

Hightech aus dem **BERGINNERN**

Einer von vier unterirdischen Bahnhöfen im ehemaligen Bergwerk Gonzen. 1966 transportierten letztmals Züge das Eisenerz ans Tageslicht



Vor 50 Jahren wurde der Abbau von Eisenerz im Gonzen oberhalb von Sargans eingestellt. Nun führt die technologische Entwicklung wieder zurück in den Berg: Statt staubiger Stollen beherbergt der Gonzen heute die weltweit einzige Chip-Fabrik unter Tage

Fotos: Robert Bösch

»Bei der *Chip-Produktion*
werden *hochgiftige* Gase und
Säuren eingesetzt«



Der unterirdische Reinraum der Chip-Fabrik Espro
ist eine Hochsicherheitszone. Der Operator arbeitet nur
an den Fronten der Maschinen, den Maschinenraum
selbst dürfen ausschliesslich Ingenieure betreten



Text: KARIN STEINBACH TARNUTZER

W

WER DEN ARBEITSPLATZ von Wolfram Dietz betreten will, muss sich zunächst umziehen. Kopfhut, Mundschutz, Overall, Überschuhe und Handschuhe: In die Luftschleuse darf man nur in Reinraumkleidung. Drei Meter unter der Erdoberfläche klärt Dietz, der für die Fertigung verantwortliche Prozessingenieur, die Besucher darüber auf, dass bei einem Alarm der Reinraum so schnell wie möglich zu verlassen sei. Denn bei der Chip-Produktion werden hochgiftige Gase und Säuren eingesetzt.

Dietz' Arbeitgeber, die Espros Photonics AG, ist auf die Herstellung optisch aktiver Mikrochips spe-

Über den Dächern von Sargans thront das gleichnamige Schloss aus dem 13. Jahrhundert, darüber der Gonzen. Nichts deutet darauf hin, wie durchlöchert der Berg ist

zialisiert. Die kommen überall dort zum Einsatz, wo optische Signale verarbeitet werden müssen, also in Kameras, in Mobiltelefonen oder auch bei energiesparender Haushaltselektronik: Zum Beispiel erkennt eine Wasch- oder Spülmaschine, die nur so lange spült, bis das Spülwasser sauber ist, die Wasserqualität mithilfe eines Kamerasensors.

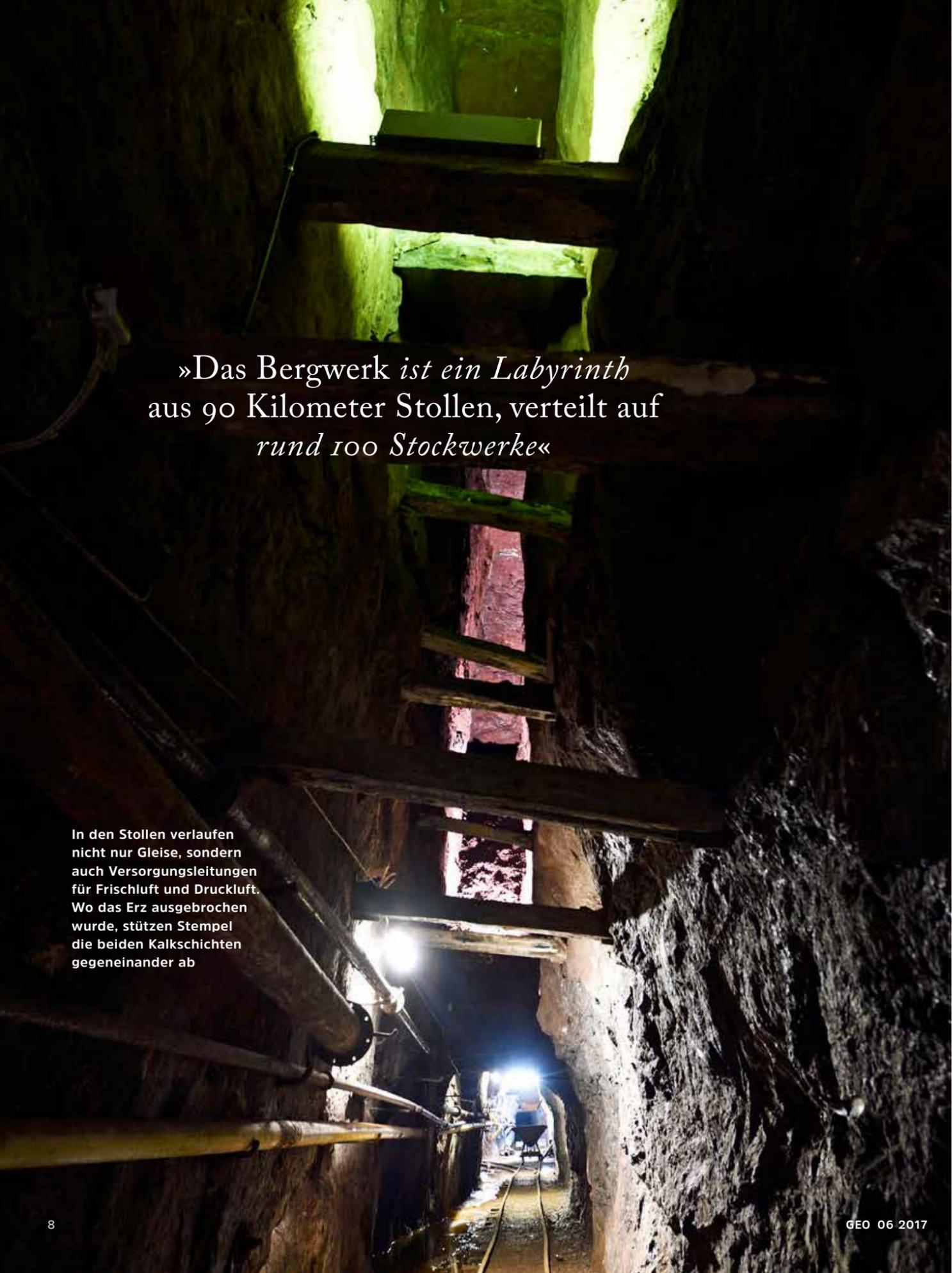
Die Besonderheit der Espros-Chips ist ihre Geschwindigkeit. Weil sie mit Lichtwellen und dadurch mit Lichtgeschwindigkeit arbeiten, können sie optische Signale sehr rasch verarbeiten – so erkennt etwa der Sensor einer Rolltreppe, ob eine Person auf sie zugeht oder an ihr vorbeigehen wird; die Rolltreppe setzt sich daraufhin entweder in Bewegung oder eben nicht. Vor allem machen die Chips eine schnelle Distanzmessung möglich, die Voraussetzung ist für automatische Bewegungssysteme. Wer sich einen Rasenmäher-Roboter anschafft, muss sich darauf verlassen können, dass der erkennt, wo der Schwimmteich beginnt oder wann er die Grundstücksgrenze erreicht hat. Autonomes Fahren und Fahrassistenz-



