



Großauftrag für britisches KKW: Rohrroboter für Kernkraftwerksneubau

Robotertechnologie sichert Qualität des nuklearen Dampfversorgungssystems

Das Atomkraftwerk Hinkley Point im Südwesten von England, am Bristolkanal gelegen, besteht mit dem Hinkley Point A und Hinkley Point B aktuell aus zwei Anlagenteilen. Der Anlagenteil Hinkley Point C erhält zwei neue Druckwasserreaktoren

des Typs EPR (European Pressurized Reactors), die der Bauweise der bereits nach Finnland, Frankreich und China gelieferten Reaktoren entsprechen. Mit einer Nettoleistung von jeweils 1.600 MW werden diese beiden Reaktorblöcke damit zu

den zehn leistungsstärksten der Welt gehören.

Gebaut wird die Reaktor-Doppelanlage vom französischen Energiekonzern EDF in Gemeinschaft mit dem chinesischen Projektpartner China

General Nuclear Power (CGN). Für dieses Projekt wurde dem Industriedienstleister Bilfinger eine bedeutende Rolle übertragen und als strategischer Lieferant (Tier 1) für das Hinkley Point C-Projekt ausgewählt. Zu den umfangreichen Beauftragungen

Major order for British NPP: Pipe robots for new nuclear power plant construction

Robot technology ensures quality of the nuclear steam supply system

The Hinkley Point nuclear power plant in the south-west of England, located on the Bristol Channel, currently consists of two plant sections, Hinkley Point A and Hinkley Point B. The Hinkley Point C part of the plant will receive two new pressurised

water reactors of the type EPR (European Pressurised Reactors), similar in design to those already supplied to Finland, France and China. With a net capacity of 1,600 MW each, these two reactor units will be included amongst the ten most powerful in the world.

The dual reactor plant is being built by the French energy group EDF in cooperation with the Chinese project partner China General Nuclear Power (CGN). For this project, the industrial services provider Bilfinger was given a significant role and selected as a strategic

supplier (Tier 1) for the Hinkley Point C project. The extensive orders for various services include the manufacture and assembly of piping and equipment for the nuclear steam supply system, or NSSS for short. Nuclear power plants with pressurised water

verschiedener Leistungen gehören unter anderem die Fertigung und Montage von Rohrleitungen und Geräten für das nukleare Dampfversorgungssystem, kurz NSSS genannt (Nuclear Steam Supply System). Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren bestehen immer aus zwei Teilen:

1. einer nuklearen Insel, in der das NSSS untergebracht ist und deren Hauptaufgabe die Dampfversorgung ist (Primärkreislauf) und

2. einer konventionellen, nicht-nuklearen Insel, die der Stromerzeugung dient und deren Turbinen durch den Dampf angetrieben werden (Sekundärkreislauf).

Das Nukleare Dampfversorgungssystem (NSSS) ist dabei der Teil des Kernkraftwerks, das zur Erzeugung von Dampf für die Versorgung der Turbinengeneratoreinheiten dient, diese wiederum der Stromerzeugung dienen. Die Hochdruck-Rohrleitungen des NSSS für die entsprechenden Wasser-Dampf-Kreisläufe müssen hierbei den höchsten Sicherheitsstandards entsprechen. Eine Voraussetzung dafür sind bestmögliche Schweißnahtverbindungen, welche einer definierten Spezifikation unterliegen. Für den dafür sprichwörtlichen „Inneren Feinschliff“ ist INSPECTOR SYSTEMS mit

seiner anerkannten und vielfach bewährten Schleifroboter-technologie nun schon seit fast 40 Jahren weltweit der Spezialist.

Roboter-Fuhrpark für Rohrleitungsgrößen von DN 100 bis DN 750

Erfahrung und Know-How auf was es bei diesem Projekt ankommt, sind ausreichend vorhanden. Bei allen bisherigen Bauprojekten des Reaktoren Typ EPR kam die Rohrroboter-Technologie von INSPECTOR SYSTEMS zum Einsatz. So werden auch für Hinkley Point C Rohrroboter von uns die notwendigen Arbeiten verrichten. Zur inneren Bearbeitung und Prüfung der sicherheitsrelevanten Schweißnähte des nuklearen Dampfversorgungssystems (NSSS) beauftragte uns die Firma Bilfinger mit dem Bau eines ganzen Rohrroboter-Fuhrparks, bestehend aus insgesamt 14 speziellen Geräten mit unterschiedlicher Anwendung. Für die Rohrgrößen DN 100, DN 150 bis 200, DN 250 bis 350, DN 400 bis 500 werden jeweils ein Schleifroboter inklusive visueller Prüfungskamera, ein Absaugroboter und ein Laserscanroboter geliefert. Eine Besonderheit stellt die Rohrgröße DN 750 dar. Dafür wird ebenfalls ein Schleifroboter hergestellt, das Absaugen und Laserscanning wird aber von einem extra entwickeltem Kombi-Roboter übernommen, welcher beide Anwendungen ermöglicht. Vor mehr als zehn Jahren, beim EPR-Projekt Olkiluoto in Finnland, gab es bereits eine Zusammenarbeit zwischen INSPECTOR SYSTEMS und Bilfinger - seinerzeit noch unter

der vormaligen Rohrbauparte BHR Hochdruck Rohrleitungsbau GmbH im Kernkraftwerksbau tätig. Auch damals kamen bereits Rohrroboter von INSPECTOR SYSTEMS zum Einsatz und konnten die gestellten Anforderungen erfolgreich erfüllen.

Hohe Anforderungen an die Qualität sicherheitsrelevanter Schweißnähte

Schweißnähte in sensiblen Bereichen von Atomkraftwerken müssen den hohen Anforderungen der Sicherheitsklassen entsprechen. Durch ein gezieltes Schleifen der innenliegenden Schweißwurzeln während der Rohrleitungs montage wird zum einen die Qualität der Rohrleitung erhöht, zum anderen die später im Betrieb wiederkehrenden Prüfungen erheblich erleichtert. Voraussetzung ist das Entsprechen bestimmter Spezifikationen. Die sehen vor, dass die Oberfläche einer Schweißnahtwurzel einen Mittenrauwert von $6,3 \mu\text{m}$ nicht überschreiten darf. Die Winkel der Flanken, welche durch den Kantenversatz der Rohrleitung entstehen, müssen kleiner 7° sein. Ein hochkomplexer Bearbeitungsvorgang, welche von den speziell dafür entwickelten Schleifrobotern von INSPECTOR SYSTEMS bis im Zehntelmillimeterbereich durchgeführt werden kann. Im geschliffenen Bereich darf die Restwandstärke die Nennwandstärke nicht unterschreiten und die Verunreinigung des Rohres muss vermieden werden. Die Absaugung der entstehenden Rückstände von Schleifstaub erfolgt anschließend durch spezielle Absaugroboter, die einen gereinigten Zustand der Rohrsysteme sicherstellen. Um zu gewährleisten, dass der Schliff der spezifizierten Anforderung entspricht, wird mit Hilfe des Laserscanroboters das axiale Profil der Schweißnaht

an mehreren Winkelstellungen aufgenommen und durch die Software protokolliert. Erst der Abschluss der grundsätzlichen Arbeiten ermöglicht die weiteren Abnahmeprüfungen visueller und röntgentechnischer Art.

