne oder Ladenhüter? Ihre Entwicklung sollte verfolgt, das Marktpotenzial bestimmt und die Herausforderungen identifiziert werden.

3

Star

Sie sind etabliert: Die volkswirtschaftliche Bedeutung ist gross, die Forschung stark und die Chance für eine positive Entwicklung gut. Der Schlüssel zum Erfolg? Unternehmen sollten gewonnenes Wissen nutzen und konsequent neue Geschäftsfelder erschliessen.

4

Selbstläufer

Sie sind volkswirtschaftlich unerwartet bedeutend trotz eher geringer Forschung und sie entwickeln sich eher langsam. Die Strategie zum Erfolg? Gezielte Investitionen in Aus- und Weiterbildung sowie in angewandte Forschung.

IoT

Industrie 5.0

URLLC

Bioinspiration und Biointegration

Personalisierte Ernährung

Synfuels



Sie reduzieren die Abhängigkeit von fossilen Energien. Neue Katalysatoren wandeln nachhaltige Ressourcen wie CO₂, Biomasse oder Sonnenlicht in Treibstoffe um. KI-gestützte Experimente und Automatisierung beschleunigen die Entwicklung, erfordern aber hohe Investitionen.

Stars 3

Selbstläufer 4

Synthetische Biologie

Human Augmentation

CO₂-basierte Kunststoffe



Neue Technologien nutzen das unerwünschte CO₂ aus Industrieabgasen als Kohlenstoffquelle für die Herstellung von Kunststoffen. Dies ist ein entscheidender Schritt für das Erreichen des Netto-Null-Ziels und für eine Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft.

CO₂-reduzierter Beton

Biokatalyse

Nachhaltige Kleb- und Dichtstoffe

Faseroptische Sensoren

Die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW ist das bedeutendste Netzwerk von Expert:innen im Bereich Technikwissenschaften in der Schweiz und im Kontakt mit den höchsten Schweizer Gremien für Wissenschaft, Politik und Industrie. Das Netzwerk besteht aus gewählten Einzelmitgliedern, Mitgliedsgesellschaften sowie Expertinnen und Experten.

Die SATW identifiziert im Auftrag des Bundes industriell relevante technologische Entwicklungen und informiert Politik und Gesellschaft über deren Bedeutung und Konsequenzen. Als einzigartige Fachorganisation mit hoher Glaubwürdigkeit vermittelt sie unabhängige, objektive und gesamtheitliche Informationen über die Technik – als Grundlage für eine fundierte Meinungsbildung. Die SATW fördert auch das Technikinteresse und -verständnis in der Bevölkerung, insbesondere bei Jugendlichen. Sie ist politisch unabhängig und nicht kommerziell.

satw

Schweizerische Akademie der
Technischen Wissenschaften SATW

St. Annagasse 18
8001 Zürich

044 226 50 11
info@satw.ch
www.satw.ch

Technology Outlook

Weitblick für mehr Innovation

Von Erdbeobachtung bis Bioinspiration: Der Technology Outlook beleuchtet Technologien mit besonderem Potenzial für die Zukunft der Schweiz. Er ist somit ein Kompass für die strategische Arbeit in Industrie und Verwaltung. Aber auch ein Kompass für die Zukunft von uns allen.

158

Expert:innen

aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik

62

Institutionen

in der Schweiz

31

Technologien

mit Potenzial für die Schweiz

37

Showcases

Wie Unternehmen neue Technologien
erfolgreich einsetzen.

Impressum

Projektleitung: Claudia Schärer

Autor:innen: Matthias Meili, Claudia Schärer, Stefan Scheidegger

Bilder: Abbmira, Bloqsens AG, Empa (Hanim Cai), ETH Zürich (Raffaele Mezzenga), Freepik, iStock, Ligentec, Modual AG, Unsplash (Wassim Chouak, Alexander Grey, Anton Maksimov, Brian Yurasits)

Redaktion: Esther Lombardini

Grafik: Büro Haeberli

Übersetzung: Supertext AG

Druck: Egger AG