

«DIE AUTOBRANCHE IST DER TECHNOLOGIE-DRIVER»

In Elektrogeräten sind elektronische Schaltungen mit Bauteilen aus Silizium-Halbleitern weit verbreitet. Der Energieverbrauch dieser Bauteile liesse sich senken, würde man das Silizium durch eine neuartige Klasse von Halbleitern – sogenannte Wide-Bandgap (WBG)-Halbleiter – ersetzen. Auf dieses Ziel arbeitet die international zusammengesetzte PECTA-Expertengruppe hin. Roland Brüniger hat im Auftrag des Bundesamts für Energie den Vorsitz dieses Fachgremiums inne. Im Interview erläutert Brüniger Potenzial und Anwendungsgebiete von WBG-Halbleitern.



Roland Brüniger (am Rednerpult) nimmt im BFE-Mandat den Vorsitz der PECTA-Arbeitsgruppe wahr, die sich der Förderung der energieeffizienten WBG-Technologie verschrieben hat. Foto: Peter Bennich, Swedish Energy Agency

Herr Brüniger, für Beobachtung und Analyse des globalen Energieverbrauchs ist die Internationale Energieagentur (IEA) in Paris die erste Adresse. Welche Rolle spielt die IEA in der Energieforschung? Und welche Bedeutung hat dabei die unter dem Dach der IEA tätige Expertengruppe PECTA?

Roland Brüniger: Viele Länder weltweit forschen im Bereich Energie, um den Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung zu ermöglichen. Die IEA unterstützt den internationalen Austausch zwischen den Forschenden. Diesem Zweck dienen rund 40 «Technology Collaboration Programmes» (TCP), in denen sich jeweils Fachpersonen aus mehreren Staaten zu einem Thema austauschen. Eines dieser Programme («Energie Efficient End-Use Equipment», kurz 4E TCP) befasst sich mit der Energieeffizienz von Endgeräten. Um die Arbeit in diesem wichtigen Bereich weiter voranzubringen, hat die Schweiz im Jahr 2019 innerhalb des 4E TCP gemeinsam mit Dänemark, Österreich und Schweden die PECTA-Arbeitsgruppe initiiert. PECTA steht für 'Power Electronic Conversion Technology Annex'. Die Arbeitsgruppe widmet sich der Energieeffizienz im Bereich der Leistungselektronik. Darunter versteht man Bauteile, die zur Steuerung und Umwandlung elektrischer Energie eingesetzt werden.

Im Fokus von PECTA steht eine Gruppe von Halbleiter-Materialien, die energieeffizienter arbeiten als das klassische Silizium, das heute meistens in Leistungselektronik-Bauteilen zur Anwendung kommt. Die neuartigen Halbleiter werden unter dem Begriff 'Halbleiter mit weitem Bandabstand' (engl. Wide-Bandgap/WBG) zusammengefasst. Diese WBG-Halbleiter – allen voran Siliziumkarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN) – haben ein gewaltiges Potenzial, um elektronische Schaltungsvorgänge mit wesentlich geringeren elektrischen Verlusten auszuführen. Zudem können die Komponenten bei gleicher Leistung kleiner und leichter gebaut werden, was wiederum den Rohstoffbedarf vermindert. Die PECTA-Arbeitsgruppe fördert den internationalen Informationsaustausch zur WBG-Forschung, weckt bei politischen Entscheidern das Bewusstsein für die Möglichkeiten dieser neuen Technologie und unterstützt breitgefächerte Massnahmen, um die WBG-Technologie beschleunigt im Markt einzuführen.