Prozessingenieur
Wolfram Dietz mit
einem fertigen Wafer,
der bis zu 27 000
Chips enthalten kann.
Sollte die hauchdünne
Scheibe zerbrechen,
ginge ein Umsatz in
Höhe des Preises eines
Kleinwagens verloren



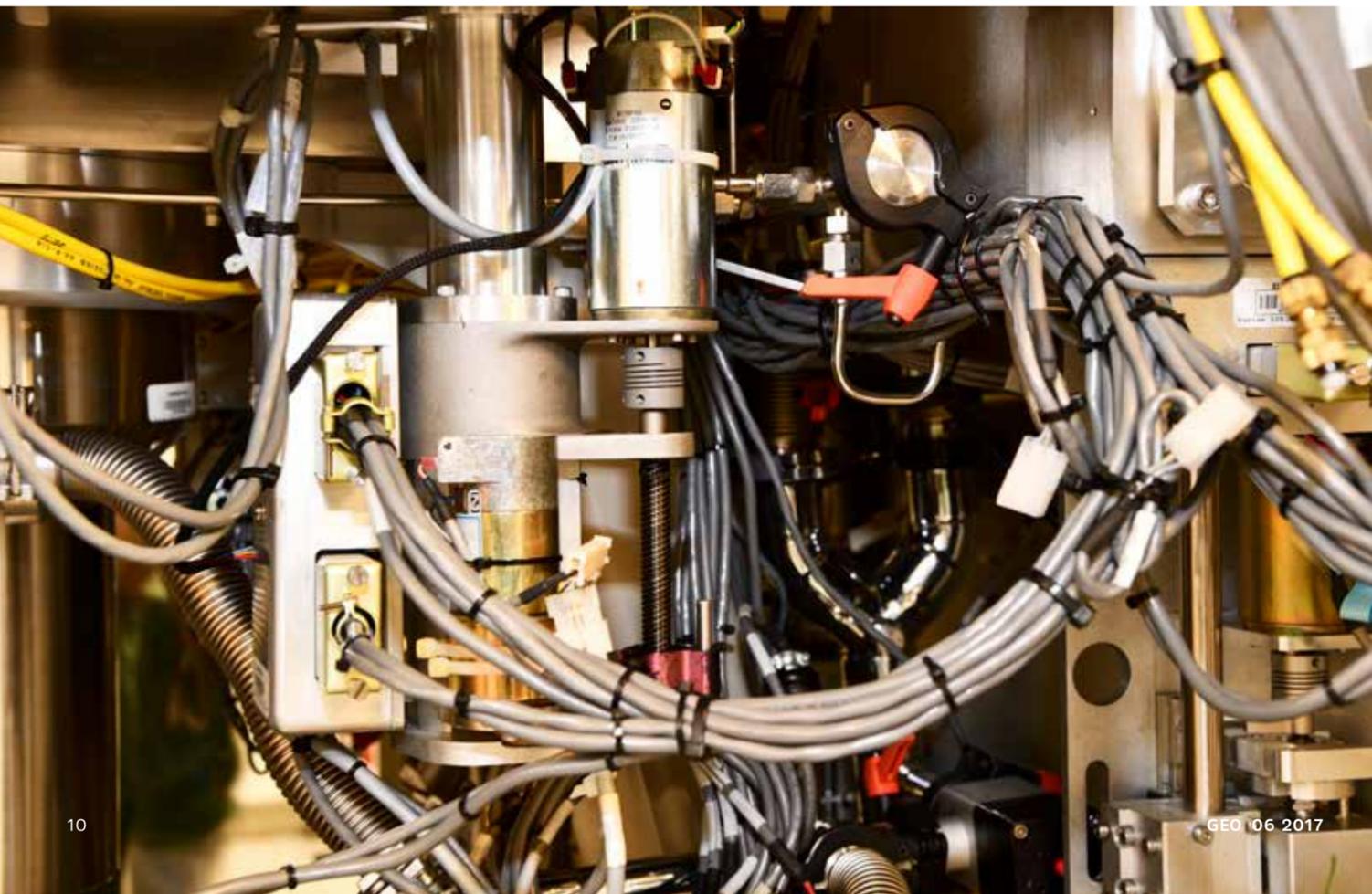
Die Schlusskontrolle und das
Verpacken der Mikrochips
finden in einem – oberirdisch
gelegenen – Reinraum
niedrigerer Klasse statt