Ausgeklügelte Roboter-technik für höchst präzise Anwendungen

Ein Rohrroboter von INSPECTOR SYSTEMS, in seiner Grundkonzeption ein modularer Aufbau, ist eine hoch entwickelte und über die Jahrzehnte hinweg verfeinerte und ausgereifte Maschine. Diese besteht aus hunderten mechanischen, elektrischen und pneumatischen Einzelteilen, teils mit sehr spezifischen Geometrien, welche nahtlos zusammengefügt und aufeinander angepasst sind. Die Basis für den modularen Aufbau bildet eine oder mehrere Antriebseinheiten. Diese verfügen über ausfahrbare Radträger, die den Roboter mittels einer einstellbaren Vorspannung im Rohr zentrieren und stabilisieren. Diese Konstruktion erst ermöglicht es, schwer zugängliche Stellen im Rohr zu erreichen, die sich hinter Bögen mit einem Biegeradius von $1.5 D$, vertikalen Rohrleitungsabschnitten, Durchmesserreduzierungen oder Abzweigungen befinden. In Kombination mit einem Anwendungsmodul sind punktgenaue Bearbeitungen und Prüfungen von Schweißnähten an jedem gewünschten Winkel im Rohrumfang möglich. Genutzt werden dafür extra für dieses Projekt speziell entwickelte Schleif-, Absaug- oder Laserscanmodule mit integrierten Zentrier-/Stabilisierungsmechanismen und hochpräzisen 360° Dreheinheiten sowie spezifischer Verstellmöglichkeit ihrer Anwendungselemente in axialer-radialer Richtung (Schleifscheibe, Absaugdüse oder Laser).



reactors always consist of two parts:

1st a nuclear island that houses the NSSS and whose main task is to supply steam (primary circuit), and

2nd a conventional, non-nuclear island that is used to generate electricity and whose turbines are driven by the steam (secondary cycle).

The nuclear steam supply system (NSSS) is the part of the nuclear power plant that is used to generate steam to supply the turbine generator units, which in turn generate the electricity. Thereby, the high-pressure piping of the NSSS for the corresponding water-steam circuits must meet the highest safety standards. A prerequisite for this is the best possible welded joints, which are subject to a defined specification. INSPECTOR SYSTEMS, with its recognised and proven grinding robot technology, has been the worldwide specialist known for „internal finishing touches“ for almost 40 years.

Robot fleet for pipeline sizes from DN 100 to DN 750

There is sufficient experience and Know-How on what is important in this project. INSPECTOR SYSTEMS pipe robot technology has been used in all previous EPR reactor construction projects. Also for Hinkley Point C, pipe robots from us will be used again to carry out the necessary work. For the internal machining and inspection of the safety-relevant weld seams of the nuclear steam supply system (NSSS), the Bilfinger company commissioned us to build an entire fleet of pipe robots, consisting of a total of 14 special devices with different applications. For the pipe sizes DN 100, DN 150 to 200, DN 250 to 350, DN 400 to 500, a grinding robot including a visual inspection camera, an extraction robot and a laser scanning robot will be supplied in each case. A special feature is the DN 750 pipe size. A grinding robot is also produced for this, but the suction and laser scanning is done by a specially developed combination robot, which enables both applications. More than ten years ago, in the Olkiluoto EPR project in Finland, INSPECTOR

area, the remaining wall thickness must not fall below the nominal wall thickness and contamination of the pipe must be avoided. The resulting residues of grinding dust are then extracted by special extraction robots, which ensure that the pipe systems are in a clean condition. In order to ensure that the grinding meets the specified requirement, the laser scanning robot is used to record the axial profile of the weld seam at several angular positions and this is logged by the software. Only when the basic work has been completed can further acceptance tests of a visual and X-ray nature be carried out.

Sophisticated robot technology for highly precise applications

A pipe robot from INSPECTOR SYSTEMS, in its basic concept a modular design, is a highly developed machine that has been refined and matured over the decades. It consists of hundreds of individual mechanical, electrical and pneumatic parts, some with very specific geometries, which are seamlessly joined together and adapted to each other. The basis for the modular design is one or more drive units. These have extendable wheel carriers that centre and stabilise the robot in the pipe by means of an adjustable pre-tension. It is this design that makes it possible to reach hard-to-reach places in the pipe that are located behind bends with a bending radius of $1.5 D$, vertical pipe sections, diameter reductions or branches. In combination with an application module, precise machining and testing of weld seams at any desired angle in the pipe circumference is possible. For this purpose, specially developed grinding, suction or laser scanning modules with integrated centring/stabilising mechanisms and high-precision 360° rotating units as well as specific adjustability of their application elements in axial-radial direction (grinding wheel, suction nozzle or laser) are used.

High demands on the quality of safety-relevant weld seams

Weld seams in sensitive areas of nuclear power plants must meet the high requirements of the safety regulations. Targeted grinding of the internal weld roots during pipeline assembly increases the quality of the pipeline and makes it much easier to carry out the recurring inspections later during operations. The prerequisite is that certain specifications are met. This specifies that the surface of a weld root must not exceed a roughness mean value of $6.3 \mu\text{m}$. The angles of the flanks, which result from the edge offset of the pipeline, must be less than 7° . This is a highly complex machining process which can be carried out by the specially developed grinding robots from INSPECTOR SYSTEMS down to the tenth of a millimetre range. In the ground





Inspector Systems auf der »World Nuclear Exhibition« in Paris

Popularität ungebrochen: Weltweit größte zivile Nuklearmesse bestätigt den Status Quo

Erstmals nach 2018 fand die 4. Ausgabe der World Nuclear Exhibition statt - nach mehrmaliger pandemiebedingter Verschiebung. Ende 2021 konnte die Leitmesse eine große internationale Besucherzahl aus 76 Ländern anziehen. Als einer von insgesamt 612 internationa-

len Ausstellern war, wie schon in 2018, INSPECTOR SYSTEMS erneut mit einem eigenen Stand vertreten.