Im September 2023 fand in Aalborg (Dänemark) die 'European Conference on Power Electronics and Applications' mit über 1000 Teilnehmenden statt. Dabei wurde neben anderem der aktuelle Forschungsstand zu WBG-Halbleitern präsentiert, und die PECTA-Exper-

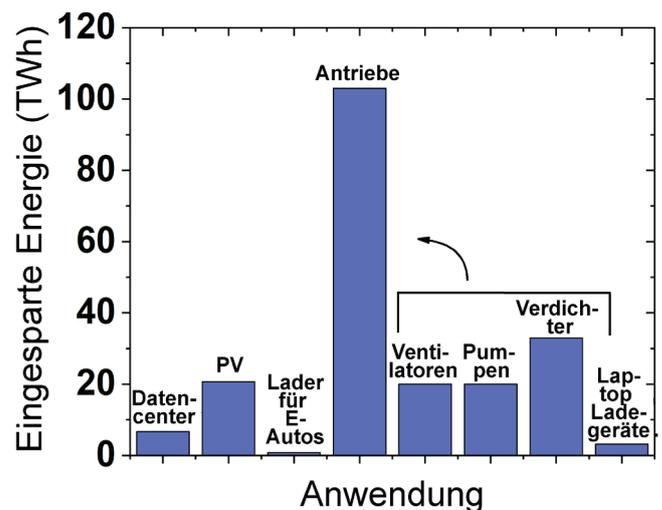


Roland Brüniger. Foto: Stefan Bisang

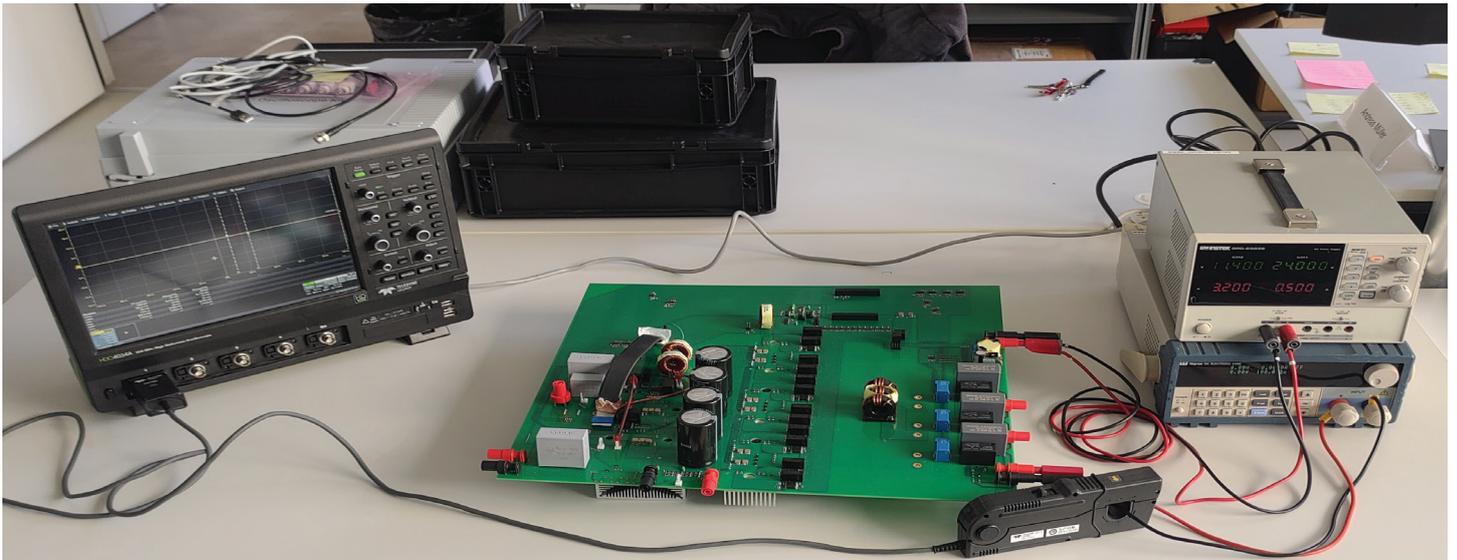
tinnen und Experten konnten ihre Arbeiten in eigenständigen PECTA-Sessions vorstellen. Wo steht die Wide-Bandgap-Technologie aktuell?