»Das Bergwerk *ist ein Labyrinth*
aus 90 Kilometer Stollen, verteilt auf
rund 100 Stockwerke«

In den Stollen verlaufen
nicht nur Gleise, sondern
auch Versorgungsleitungen
für Frischluft und Druckluft.
Wo das Erz ausgebrochen
wurde, stützen Stempel
die beiden Kalkschichten
gegeneinander ab

Industrielle Technik
gestern und heute: Mit durch
einen Seilzug gebremsten
Fördertonnen wurde das Erz
von oben nach unten
gefördert und in Waggons
entladen. Unten: Das
Innenleben der hoch
spezialisierten Produktions-
maschinen für Mikrochips ist
weitaus schwerer zu
durchschauen





»Es gibt Chips, die
neun Millionen Fotos pro Sekunde
ermöglichen«

Beim Aufsetzen
der Anschlüsse auf
die Mikrochips
muss sehr genau
gearbeitet werden.
Zwischen 1 x 1 und
8 x 8 Millimeter
sind die Endpro-
dukte gross

systeme sind auf dem Vormarsch, immer mehr Drohnen bevölkern den Himmel – ohne leistungsfähige Kamerachips wären sie undenkbar.

D

DER REINRAUM ist von einem Rauschen erfüllt: 10 000 Kubikmeter Luft müssen pro Stunde umgewälzt werden, um die Zahl der Staubteilchen pro Kubikmeter auf maximal 350 zu beschränken. Ein durchschnittlich sauberes Büro ohne Teppich weist im Vergleich dazu mehr als 50 Millionen Partikel pro Kubikmeter auf. Weil bei der Herstellung von Halbleiterbasierten Mikrochips sehr feine Strukturen übertragen werden, würde eine höhere Konzentration luftgetragener Teilchen zu Fertigungsfehlern führen.

Wobei man sich die „sehr feinen Strukturen“ eigentlich nicht vorstellen kann: 100 Nanometer sind sie klein, 0,0001 Millimeter. Die Empfindlichkeit der Chips war ausschlaggebend dafür, dass Espros als Produktionsstandort Sargans, am Fuss des Gonzen, gewählt hat. Denn im Berg konnte die Firma unter-

irdische Reinräume bauen – dort sind die Erschütterungen von zum Beispiel viel befahrenen Strassen oder Bahnschienen nicht zu spüren. Und nur Erschütterungsfreiheit garantiert eine fehlerfreie Produktion.

Die Herstellung der Mikrochips erfolgt auf einer Siliziumscheibe mit 20 Zentimeter Durchmesser, dem sogenannten Wafer. Wieder nennt Wolfram Dietz eine Zahl, die sich kaum vorstellen lässt: Je nach Produkt enthält ein Wafer 2000 bis 27 000 Chips. Jeder einzelne Chip besteht aus bis zu fünf Millionen Transistoren; so werden die elektronischen Schalter und Regler genannt. Espros bezieht Wafer mit nach ihren Bauplänen vorgefertigten Schaltungen auf der Vorderseite. Durch die Bearbeitung der Rückseite entsteht das für die spätere Verwendung gewünschte elektronische Verhalten.

Die Wafer sind auf 50 Mikrometer Dicke geschliffen, 0,05 Millimeter – etwa so dünn wie ein Haar. Jede einzelne Scheibe durchläuft einen hoch automatisierten Fertigungsprozess. Nachdem sie mit Säure chemisch poliert wurde, muss sie zunächst in einem Implanter leitfähig gemacht werden: Dazu wird sie mit Gas-Ionen beschossen, die sich in das Silizium einlagern. Um einen Eindruck der hoch spezialisierten Maschine zu vermitteln, öffnet Dietz den



Vor dem Betreten des Reinraums durch eine Luftschleuse steht die Umkleideprozedur. Immerhin sind die Reinraumanzüge atmungsaktiv

fünf Meter langen, drei Meter hohen und zehn Tonnen schweren Implanter – bei Betrieb steht er unter Hochspannung. „Obwohl wir so kleine Sachen machen, sind unsere Maschinen Ungetüme“, scherzt er.