INSPECTOR SYSTEMS konnte ein positives Fazit ziehen, weil man sich nachhaltig als Zulieferer und Dienstleister

in der Nuklearindustrie etabliert hat. Neben den zahlreichen Gesprächen mit neuen Interessenten, wurde uns von unseren vielen Bestandskunden deren Zufriedenheit über den Ablauf vergangener und laufender Projekte bestätigt. Dabei wurde insbesondere die Qualität unse-

rer Produkte und die terminliche Verbindlichkeit betont. Für dieses Vertrauen bedanken wir uns ... Wir werden auch auf der 5. Ausgabe der WNE, welche vom 28. bis 30. November 2023 erneut in Paris stattfindet, wieder ausstellen und freuen uns schon jetzt auf die vielen interessanten Gespräche mit Ihnen.

Inspector Systems at the »World Nuclear Exhibition« in Paris

Popularity unbroken: World's largest civil nuclear fair confirms status quo

For the first time after 2018, the 4th edition of the World Nuclear Exhibition took place - after several postponements due to the pandemic. At the end of 2021, the leading trade fair was able to attract a large number of international visitors from 76 countries. As one of a total of 612 international exhibitors,

INSPECTOR SYSTEMS was once again represented with its own stand, as in 2018.

INSPECTOR SYSTEMS was able to draw a positive conclusion because it has established itself as a supplier and service provider in the nuclear industry. In addition to the numerous

discussions with new interested parties, our many existing customers confirmed their satisfaction with the progress of past and current projects. In particular, they emphasised the quality of our products and our commitment to deadlines. We would like to thank them for their trust ...

We will be exhibiting again at the 5th edition of WNE, which will take place again in Paris from 28 to 30 November 2023, and we are already looking forward to the many interesting discussions with you.

Klein aber sehr fein: Schleifroboter auf Militär-Flugplatz im Einsatz

Probeentnahme aus Kerosin befülltem Hochtank wieder möglich

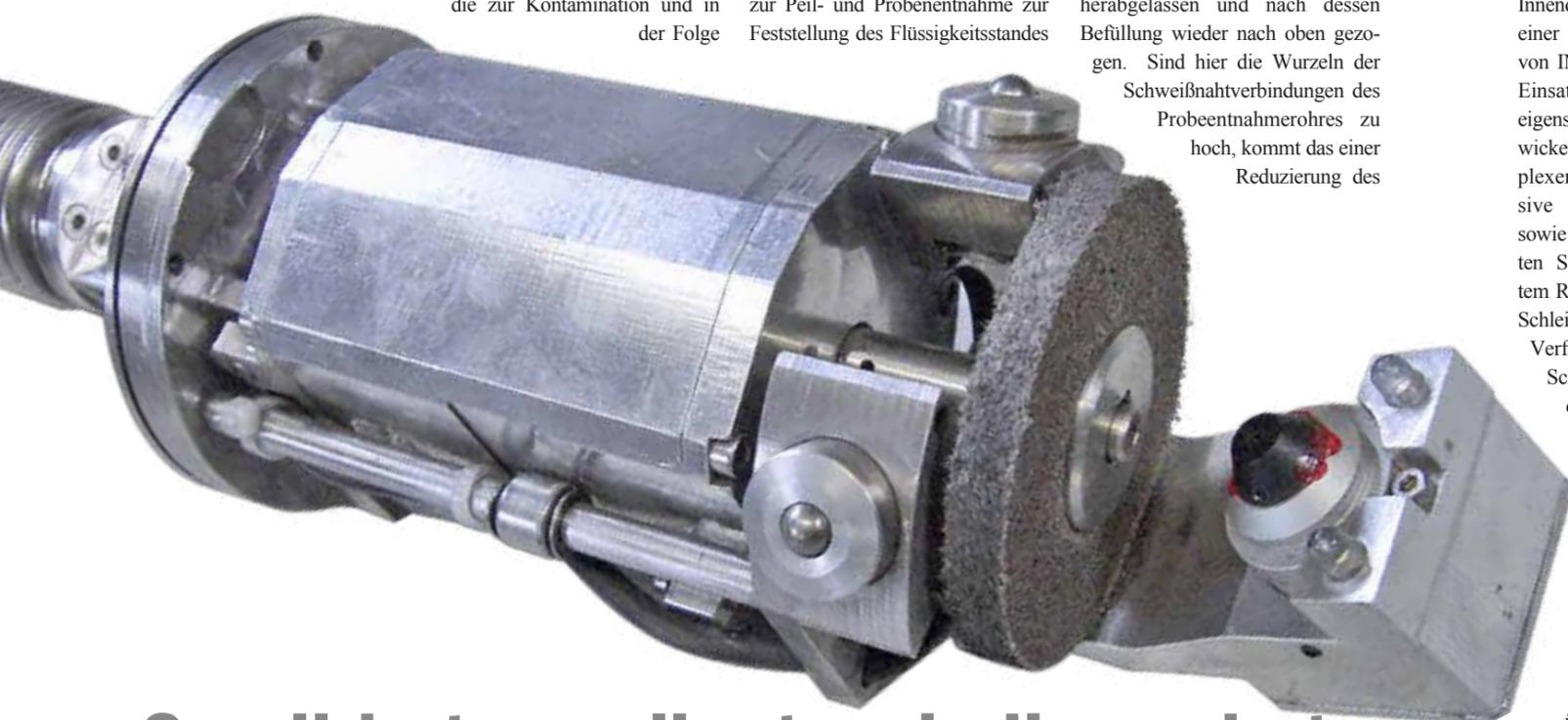
Biologische Kontamination von Treibstoffen ist überall dort ein sensibles Thema, wo große Mengen an Treibstoffen benötigt oder über einen längeren Zeitraum gelagert werden. Wenn Organismen wie

Bakterien oder Pilze die Leitungen und Filter von Treibstofftanks verstopfen, führt das nicht selten zum Ausfall von Motoren und Triebwerken.