WBG-Halbleiter sind in Forschung und Entwicklung ein grosses Thema. Die Autobranche ist momentan der Technologie-Driver in diesem Bereich. Andere Industriebranchen reagieren gegenüber Anwendungen mit WBG-Halbleitern noch zurückhaltend. Das liegt hauptsächlich daran, dass noch relativ wenig verlässliche Erfahrungen vorliegen, die die langfristige Zuverlässigkeit dieser Bauteile unter Beweis stellen.

Damit die neue Technologie Verbreitung findet, ist es wichtig, dass ihre Vorteile wissenschaftlich dokumentiert sind. Eine



Abschätzung der Einsparungen, die erzielt würden, wenn in allen Elektrogeräten weltweit Silizium-basierte Umrichter durch WBG-Umrichter ersetzt würden (bezogen auf das Jahr 2021). Das grösste Potenzial schlummert im Bereich Elektromotoren (inkl. elektrisch versorgte Heizungen, Lüftungen und Klimaanlage). Grafik: FHNW



Versuchsaufbau der ZHAW-Forschungsgruppe um Prof. Andreas Heinzelmann zur Wirkungsgradmessung von DC/DC-Wandlern mit neuen Wide-Bandgap-Halbleitern in Solarwechselrichtern für Einfamilienhausanlagen. Foto: ZHAW IEFÉ

Forschungsarbeit mit Beteiligung der École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), deren Ergebnisse in Aalborg vorgestellt wurden, hat Leistungsdichte und Effizienz von Ladegeräten auf Basis von traditionellen Silizium- und neuartigen GaN-Halbleitern quantifiziert und dabei nachgewiesen, dass GaN-Lösungen bei höheren Leistungen um einiges effizienter als Silizium-Lösungen sind und zudem ein geringeres Volumen aufweisen. In einer weiteren, ebenfalls in Aalborg präsentierten Zusammenarbeit des Austrian Institute of Technology mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften wird die Wirkungsgradsteigerung von PV-Umrichtern für Einfamilienhäuser mit neuen WBG-Materialien mit realen Aufbauten und Messungen belegt.

Solche Ergebnisse dienen einerseits als Basis für Standardisierungen und Regulierungen. Andererseits schaffen sie die Grundlage für die nächste Generation von WBG-Anwendungen, denn PECTA ist auch bedacht, ihre Ergebnisse mit der Industrie auszutauschen.

2020 wurde eine Application Readiness Map (ARM) vorgestellt, welche den Reifegrad von WBG-Halbleitern für verschiedene potenzielle Anwendungen abschätzt. Bei der Konferenz in Aalborg wurde ein Update vorgestellt. In welchen Anwendungen sind Elektronikbauteile mit WBG-Halbleitern unterdessen präsent?

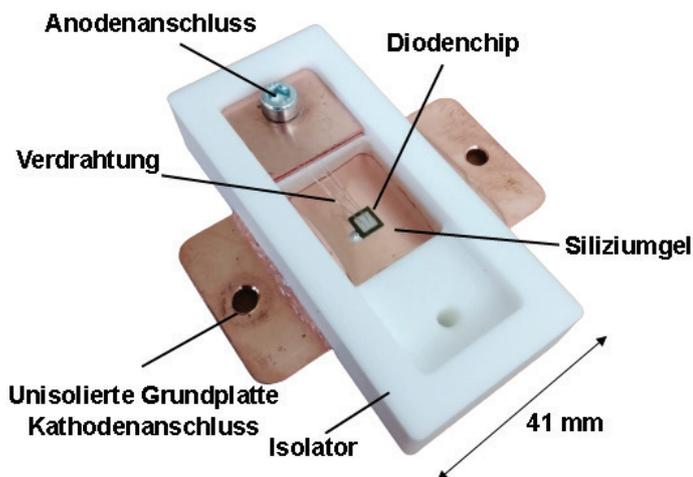
In Ladegeräten werden schon heute verschiedentlich GaN-Halbleiter eingesetzt. Haupteinsatzgebiet für WBG-Lö-