Die durch die Implantierung entstandenen Schäden in der Schichtung des Wafers werden durch eine Wärmebehandlung ausgeheilt. Zuletzt erhält er durch eine Beschichtung unter Hochvakuum seine blau schimmernde Rückseite. Nun kann er in die einzelnen Mikrochips zersägt werden. Mit dem Aufsetzen der Anschlüsse sind die Endprodukte fertig: Chips in der Grösse von 1×1 bis zu 8×8 Millimetern. Gegenwärtig fertigen die 60 Mitarbeiter der Espros im Jahr knapp zehn Millionen davon.

G

GUT 300 METER WESTLICH DER ESPROS führt ein Eingangsstollen in eine gegensätzliche Welt, in die Frühgeschichte der industriellen Produktion: das ehemalige Eisenbergwerk Gonzen. Die „Barbara I“,

eine rote Diesellok, transportiert die Besucher, infernalisch lärmend, knapp zwei Kilometer weit in den Berg hinein. Statt metallisch schimmernder Scheiben und futuristischer Technik erwartet sie in den niedrigen Gängen feuchtkalte Luft – und eine einheitliche Farbe. Rostbraun sind die Schienen und Metalltreppen, rostbraun ist das 500 Meter lange Seil der Winde, die von 1919 bis 1966 in Funktion war, rostbraun sind die Belüftungsrohre und auch das Gestein. Auf dem Wasserspiegel im Fluhwand-Gesenk, dessen Stollen sich nach der Stilllegung mit Wasser gefüllt haben, schwimmen rostrote Eisenbakterien.

Hans Lutziger, der Lokführer, ist pensionierter Polizist und Betriebschef des Vereins Pro Gonzenbergwerk, der das Schaubergwerk betreibt. Gemeinsam mit Hans Eberli erzählt er auf der Route durch die Stollen von der Geschichte des Bergwerks. Sie reicht mindestens ins Jahr 1396 zurück, als es erstmals urkundlich erwähnt wurde.

Der Bergbau florierte immer dann, wenn Krieg herrschte, weil dadurch der Eisenbedarf wuchs und die Preise stiegen. Das war schon im Dreissigjährigen Krieg so. Die grösste Blüte erreichte das Bergwerk schliesslich während des Zweiten Weltkriegs; 1942

förderten 380 Beschäftigte 116 000 Tonnen Eisenerz. Nach Kriegsende fiel der Erzpreis bei steigenden Löhnen auf weniger als die Hälfte, sodass das Bergwerk 1966 geschlossen wurde.

650 Meter Fels haben die Besucher hier über sich. Und ein Gefühl der Verlorenheit beschleicht sie in diesem Labyrinth aus 90 Kilometer Stollen und Galerien, verteilt auf rund hundert Stockwerke. Das Militär trug zusätzlich dazu bei, dass der Gonzen so durchlöchert ist: Weil der Talkessel strategisch günstig lag, wurde er während des Zweiten Weltkriegs zur „Festung Sargans“ mit 150 Bunkern ausgebaut. Die Gänge des Bergwerks hätten als Fluchtstollen zur Verfügung gestanden, wenn man das Rheintal zur Abwehr von Feinden an seiner engsten Stelle, bei Trübbach, geflutet hätte.

W

WER GERADE AUS DEN REINRÄUMEN des Chip-Herstellers kommt, kann sich die Arbeitsbedingungen, die bis in die 1950er Jahre im Bergwerk

»Der Bergbau florierte immer dann, wenn Krieg herrschte«

herrschten, kaum vorstellen. Während der Mineur Löcher bohrte und Sprengladungen setzte, schaufelten Handlanger Gesteinsbrocken in den Förderwagen. Schaffte einer die vorgeschriebenen 13 Tonnen pro Tag nicht, gab es Lohnabzug. Der „Bohrerbub“ wiederum trug dem Mineur das Werkzeug hinterher.

Später übernahmen Überkopflader das anstrengende Schaufeln des Erzes. Lutziger führt die archaisch anmutende Maschine vor, die einen Höllenlärm verursacht, genauso wie die mit Druckluft betriebenen Bohrer. Schwerhörigkeit war unter Bergarbeitern noch stärker verbreitet als die Staublung.

Als Beat De Coi 2006 die Espros Photonics AG gründete, geschah das aus der Not heraus. Weil seine damalige Firma, die auf optische Sensoren spezialisierte Cedes AG, leistungsfähigere als die handels-

übliche Komponenten für ihre Sensoren benötigte, entschied er, die Entwicklung von Mikrochips für spezialisierte Kamertechnologie selbst in die Hand zu nehmen. Espros wurde als Spin-off ausgelagert; 2016 verkaufte De Coi schliesslich Cedes, um sich vollständig auf die neue Firma zu konzentrieren. „Die Investitionen, um eine solche Technologie in Gang zu bringen, sind so hoch, dass man damit auf den Weltmarkt gehen muss, wenn es sich irgendwann rechnen soll“, begründet er seinen Schritt.