Es sind zahlreiche verschiedene Bakterien, Hefen und Pilze bekannt, die zur Kontamination und in der Folge

zum Abbau von Treibstoffen führen. Grund genug, diesen Treibstoffgebinden regelmäßigen Prüfungen zu unterziehen um teure Folgekosten zu vermeiden. Für Kerosintanks auf Flugplätzen gibt es dafür spezielle Vorrichtungen zur Peil- und Probenentnahme zur Feststellung des Flüssigkeitsstandes

sowie zur Probeentnahme des Treibstoffs. Zur Entnahme wird ein Probeentnahmegefäß über eine Seilverbindung in einem gelochten Probeentnahmerohr, welches sich senkrecht im Inneren eines Kerosintanks befindet, herabgelassen und nach dessen Befüllung wieder nach oben gezogen. Sind hier die Wurzeln der Schweißnahtverbindungen des Probeentnahmerohres zu hoch, kommt das einer Reduzierung des



Small but excellent: grinding robot in use at military airfield

Sampling from kerosene-filled high tank possible again

Biological contamination of fuels is a sensitive issue whenever large quantities of fuels are needed or stored over a long period of time. When organisms such as bacteria or fungal growth clog the lines and filters of fuel tanks, it is not uncommon for this to lead to the failure of engines and motors.

Numerous different bacteria, yeasts and fungi are known to cause contamination and subsequent degradation of fuels. Reason enough to subject these fuel containers to regular inspections to avoid expensive follow-up costs. For kerosene tanks on airfields, there are special devices for taking bearings and samples to determine the liquid level and

to take samples of the fuel. To take a sample, a sampling vessel is lowered via a rope connection in a perforated sampling tube located vertically inside a kerosene tank and pulled up again after it has been filled. If the roots of the welded joints of the sampling tube are too high, this is equivalent to a reduction of the internal diameter at this point,

which leads to an obstruction and thus to a tearing of the rope connection when the kerosene sample is „pulled“. This is exactly what happened in a kerosene high tank with 1,250 cbm tank volume at a military airport of a NATO member. During a decommissioning of the tank for renewal of the tank inner shell, the welding seams in question had to be corrected by

Innendurchmessers an dieser Stelle gleich, was zur Blockade und somit zum Reißen der Seilverbindung beim „Ziehen“ der Kerosinprobe führt. Genau das ist in einem Kerosin-Hochtank mit 1.250 m³ Tankvolumen auf einem Militärflughafen eines NATO-Mitgliedes geschehen. Während einer Außerbetriebnahme des Tanks zur Erneuerung der Tankinnenhülle, musste in diesem Zuge die betreffenden Schweißnähte durch Inneres Schleifen korrigiert werden. Für den zu befahrenden Innendurchmesser von 102 mm kam einer der kleinsten Schleifroboter von INSPECTOR SYSTEMS zum Einsatz. Dieser beinhaltet eine eigens für kleine Rohrgrößen entwickelte Schleifeinheit mit komplexer 360°-Dreheinheit inklusive Spann-/Zentriervorrichtung sowie einem speziell abgestimmten Schleifmotor, der auf kleinstem Raum die nötige Leistung zum Schleifen von Schweißnähten zur Verfügung stellt. Durch das innere Schleifen, bzw. einer Korrektur der Schweißnähte wurde das gelegentliche Blockieren beim Herausziehen des Probeentnahmegefäßes unterbunden und ermöglicht künftig problemlose Treibstoff-Probeentnahmen.

internal grinding. One of the smallest grinding robots from INSPECTOR SYSTEMS was used for the inner diameter of 102 mm. This includes a grinding unit specially developed for small pipe sizes with a complex 360° rotating unit including a clamping/centring device as well as a specially tuned grinding motor, which provides the necessary power for grinding weld seams in the smallest possible space. Through the internal grinding, or a correction of the weld seams, the occasional obstruction will be eliminated when pulling out the sampling vessel and will enable problem-free fuel sampling in the future.



Gütesiegel »Innovativ durch Forschung«

Inspector Systems abermals mit dem Stifterpreis ausgezeichnet

Zum wiederholten Male ist INSPECTOR SYSTEMS mit dem Gütesiegel „Innovativ durch Forschung“ ausgezeichnet worden. Das vom Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e.V. verliehene Siegel erhalten Unternehmen, die sich durch besondere Leistungen in der Forschung und Entwicklung (FuE) auszeichnen. In diesem Zusammenhang soll deren besondere Verantwortung, die sie für Staat und Gesellschaft

übernehmen, gewürdigt werden. Das Siegel wurde 2014 erstmalig vergeben und besitzt zwei Jahre Gültigkeit. Der Stifterverband ist einer der größten privaten Wissenschaftsförderer in Deutschland. Neben seinem Engagement für akademischen Nachwuchs, exzellente Hochschulen und Spitzenforschung ist es ebenfalls seine Aufgabe, das deutsche Forschungs- und Innovationssystem zu untersuchen

und zu bewerten. Wie viel investiert die Wirtschaft in Forschung und Entwicklung in Deutschland? Welche Auswirkungen hat das auf die Zukunftsfähigkeit dieses Landes? Diese Fragen stehen im Mittelpunkt der FuE-Erhebung, die die Wissenschaftsstatistik im Stifterverband jährlich im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchführt.

»Innovative through research« seal of quality

Inspector Systems once again awarded for the Donor's Prize

INSPECTOR SYSTEMS has once again been awarded the „Innovative through Research“ seal of quality. The seal, awarded by the „Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e.V.“ (Donors' Association for the Promotion of Sciences in Germany), is given to companies that distinguish themselves through special achievements in research and development (R&D). In this context, the special responsibility they assume

for the state and society is to be recognised. The seal was awarded for the first time in 2014 and is valid for two years. The Donors' Association is one of the largest private science sponsors in Germany. In addition to its commitment to young academics, excellent universities and top research, it is also its task to examine and evaluate the German research and innovation system. How much does industry invest

in research and development in Germany? What impact does this have on the future viability of this country? These questions are the focus of the R&D survey, which the Statistics Division of the Donors' Association conducts annually on behalf of the Federal Ministry of Education and Research.

Absoluter Durchblick mit visuellen Prüfrobotern

Inspektionsablauf bei einer Kühlwasserrohrleitung in einem Atomkraftwerk

Kühlwasserrohrleitungen sind die Lebensadern in Atomkraftwerken und kommen bei Reaktoren vom Druckwassertyp, der ca. 90% der weltweit sich in Betrieb befindlichen Reaktoren ausmacht, in drei Haupt-Kühlwasserkreisläufen vor. Daneben gibt es noch Not- und Nebenkühlssysteme.