sungen ist bislang aber wie erwähnt die Automobilindustrie. Im Tesla 3, der seit 2019 auch in Europa erhältlich ist, werden WBG-Umrichter verbaut. Die damit einhergehende Reduktion der Verluste und des Gewichts schlägt sich in einer größeren Reichweite nieder. Dass WBG-Anwendungen im Automobilbereich zunehmend Verbreitung finden, hat neben der Reichweiten-Erweiterung einen zusätzlichen Grund: Autos sind gemessen an ihrer Lebensdauer relativ wenig im Einsatz, über ein Autoleben hinweg insgesamt nur etwa 3000 bis 6000 Stunden. In industriellen Anwendungen dagegen sind Umrichter viel höheren zeitlichen Belastungen ausgesetzt und die Anforderungen an die Langlebigkeit entsprechend höher.

Welche Energieeinsparungen bringt der Einsatz von Geräten auf der Grundlage von WBG-Halbleitern?

Eine Forschungsgruppe um Renato Minamisawa von der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) hat aufgezeigt, dass der Einsatz von WBG-Technologien ein sehr grosses Potenzial hat. Würden in diversen Elektrogeräten, die 2021 weltweit im Einsatz waren, die Silizium-basierten Umrichter durch WBG-Halbleiter ersetzt, hätten allein im Bereich der Elektromotoren weltweit über 100 Terawattstunden (TWh) Strom im Jahr gespart werden können, was der Produktion von zehn Kernkraftwerken entspricht.

Noch beträchtlicher ist das Einsparpotenzial mit Blick auf die Zukunft: Photovoltaikanlagen und Ladestationen von Elekt-



MOSFET-Transistor für Hochspannungsanwendungen (10 kV) auf der Basis des WBG-Halbleiters SiC, entwickelt von Forschenden der Fachhochschule Nordwestschweiz in Kooperation mit ABB Schweiz. Das elektronische Bauteil entstand im Rahmen des AMPERE-Projekts, das vom Bundesamt für Energie unterstützt wurde. Der Transistor kann im Eisenbahnbereich oder bei Licht-Anwendungen eingesetzt werden. Foto: FHNW

roautos werden in den nächsten Jahren massiv zunehmen. Wenn darin sparsame WBG-Umrichter eingebaut werden, können wir viel Strom sparen. Die FHNW-Studie beziffert das Einsparpotenzial resp. die Mehrproduktion im Jahr 2050 allein im Bereich Photovoltaik auf jährlich 270 TWh .

Die Halbleiter-Technologie wird stark von den Technologieunternehmen aus dem Silicon Valley geprägt, ebenso von Herstellern aus Südkorea, China, Taiwan und Japan. Wie kann die von europäischen Staaten getragene PECTA-Arbeitsgruppe in diesem Umfeld ihren Einfluss geltend machen?