70 Millionen Franken und fünf Jahre Forschungsarbeit von 45 Ingenieuren und Wissenschaftlern investierte Espros schliesslich, um im Infrarotbereich optisch aktive Halbleiter zu entwickeln. Sie zeichnen sich durch eine besonders hohe Geschwindigkeit aus – stolz präsentiert De Coi einen Kamerachip, mit dem man in einer Sekunde die unglaubliche Anzahl von neun Millionen Fotos schießen und dadurch dreidimensionale Aufnahmen realisieren kann. Mehrere dieser 3-D-Kameras ermöglichen beim autonomen Fahren den Rundumblick. „Aber auch für Sensoren in Aufzügen oder für Staubsauger-Roboter werden 3-D-Kameras gebraucht.“ Die Technologie sei sehr komplex, räumt er ein: „Hätte ich damals gewusst, wie kompliziert es werden wird, hätte ich mich vielleicht nicht darauf eingelassen.“ Doch das nimmt man dem charismatischen Macher nicht ab. Im autonomen Fahren und in Drohnen sieht er die Transportformen der Zukunft – und die Geschäftsfelder für sein Unternehmen. „Die grössten Stückzahlen unserer 3-D-Chips verkaufen wir im Moment für Drohnen“, sagt Beat De Coi. „Nun ist der Markt parat.“

N

NACHDEM SICH DIE HALBLEITERTECHNIK zur Schlüsseltechnologie des 20. Jahrhunderts entwickelt hatte, pendelte sich das Marktwachstum der Mikroelektronik nach der Jahrtausendwende im einstelligen Bereich ein. In seiner Trendanalyse bis ins Jahr 2019 bescheinigt der deutsche Zentralverband der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie den verschiedenen Segmenten der Halbleiterindustrie ein stark unterschiedliches Wachstum, wobei die optisch aktiven Halbleiter am stärksten zulegten.

Auch Rachel Grange, Professorin am Institut für Quantenelektronik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, sagt der optischen Elektronik eine vielversprechende Zukunft voraus. Obwohl einige Anwendungen schon sehr ausgereift seien, würden sich zukünftig noch weitere als industrielle Anwendungen durchsetzen, die auf Nanoteilchen –

etwa Nanodrähten – basierten. Andere Materialien, die sich in ihren Eigenschaften von Halbleitern unterscheiden, könnten diese ergänzen. Als Beispiel nennt sie Metalloxide, wie sie auch bei Espros eingesetzt werden.

Die Digitalisierung treibe den Bedarf nach Halbleitern ebenso an, ist Karin Frick, die Leiterin des Forschungsbereichs am Gottlieb-Duttweiler-Institut in Rüschlikon, überzeugt. Es sei nicht mehr die Frage, ob das „Internet der Dinge“ komme, sondern nur noch, wie schnell. Ob Handy, GPS, Fitnessuhr, Hörgerät, Haustechnik – die Geräte würden miteinander und mit ihrer Umgebung agieren. Da die Technologien immer günstiger würden und immer weniger Platz benötigten, würden sie auch genutzt werden, wenn sie dem Menschen das Leben bequemer machten. Die Verweigerergruppe werde eher ein Nischendasein führen und langfristig verschwinden, sieht die Ökonomin Frick voraus. Selbst wenn der Zuwachs nicht exponentiell, sondern nur linear sein werde, der Markt sei auf alle Fälle massiv wachsend.

A

ABER NICHT NUR DAS BERGINNERE fasziniert, der 1829 Meter hohe Gonzen beeindruckt ebenso von aussen. Er ragt mit einer imposanten Felswand über dem 6000-Einwohner-Städtchen Sargans auf, das Seez- und das Rheintal wie ein Wächter überblickend. Auf Zeugen des ehemaligen Erzabbaus trifft auch, wer ihn besteigt. Wo der Wanderweg am Fuss der Wand nach rechts zu zwei Eisenleitern quert, fallen Reste von Steinmauern und rostige Schienenstücke auf. Ein Stück unterhalb des Wegs liegt der untere Eingang zur Grube I, der durch einen Stein Schlag zerstört wurde.