Der Zweck eines Kühlwassersystems ist es grundsätzlich, überschüssige Wärme aufzunehmen und abzuleiten, damit funktionsrelevante Anlagenteile nicht überhitzen. Im sogenannten „Sicherheitsbehälter“ im Reaktorgebäude befindet sich der Primärkreislauf. Dieser besteht aus dem Reaktordruckbehälter, den Primärkühlmittelpumpen und den Dampferzeugern inklusive des Rohrleitungssystems. Das bedeutet, in diesem „Sicherheitsbehälter“ hat das Kühlmittel Wasser direkten Kontakt mit den Brennelementen. Über den Sekundärkreislauf wird dann Frischdampf durch die Dampferzeuger aus dem „Sicherheitsbehälter“ den Dampfturbinen zugeführt. Damit aber eine Dampfturbine die Wärme des zugeführten Dampfes in eine mechanische Bewegung umwandeln kann, müssen die Temperatur- und Druckunterschiede vor und nach der Turbine möglichst groß sein. Deshalb wird der Dampf nach dem Austritt aus der Turbine über einen Wärmetauscher, auch Kondensator genannt, so weit abgekühlt, dass er wieder zu flüssigem Wasser kondensiert und als Speisewasser zum Dampferzeuger im Primärkreis zurückfließt. Dort wird das rückgeführte Wasser erneut aufgeheizt und gelangt als Dampf wieder zu den Turbinen.

Zur Abkühlung des Dampfes sind dem Wärmetauscher separate Kühlrohre zugeführt - der dritte Kühlkreislauf. Das Wasser in

diesem Kühlkreislauf fließt vom Wärmetauscher zu einem Kühlturm und wieder zurück. Im Kühlturm wird das im Wärmetauscher erwärmte Wasser verrieselt, dabei geben die herunterfallenden Wassertröpfchen Wärme an die durchziehenden Luftströme im Kühlturm ab (Kamineffekt). Soweit der allgemeine Ablauf bei Normalbetrieb. Wie oben kurz erwähnt gibt es noch weitere Kühlssysteme. Während das Hauptkühlwasser der Kühlung der bei Betrieb sekundärseitigen „konventionellen“ Kreisläufe dient, werden über verschiedene Zwischenkühlssysteme, unter anderem die aufgenommene Wärme des „nuklearen“ Primärkreislaufes und des Brennelement-Lagerbeckens, im abgeschalteten Zustand an das Nebenkühlwasser und den redundanten Notkühlssystemen abgegeben.

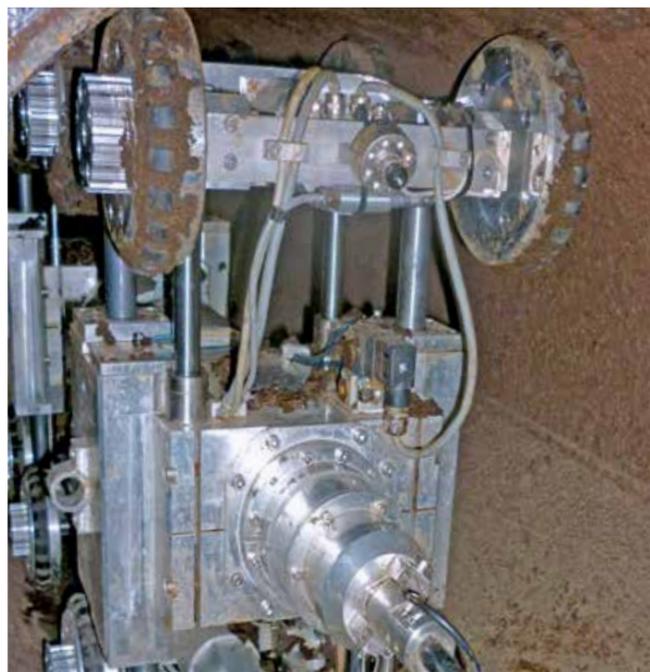
Haupt- und Nebenkühlwasser werden aus einem Fluß oder dem Meer entnommen und über Reinigungs- sowie Aufbereitungsanlagen ihren Zweck zugeführt. Diese Zulauf- und Verteilerleitungen bis zu den Reinigungs- sowie Aufbereitungsanlagen verfügen in der Regel über eine Innenbeschichtung aus Gummi, deren Integrität insbesondere bei älteren Kraftwerken in regelmäßigen Abständen durch visuelle Prüfung nachgewiesen werden müssen.

Detaillierte Innenansichten der Rohleitung live und in Farbe

Bevor es aber losgehen kann, ist vorab eine Prüfpezifikation zu erstellen, welche den grundsätzlichen Ablauf der visuellen Inspektion beschreibt. Diese muss vom Betreiber des Kraftwerkes und einem Sachverständigen geprüft und genehmigt werden. Danach obliegt die Durchführung der visuel-

len Prüfung und deren Reihenfolge dem verantwortlichen Einsatzleiter. Das eingesetzte Prüfpersonal ist qualifiziert und zertifiziert in Stufe VT2 nach DIN EN ISO 9712, einer Anwendungsrichtlinie für die Durchführung und Bewertung von Sichtprüfungen. Im folgendem umfasste die Prüfung eine ca. 90 Meter lange Gummi-Innenbeschichtete Kühlwasserleitung DN 300 mit insgesamt vier Bögen und eine ca. 170 m lange Gummi-Innenbeschichtete Kühlwasserleitung DN 700 mit insgesamt drei Bögen. Zum Einsatz kamen zwei visuelle Prüfroboter von INSPECTOR SYSTEMS, einmal vom Typ 4.000 (ID 180 bis 325 mm) und einmal vom Typ 6.000 (ID 440 bis 750 mm) mit jeweils einer hochauflösenden Farbkamera und 10-fach optischen Zoom sowie automatischer/manueller Fokussierung.

Nach dem Aufbau der Steuerungskomponenten und der Prüfroboter erfolgte ein Funktionstest. Zum Nachweis



der Bildqualität wurden vorab genormte Vergleichstafeln eingesetzt und die Kameras daraufhin entsprechend kalibriert. Durch die Integration in einem Schwenk-/Neigemodul können die Kameras um 360° gedreht und um 110° geneigt werden, sodass tatsächlich jede Stelle einer Rohroberfläche unter die „Lupe“ genommen werden kann. Die Beleuchtungsrichtung zum Prüfgegenstand und zur optischen Achse kann so gewählt werden, dass ein optimaler Bildkontrast entsteht. Durch die Variation der Beleuchtungsstärke und der variablen Ansichten aus verschiedenen Richtungen, können störende Reflexionen und Schatten vermieden werden und macht somit eine optimale Betrachtung von Auffälligkeiten möglich. Die Auswertung erfolgte zeitgleich zur visuellen Inspektion sowie nach Prüfungsende durch Ansicht der aufgezeichneten Daten.