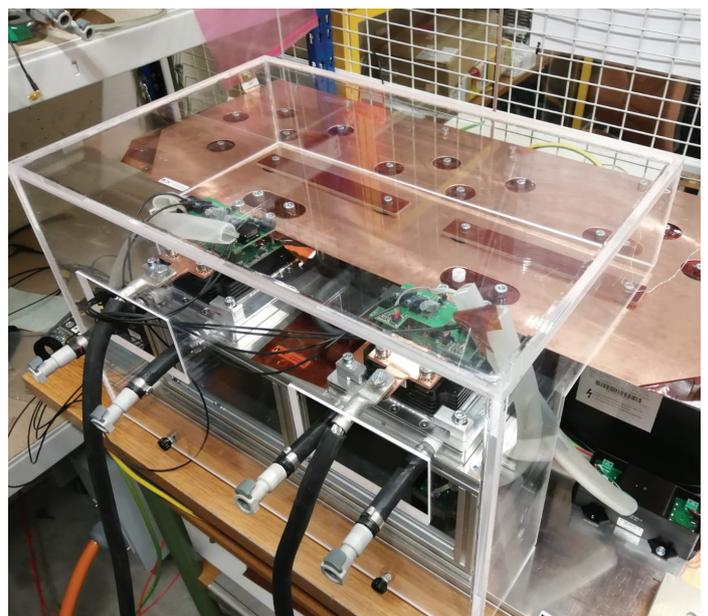
Zwar wird PECTA momentan von vier europäischen Staaten geführt, aber die Ergebnisse fließen selbstverständlich an alle 14 Mitgliedstaaten von 4E; das heisst, dass auch Länder wie USA, Kanada, Japan, Korea, China, Australien und Neuseeland immer über die neusten PECTA-Ergebnisse im Bild sind. Zudem reden auch europäische Industrieunternehmungen in der Halbleiter-Industrie ein Wörtchen mit. Denken Sie an die deutsche Infineon. Die Schweiz hat mit Hitachi Energy Semiconductors (vormals ABB) in Lenzburg ebenfalls eine international aufgestellte Halbleiter-Industrie. Zudem verfügen mehrere internationale Konzerne, die WBG-Halbleiter herstellen, wie z.B. der US-amerikanische Konzern Wolfspeed oder die japanische Mitsubishi Electronic Europe B.V. über Niederlassungen in Europa. Schliesslich sind europäische Staaten und

auch die Schweiz in der Forschung sehr aktiv und oftmals im Austausch mit der einschlägigen Industrie.

Die Arbeit von PECTA ist nicht daran geknüpft, dass Halbleiter in Europa produziert werden. Wenn PECTA darauf hinwirkt, dass ein aufgeschlossenes Klima und fördernde Rahmenbedingungen für den Einsatz von WBG-Halbleitern geschaffen werden, begünstigt das alle WBG-Lösungen, unabhängig davon, wo die Geräte bzw. die darin verbauten Halbleiterkomponenten produziert wurden.

Wo sehen Sie weiteren Handlungsbedarf, um WBG-Halbleitern neue Anwendungsbereiche zu erschliessen?

Neben Arbeiten zur Verbesserung der Zuverlässigkeit, von der ich bereits gesprochen habe, liegt ein Schwerpunkt bei der Initiierung eines Kreislaufwirtschafts-Denkens. Komponenten der Leistungselektronik müssen von Beginn weg so konstruiert werden, dass sie für die Herstellung möglichst wenig Ressourcen benötigen, eine lange Lebensdauer aufweisen und am Ende ihrer Lebensdauer möglichst ohne Abfall recycelt werden können. Ein zweites Augenmerk liegt auf Ladestationen für Elektroautos: Diese werden zukünftig bidirektional arbeiten, also nicht nur das Laden von Autos ermöglichen, sondern auch die Einspeisung aus der Autobatterie ins Netz. Hier werden WBG-Umrichter in Zukunft ein grosses Anwen-



Prototyp eines 6.5 kV-Umrichters für Eisenbahn-Anwendungen. Darin sind WBG-Module auf der Basis von SiC von Hitachi Energy Semiconductors verbaut. Foto: FHNW

dungsfeld bekommen, womit es sinnvoll ist, ein Augenmerk auf die Effizienz zu legen. Und drittens wollen wir auch einen Beitrag leisten, um das hohe Potenzial bei PV-Umrichtern auszuschöpfen.

- Die insgesamt acht **wissenschaftlichen Beiträge** der PECTA-Arbeitsgruppe anlässlich der Leistungselektronik-Konferenz vom September 2023 in Aalborg (Dänemark) unter: <https://www.iea-4e.org/pecta/publications/>
- **Informationen** über PECTA in englischer Sprache unter: <https://pecta.iea-4e.org/>
- Roland Brüniger, **PECTA**-Vorsitzender und Leiter des BFE-Forschungsprogramms Elektrizitätstechnologien, ist erreichbar unter: roland.brueeniger@brueniger.swiss.
- **BFE-Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Elektrizitätstechnologien finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-strom