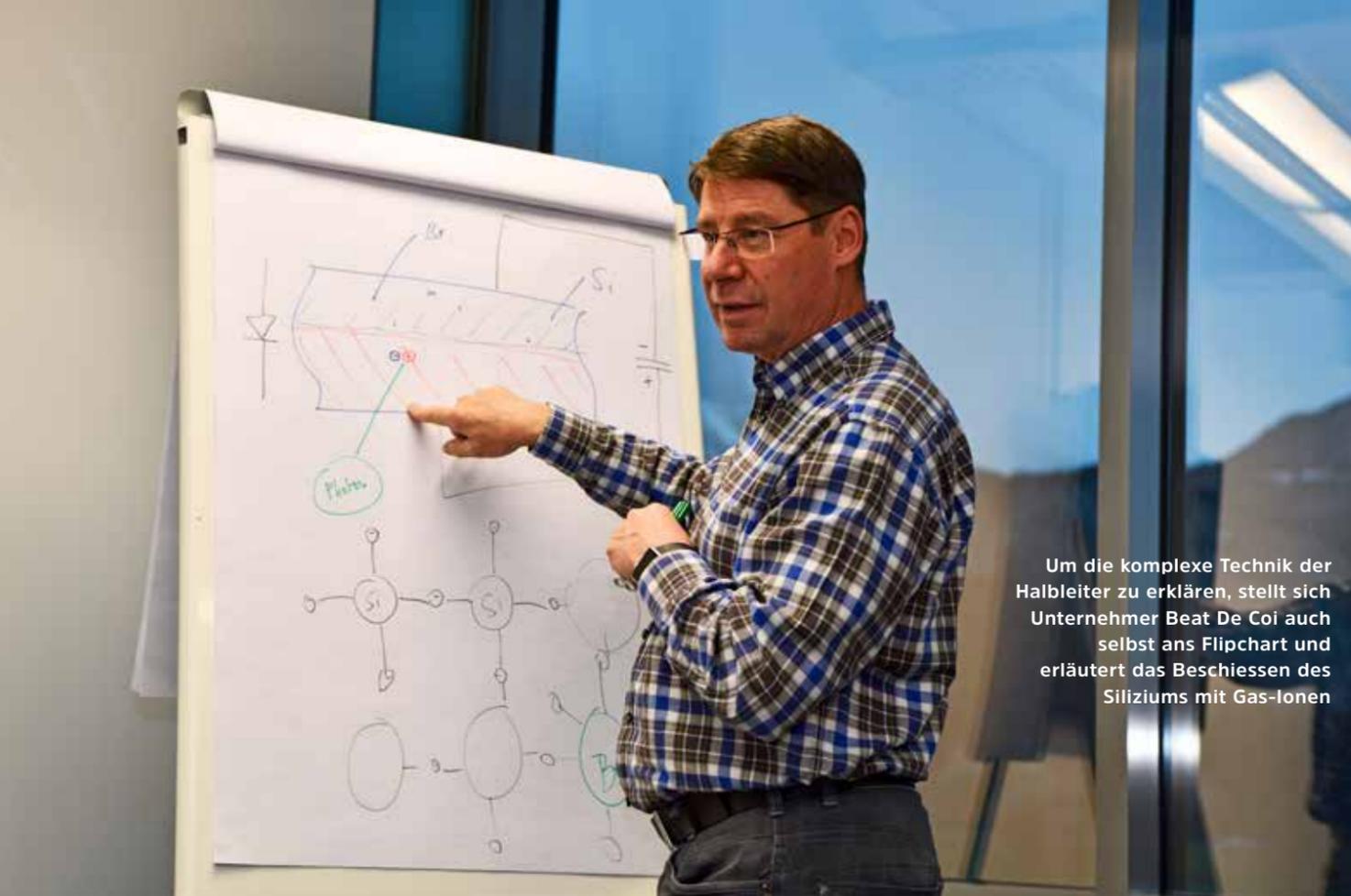
Unweit davon sind Überreste von Fundamenten zu entdecken. Hier stand ab dem 18. Jahrhundert eine Unterkunft für die Knappen, die in der Grube arbeiteten. Mit Sicherheit war diese Grube auch schon im Jahrhundert davor in Betrieb, genauer feststellen lässt sich das aber nicht. Anfangs wurde das Erz nur dort abgebaut, wo es „ausbiss“, wo die Lagerstätte also an die Oberfläche trat. Mithilfe von Feuer und Abschrecken mit Wasser machte man das Gestein mürbe und konnte Brocken herausschlagen. Später grub man sich, der Erzsicht folgend, mit Hammer, Meissel und unter Verwendung von Schwarzpulver in den Berg hinein.

Vom Grubeneingang zieht eine Schneise durch den Wald nach unten. Bis ins 19. Jahrhundert hinein wurde das Erz auch im Sommer in grossen Säcken

»Die Digitalisierung treibt den Halbleiterbedarf an«

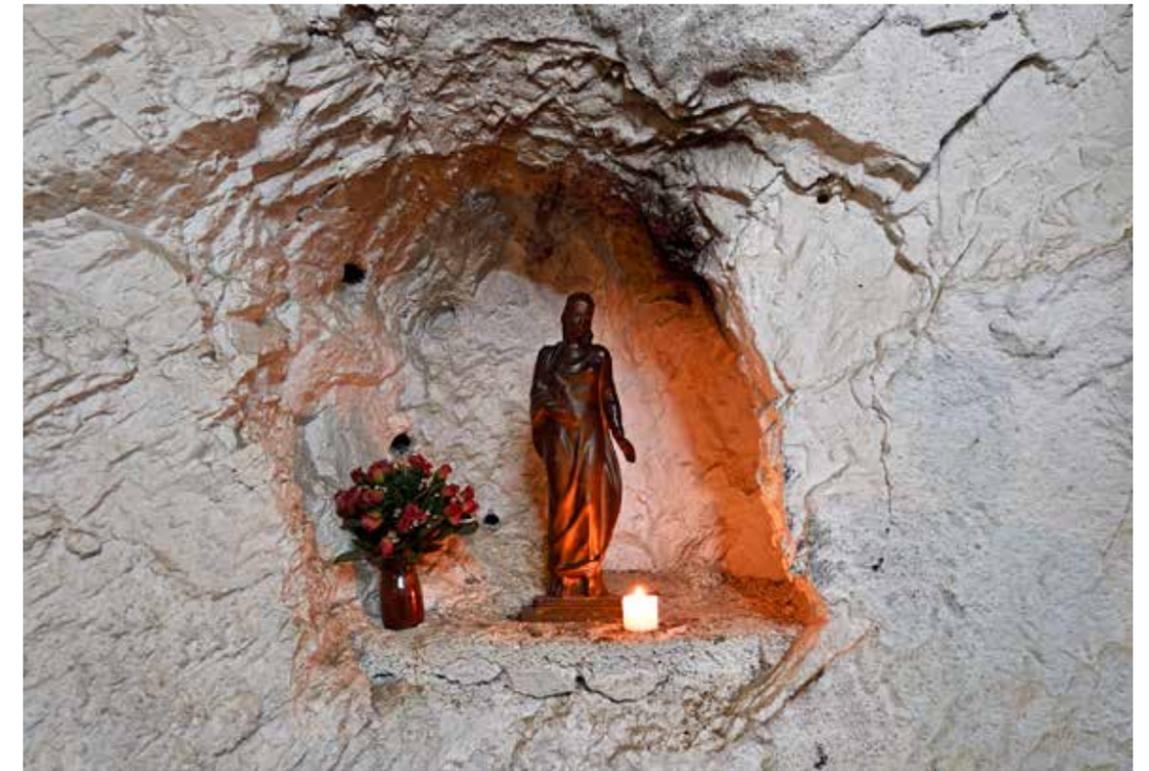
auf Schlitten zu den Verhüttungsöfen im Tal geschleift, die Spuren dieses Schlittenwegs erkennt man bis heute. Ein kleiner Umweg über Naus führt zu einem weiteren historischen Relikt. Dort steht als trauriger Rest das Erdgeschoss eines der beiden ehemaligen Knappenhäuser aus den 1920er Jahren, die zusammen 150 Bergarbeiter beherbergen konnten.