Absolute clarity with visual inspection robots

Inspection procedure for a cooling water pipeline in a nuclear power plant

Cooling water pipelines are the lifelines in nuclear power plants and occur in three main cooling water circuits in reactors of the pressurised water type, which accounts for about 90% of the reactors in operation worldwide. In addition, there are emergency and auxiliary cooling systems.

Consequently, live steam is then fed through the steam generators from the „containment“ to the steam turbines. However, for a steam turbine to be able to convert the heat of the supplied steam into mechanical motion, the temperature and pressure differences upstream and downstream of the turbine must be as great as possible.

flows from the heat exchanger to a cooling tower and back again. In the cooling tower, the water heated in the heat exchanger is distributed, and the falling water droplets give off heat to the passing air currents in the cooling tower (chimney effect). This is the general process during normal operation. As briefly mentioned above, there are other cooling systems. While the main cooling water serves to cool the „conventional“ circuits on the secondary side during operation, the heat absorbed by the „nuclear“ primary circuit and the fuel rod storage pool, among others, is transferred to the auxiliary cooling water and the redundant emergency cooling systems via various intermediate cooling systems when the plant is shut down.

Main and auxiliary cooling water is taken from a river or the sea and fed to its intended purpose via purification as well as treatment plants. These inlets- and distribution pipes up to the purification as well as treatment plants usually have an inner coating of rubber, the integrity of which must be verified by visual inspection at regular intervals, especially in older power plants.

Detailed interior views of the pipe live and in colour

However, before it can start, an inspection specification must be drawn up in advance, which describes the basic procedure of the visual inspection. This must be checked and approved by the operator of the power plant and an expert. Afterwards, the performance of the visual inspection and its sequence is the responsibility of head of operations. The inspection personnel deployed are qualified and certified in level VT2 according to DIN EN ISO

9712, an application guideline for the performance and evaluation of visual inspections. In the following, the test covered an approx. 90-metre-long DN 300 rubber-lined cooling water pipe with a total of four bends and an approx. 170-metre-long DN 700 rubber-lined cooling water pipe with a total of three bends. Two visual inspection robots from INSPECTOR SYSTEMS were used, one of type 4.000 (ID 180 to 325 mm) and one of type 6.000 (ID 440 to 750 mm), each with a high-resolution colour camera and 10x optical zoom as well as automatic/manual focusing.

After the control components and the inspection robots were set up, a function test was carried out. To prove the image quality, standardised comparison panels were used in advance and the cameras were then calibrated accordingly. By integrating them into a pan/tilt module, the cameras can be rotated by 360° and tilted by 110° so that every part of a pipe surface can be clearly examined. The illumination direction to the test object and to the optical axis can be selected in such a way that an optimal image contrast is created. By varying the illumination intensity and the variable views from different directions, disturbing reflections and shadows can be avoided, thus making an optimal observation of conspicuous features possible. The evaluation took place simultaneously with the visual inspection and after the end of the inspection by viewing the recorded data.



The purpose of a cooling water system is basically to absorb and dissipate excess heat so that functionally relevant plant components do not overheat. The primary circuit is located in the so-called „containment“ in the reactor building. This consists of the reactor pressure vessel, the primary coolant pumps and the steam generators, including the piping system. This means that in this „containment“ the coolant water has direct contact with the fuel rods. Via the secondary cir-

Therefore, after leaving the turbine, the steam is cooled down via a heat exchanger, also called a condenser, to such an extent that it condenses back to liquid water and flows back to the steam generator in the primary circuit as feed water. There, the recirculated water is heated again and returns to the turbines as steam.

Separate cooling pipes are fed to the heat exchanger to cool the steam - the third cooling circuit. The water in this cooling circuit

Gut kombiniert: Roboter scannt und optimiert Innenschweißnähte

Wurzelschleifen wird durch 8fach-Laserscans verifiziert

Als der Energiekonzern EDF den Bau eines dritten Reaktors in Flamanville (Frankreich) ankündigte, bei dem es sich um die dritte Generation von Druckwasserreaktoren handelt, ist INSPECTOR SYSTEMS seit Beginn der Installation des Rohrsystems als Unterlieferant zur Qualitätssicherung der innen gelegenen Schweißnähte mit seiner Roboter-Technologie und Dienstleistung vertreten. Nach der langen Bauphase steht nun die Fertigstellung und Inbetriebnahme des beeindruckenden Bauwerkes mit einer Nettoleistung von 1.600 MW kurz bevor. Vom Projektstart weg, haben wir im Laufe der Zeit unsere Robotertechnologie kontinuierlich weiterentwickelt und es gelang gleich mehrere Anwendungen in einem Robotersystem zu integrieren - Schleifen, Absaugen und Laserscannen. Diese Kombination erlaubt es, die zu bearbeitenden Schweißnähte wesentlich schneller

zu optimieren, gleichzeitig aber auch sämtliche Anforderungen zu erfüllen. Diese innovativen Kombiroboter decken einen Rohrdurchmesser im Bereich von DN 500 bis DN 750 ab. Natürlich können diese, wie unsere komplette Roboterfamilie, durch Bögen, Ventile, horizontale und vertikale Rohrabschnitte fahren - alles Standardausstattung von INSPECTOR SYSTEMS.

Ein kombinierter Schleif-, Absaug- und Laserscanroboter besteht aus einer Spann- und einer Antriebseinheit, einem ferngesteuerten, verstellbaren Zentriersystem, einem Axial-Hub, einer Rotationseinheit, einem Schleifmotor inkl. Radial-Hub, einer Absaugeinheit und einem Laserscansystem. Zur Steuerung des Kombiroboters für dessen speziellen Anwendungsfunktionen dient eine Steuereinheit. Sie besteht aus zwei Hauptschaltschränken, einem Stromversorgungsschrank-

Well combined: Robot scans and optimises internal welds

Root loops are verified by 8-fold laser scans

When the energy group EDF announced the construction of a third reactor in Flamanville (France), which is the third generation of pressurised water reactors, INSPECTOR SYSTEMS has been present with its pipe robot technology and service since the beginning of the installation of the pipe system as a subcontractor for the quality assurance of the internally located weld seams. After the long construction phase, the completion and commissioning of the impressive structure with a net output of 1,600 MW is now imminent. From the start of the project, we have continuously developed our robot technology over time and have succeeded in integrating several applications in one robot system - grinding, suction and laser scanning. This combination makes it possible to optimise the welds to be processed much faster, while at the same time fulfilling all requirements. These innovative combination robots cover a pipe

diameter range from DN 500 to DN 750. Of course, like our complete robot family, they can travel through bends, valves, horizontal and vertical pipe sections - all standard features from INSPECTOR SYSTEMS.

