

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 101 (2010)

Heft: 3

Artikel: Erneuerung des Korrosionsschutzes im Pumpspeicherkraftwerk Wehr

Autor: Zwanziger, Alois / Rainer, Edwin / Huber, Thomas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856058>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Erneuerung des Korrosionsschutzes im Pumpspeicherkraftwerk Wehr

Sanierungsprojekt in neuen Dimensionen

Nach 30 Jahren Betrieb wurde der Korrosionsschutz des Pumpspeicherkraftwerks Wehr (DE) saniert. Im Rahmen eines 12-monatigen Werkstillstands wurde die alte Beschichtung auf Teerbasis durch Sandstrahlen entfernt und die Oberfläche in zwei bzw. drei Lagen mit einem Zweikomponenten-Epoxidharz beschichtet.

Alois Zwanziger, Edwin Rainer, Thomas Huber

Im südlichen Schwarzwald befindet sich oberhalb der Ortschaft Wehr das Pumpspeicherkraftwerk Wehr. Die Wasserversorgung erfolgt vom sogenannten Hornbergbecken auf der Kuppe des Langecks beim Ortsteil Hornberg der Gemeinde Herrischried, mit einem Höhenunterschied von ca. 670 m bis zu den Maschinensätzen. Das Kraftwerk, das seit 1976 in Betrieb ist, hat mit den vier in einer Kaverne befindlichen Francis-Turbinen eine Leistung von ca. 980 MW. Das über die Turbinen abgearbeitete Wasser wird im Wehrabecken bei der Stadt Wehr aufgenommen.

Nach über 30 Betriebsjahren war der Korrosionsschutz des Triebwasserwegs an der Innenfläche zu erneuern. Vom Hornbergbecken (ca. 1048 m ü. M.) führt ein gepanzerter Druckschacht vor der Kaverne in die sogenannte Oberwasser-Verteilrohrleitung, in der sie auf die verschiedenen Maschinensätze verteilt wird.

Die Maschinenachse in der Kaverne liegt auf 325 m ü. M.

Die gesamte Länge des Druckschachts beträgt ca. 1385 lfm. Der Innendurchmesser beträgt 5,53 m, der sich im Verteilrohr auf 1,9 m reduziert. Die Rohre des Druckschachts sind unterirdisch verlegt und somit von aussen nicht zugänglich. Es gibt außer dem Zugang im Oberbecken und über die Kaverne und die Verteilrohrleitung keine weiteren Zugänge.

Die UW-Verteilrohrleitung mit zugehörigem Wasserschloss kann über die Kaverne erreicht werden. Der Zugang über das Unterwasserbecken war nur eingeschränkt nutzbar, da das UW-Becken gefüllt blieb.

Das Konzept

Für die Konzepterstellung, die Ausarbeitung der Ausschreibung, die Angebotsauswertung und die Wahl der aus-

führenden Firma wurde 2006 eine Projektgruppe mit Vertretern der Schluchseewerk AG und der Tiwig - Tiroler Wasserkraft AG gegründet.

Auswahl des Beschichtungsprodukts

Massgeblich für das Projekt war die Wahl des zu verwendenden Beschichtungsprodukts (Einfluss auf Baustelle-einrichtung, Klimatisierung, Befahrung, Strahlqualität, Applikation, Kontrollen, Terminplan usw.). Daher wurden in Zusammenarbeit mit der Tiwig mehrere alternative Lösungen mit ihren Vor- und Nachteilen einander gegenübergestellt. Bei der technischen Beurteilung wurden besonders die Ergebnisse des jeweiligen Korrosionsschutzsystems bei Referenzprojekten berücksichtigt.

Das dickschichtige Produkt Humidur mit den spezifischen Vorteilen für ein Projekt im Wasserkraftwerksbereich stellte sich im Rahmen der Bewertung der möglichen Alternativen als am besten geeignet heraus. Für den vorgesehenen Durchführungszeitraum von Anfang April 2008 bis Ende März 2009 und die vorgegebenen Rahmenbedingungen ergaben Berechnungen, dass das Projekt unter diesen Bedingungen und dem von der Schluchseewerk AG vorgegebenen Termin nur mit Humidur sinnvoll durchführbar ist.