Ein paar Meter weiter öffnet sich der Berg: Der 1917 ins Gestein getriebene Stollen ist mit einem Tor verschlossen, durch die Gitterstäbe weht ein eiskalter Luftzug, Rohre und eine Stromleitung verlieren sich im Dunkeln. Das Schild daneben warnt mit einem „Amtlichen Verbot“ vor dem Betreten: Die Minimalbusse bei Zuwiderhandlung betrage 300 Franken, verfügten die Gemeinderäte von Sargans und Wartau nach der Stilllegung des Bergwerks im Oktober 1966.



Um die komplexe Technik der Halbleiter zu erklären, stellt sich Unternehmer Beat De Coi auch selbst ans Flipchart und erläutert das Beschießen des Siliziums mit Gas-Ionen

Die heilige Barbara, Schutzpatronin der Mineure, wachte 1942 über 380 Bergarbeiter, die rund 116 000 Tonnen Erz pro Jahr förderten. Noch heute hat sie im Gonzen einen Platz unter Tage

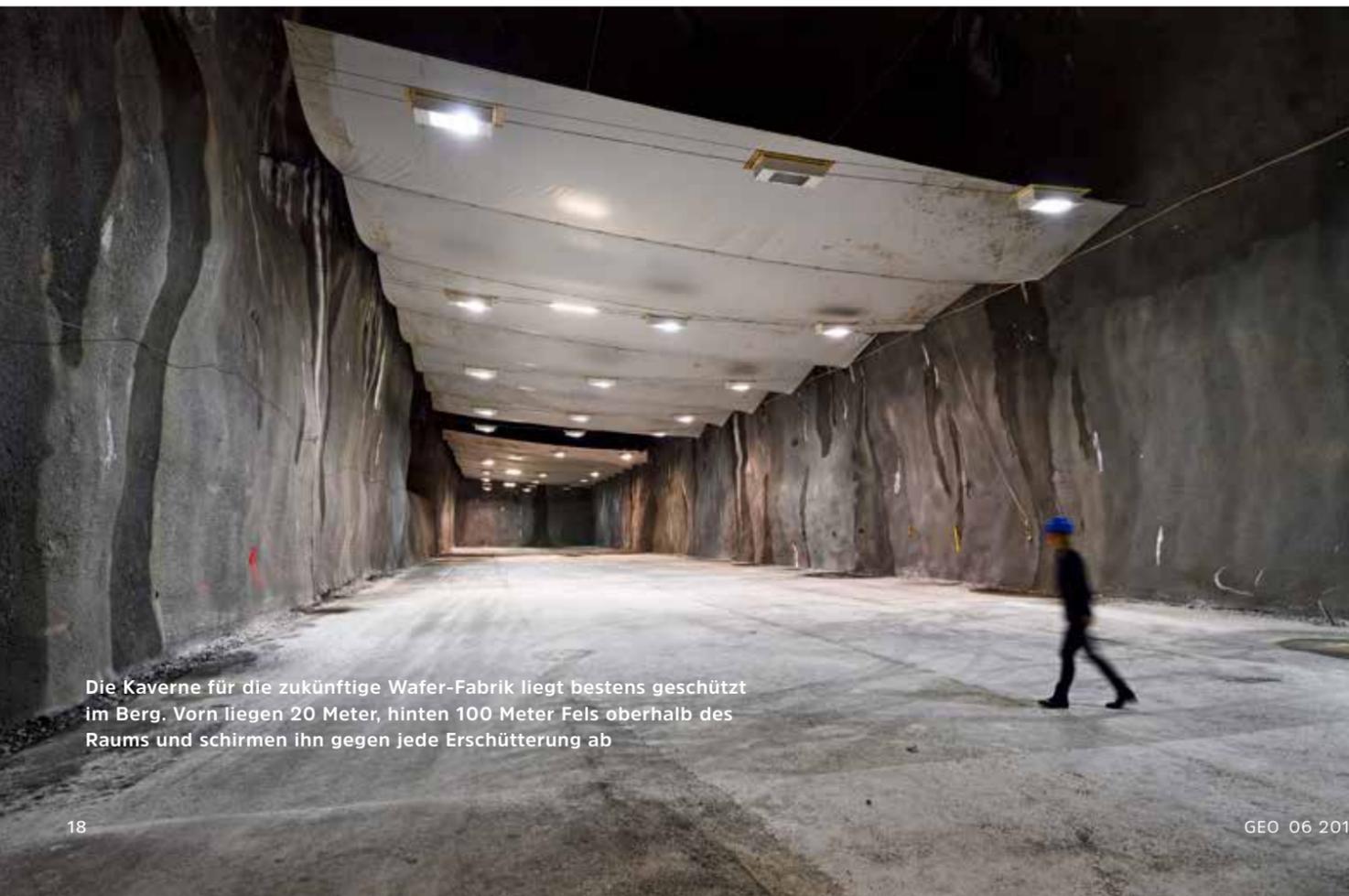


K

KURZ VOR DER MARIENKAPELLE bei Vild öffnet sich auf dem Abstieg von Naus über Matug der Blick auf den dunkelgrauen Quader des Esprosgebäudes mit seinem 30 Meter hohen Kamin. Durch ihn werden die gereinigten und abgebrannten Gase entsorgt. Senkrecht unter dem zurück nach Sargans führenden Wanderweg, bis zu 100 Meter tief im monolithischen Gestein des Gonzen eingeschlossen, verbirgt sich das Zukunftskapital der Firma: Bereits beim Bau des Gebäudes liess Beat De Coi eine Kaverne in den Fels sprengen, um Raum für den Ausbau der Produktion zu schaffen. Langfristig will er auch die Vorderseite der Wafer selbst bearbeiten.

18 Meter breit, 18 Meter hoch, 100 Meter lang – in der Kaverne haben die drei Etagen Platz, die für die Herstellung von Mikrochips benötigt werden: die untere für die Ver- und Entsorgung, die mittlere für den Reinraum mit den Maschinen und die obere für die Luftumwälzung. Auf halber Höhe zweigen zwei Seitenstollen ab, einer für die Zuluft, der andere für das Personal.

Die zukünftigen Arbeitsplätze liegen erheblich tiefer im Berg als der bisherige Reinraum. Völlig frei von Erschütterungen – selbst wenn die Nachbarfirma,