A combined grinding, suction and laser scanning robot consisting of a clamping and a drive unit, a remote-controlled, adjustable centring system, an axial stroke, a rotation unit, a grinding motor incl. radial stroke, a suction unit and a laser scanning system. A control unit is used to control the combined robot for its special application functions. It consists of two main control cabinets, a power supply cabinet motors, main control cabinet PLC, a control panel and a monitor and recorder unit. The grinding motor is the main component. It is equipped with variable speed control and enables grinding of weld roots to achieve excellent surface quality. The suction

motoren, Hauptschaltschrank-SPS, einem Steuerpult und einer Monitor- und Rekordereinheit. Der Schleifmotor ist die Hauptkomponente. Er ist mit einer variablen Drehzahlregelung ausgestattet und ermöglicht das Schleifen von Schweißwurzeln, um eine hervorragende Oberflächenqualität zu erzielen. Die Absaugeinrichtung ist direkt mit dem axialen Positionierungssystem des Schleifmotors verbunden, welches durch eine spezielle Mechanik den Absaugeschlauch direkt an die Innenfläche des Rohres bewegt. Das Lasersystem ermöglicht das geschliffene Profil der Schweißnaht, welches als 2D-Grafik auf einem Laptop dargestellt wird, zu dokumentieren. Der Scanvorgang und der Laserkopf können mit der Laserkamera beobachtet werden, ein roter Laserpunkt markiert die Messstelle. Zusätzlich kann mit Hilfe des Lasersensors die abgetragene Schichtdicke gemessen werden.

Mittels eines flexiblen Faltenbalges verbunden, bewegt eine Antriebseinheit den Schleif-, Laserscann und Absaugkopf innerhalb des Rohres Vorwärts- oder Rückwärts und unterstützt diesen zusätzlich bei dessen Zentrierung/Stabilisierung am Bearbeitungsort. Insgesamt erfolgen an acht verschiedene Positionen Laserscans, vor und nach dem Schleifen. Die Scans werden bei 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° und 315° durchgeführt und ermöglichen es, durch die erstmalige Profilabbildung der Schweißnaht, vor der eigentlichen Bearbeitung die bestmögliche Vorgehensweise beim Schleifen zu definieren. Bei den nachfolgenden Scanvorgängen wird überprüft, ob die Anforderungen der vorgegebenen Spezifikation und Norm erfüllt sind. Dabei muss der Winkel der geschliffenen Schweißnaht, der sich aus dem linearen Versatz der beiden Seiten des Rohres und der Schweißnahtwurzel ergibt, innerhalb einer Steigung von max. 7° liegen. Alle Laserprofile werden kontinuierlich mit Hilfe einer

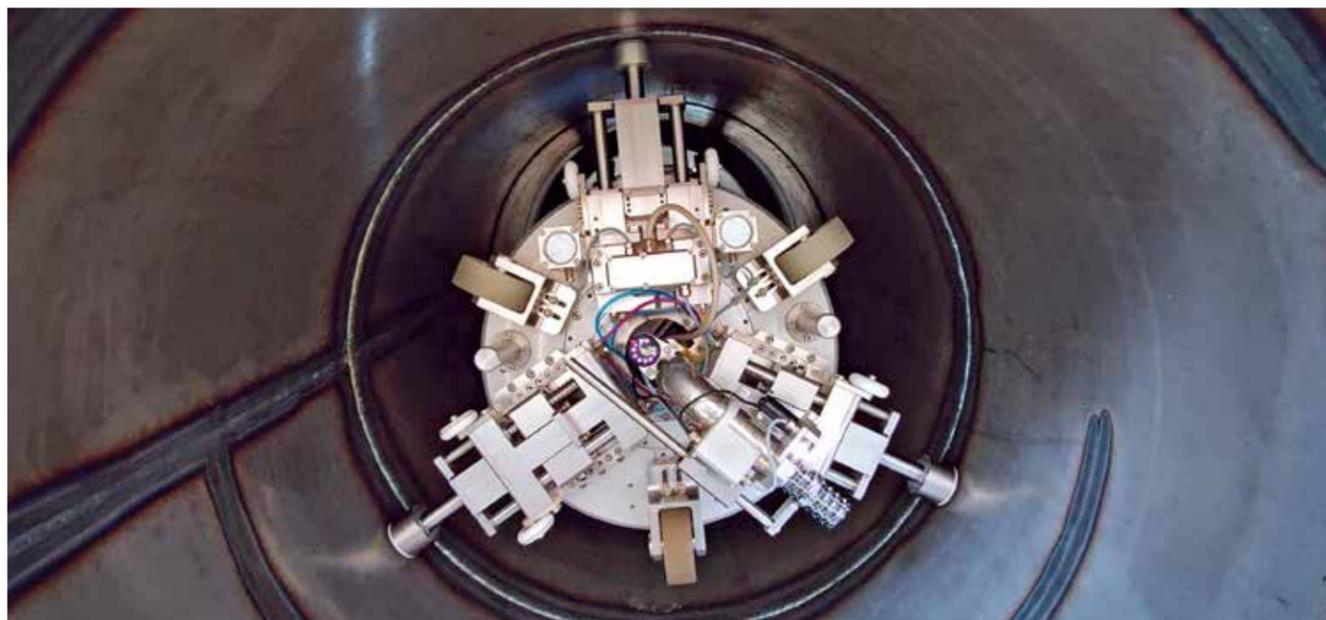


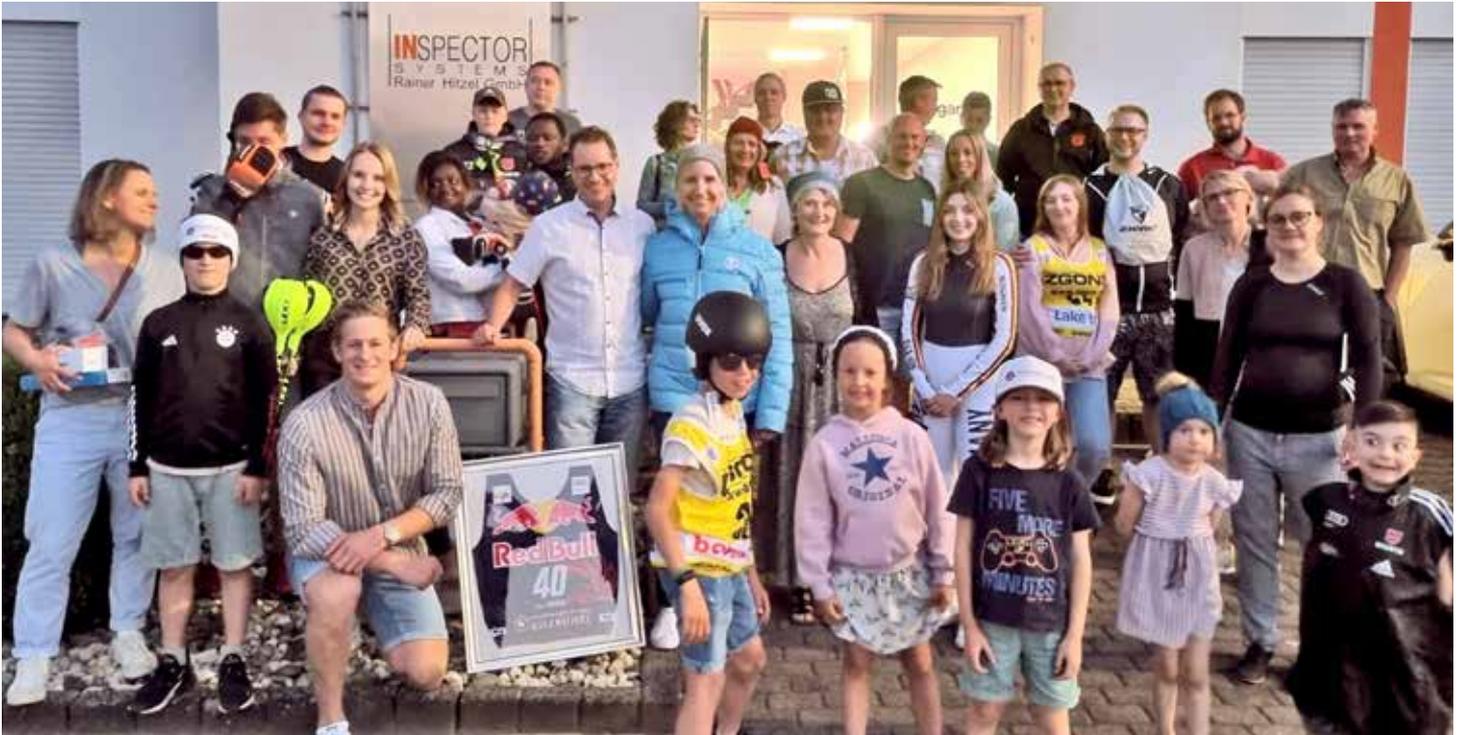
Software auf einem Laptop aufgezeichnet. Die Schweißnahtwurzel wird direkt auf dem Softwarebildschirm angezeigt, ebenso wie der oben beschriebene Winkel des Versatzes zwischen Rohr und Schweißnahtwurzel. Die Software errechnet diesen Wert automatisch und zeigt ihn direkt im Laserprofilscan an. Zusätzlich ist es auch möglich, mehrere Messungen in einem Laserprofil durchzuführen und diese anzeigen zu lassen. Die Grafik mit den Messungen kann direkt ausgedruckt oder als Datensatz gespeichert werden.

unit is directly connected to the axial positioning system of the grinding motor, which uses a special mechanism to move the suction hose directly to the inner surface of the tube. With the help of the laser system it is possible to document the ground profile of the weld seam, which is displayed as a 2D graphic on a laptop. The scanning process and the laser head can be observed with the laser camera, a red laser dot marks the measuring point. In addition, the ablated layer thickness can be measured with by the laser sensor.

it possible to define the best possible procedure for grinding before the actual processing by means of the initial profile mapping of the weld seam. During the subsequent scanning processes, it is checked whether the requirements of the given specification and standard are fulfilled. In this process, the angle of the ground weld seam, which results from the linear offset of the two sides of the pipe and the weld seam root, must be within a gradient of max. 7°. All laser profiles are continuously recorded on a laptop using software. The weld root is displayed directly on the software screen, as is the angle of offset between the pipe and the weld root described above. The software calculates this value automatically and displays it directly in the laser profile scan. In addition, it is also possible to perform several measurements in one laser profile and have them displayed. The graphic with the measurements can be printed out directly or saved as a data record.

Connected by a flexible bellow, a drive unit moves the grinding, laser scanning and suction head forwards or backwards within the tube and also supports it in centring/stabilising it at the processing location. Laser scans are performed at a total of eight different positions, before and after grinding. The scans are carried out at 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° and 315° and make





Sommerliches Grillfest mit Wintersportler Ski-Weltcupfahrer und Olympiateilnehmer Simon Jocher zu Gast

Zum diesjährigen Grillfest durften wir einen besonderen Gast begrüßen: Simon Jocher, Ski-Rennläufer im Weltcup und Teilnehmer der Winterolympiade 2022 in Beijing/China. Seit 2021 ist Simon Jocher Firmenrepräsentant

von INSPECTOR SYSTEMS (wir berichteten in unserer letztjährigen INSIGHT-Ausgabe). Der besuchte INSPECTOR SYSTEMS auf dem traditionellen Sommerfest, um mit uns gemeinsam ein paar schöne Stunden zu verbringen. Schnell ent-

wickelten sich an diesem kurzweiligen Abend interessante Gespräche rund um das Thema Winterrennsport und dessen Erlebnissen bei der Winterolympiade. Höhepunkt war die Tombola, bei der Simon Jocher viele mitgebrachte und teils bei

Weltcup-Rennen original eingesetzte Wintersportutensilien verlost. Rundum ein gelungenes Fest. Wir wünschen Simon Jocher viel Erfolg für diese Wintersaison ...

Summer barbecue with winter sports athlete World Cup skier and Olympic participant Simon Jocher as guest

At this year's barbecue, we were pleased to welcome a special guest: Simon Jocher, World Cup ski racer and participant in the 2022 Winter Olympics in Beijing/China. Simon Jocher has been a company representative

of INSPECTOR SYSTEMS since 2021 (we reported on this in last year's INSIGHT issue). He visited INSPECTOR SYSTEMS at the traditional summer party to spend a few pleasant hours with us. During this entertaining evening, interes-

ting conversations quickly developed around the topic of winter racing and its experiences at the Winter Olympics. The highlight was the tombola, where Simon Jocher raffled off a lot of winter sports utensils, some of which

had been used in original World Cup races. All in all, a successful event. We wish Simon Jocher every success for this winter season ...