Die Kaverne für die zukünftige Wafer-Fabrik liegt bestens geschützt im Berg. Vorn liegen 20 Meter, hinten 100 Meter Fels oberhalb des Raums und schirmen ihn gegen jede Erschütterung ab



die im Gonzen Kies abbaut, sprengt, merkt man das in der Kaverne nicht. Zudem bleibt der Aufwand für die Klimatisierung aufgrund der niedrigen Temperaturschwankungen gering.

Die Entscheidung, die Produktion in den Berg zu verlagern, erwies sich sogar als wirtschaftlich vorteilhaft. Anstatt Land zu kaufen, musste Espros lediglich eine Bergbaukonzession erwerben und zahlt nun Steuern für „Industrie unter Tage“, eine Bauzone, die der Kanton St. Gallen neu einführte. Ein bisschen stolz ist De Coi darauf, dass er den Aushub aus der Kaverne als Baumaterial verkaufen konnte: „Wenn man ein Loch in den Fels bohrt, verursacht das Negativkosten!“ Mittlerweile hält er ein Patent auf unterirdische Halbleiterfabriken; die Espros Photonics AG ist die erste weltweit.

Noch fehlt der Erfolgsstory aber das Happy End: Wegen der Finanzkrise 2007 und der anschliessenden

Auf der Südwestseite des Gonzenmassivs liegt, verborgen im Fels, das ehemalige Artilleriewerk Passatiwand. Die 1939/40 errichtete Festungsanlage sollte das Vorrücken feindlicher Truppen ins Seetal und in die Linthebene verhindern

Wirtschaftskrise steigerten sich die Stückzahlen nicht wie vorgesehen. Espros musste den weiteren Ausbau stoppen. Die Kaverne wurde trotzdem ausgebrochen, damit später die Produktion dadurch nicht gestört würde, doch die Wafer-Fabrik darin – De Coi spricht von einer weiteren Investition von 100 Millionen Franken – wurde noch nicht realisiert.

Der riesige Raum steht leer, lässt die Schritte hallen und verschluckt die Stimmen. Ein Raum wie ein Versprechen: Dort, wo jetzt noch Wasser auf die Planen tropft, mit denen die Decke abgehängt ist, sollen in ein paar Jahren 200 bis 300 Mitarbeiter Mikrochips produzieren.

Wann die Kaverne mit Fertigungsmaschinen ausgestattet wird, hängt davon ab, wie sich der Markt entwickelt. „Wenn ich die Projekte anschau, an denen wir arbeiten, kann das ganz schnell gehen“, meint De Coi. 