Die Vorteile dieses Produkts liegen im Wesentlichen in der dickschichtigen Applikation, der einfachen Ausbesserungsweise (Spritzen, Streichen, Spachtelung mit dem gleichen Produkt), der Möglichkeit, das Produkt auch bei tiefen Objekttemperaturen zu applizieren, viele Referenzflächen und ausreichende Erfahrungswerte in vergleichbaren Einsatzgebieten und insbesondere in Druckrohrleitungen/-schäften, keine Lösungsmittel, hohe Qualität, Garantie, gefahrstofffreie Inhaltsstoffe usw. Ein weiterer wichtiger Punkt war der hohe Betreuungsgrad des Beschichtungsstofflieferanten auf der Baustelle und die Einbringung seiner langjährigen Erfahrung bei der Durchführung von Korrosionsschutzprojekten mit Humidur im Wasserkraftwerksbereich.

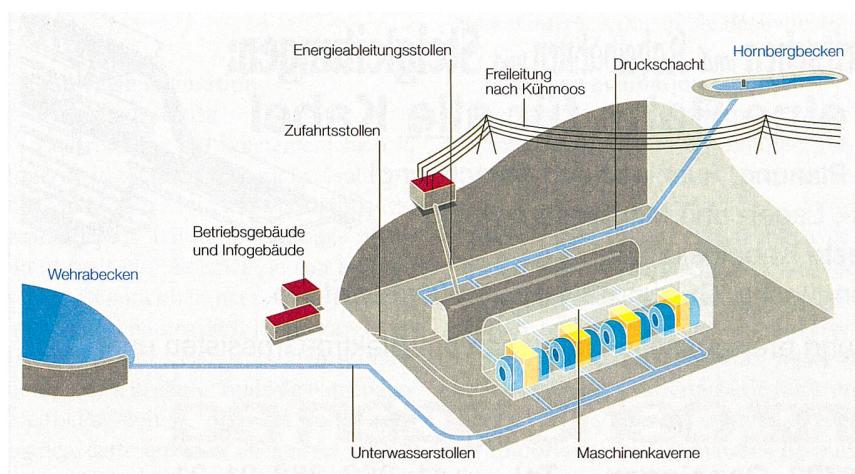


Bild 1 Aufbau des Kraftwerks.

Vergabe

An der europaweiten Ausschreibung nahmen mehrere internationale Bieter teil. Die Arge Bauschutz-BeKor aus Deutschland bekam den Zuschlag.

Terminübersicht

Um den vom Netzbetreiber vorgegebenen Terminplan einhalten zu können, war es erforderlich, die Konservierungsarbeiten in mindestens 5 voneinander unabhängige Abschnitte zu unterteilen und zu organisieren (**Tabelle I**).

Organisation der Baustellenabschnitte

Nach erfolgter Entleerung des Hornbergbeckens (Oberwasserbecken) konnte als Abschnitt I (Zugang über das Oberwasserbecken) der Bereich des Druckschachts, welcher ca. 1385 m lang ist, einen Durchmesser von 5,53 m und 54% Neigung hat (Fläche insgesamt ca. 24 000 m²), als erster Abschnitt in Angriff genommen werden. Nachdem die Klimageräte, die Schachtbefahrungsanlage und ein Gerüst installiert waren, konnten die Ent- und Beschichtungsarbeiten der ersten Teilfläche des Abschnitts I, nämlich die Senkrechtpanzerung im Einlaufturm, durchgeführt werden.

Um den engen Zeitplan einhalten zu können, war die Oberwasserverteilrohrleitung (Abschnitt II) mit den zugehörigen Maschinenabzweigen (Flächenausmass mit der Flachstrecke bis zum Krümmmer des Druckschachts insgesamt ca. 5400 m²) parallel zur ersten Teilfläche des ersten Abschnitts (Senkrechtpanzerung des Einlaufes/Druckschachts) zu bearbeiten. Die Konservierungsarbeiten an der Oberwasserverteilrohrleitungs-Innenfläche mussten als Erstes fertiggestellt werden, bevor die Hauptarbeit im Druckschacht begann (übereinanderliegende Arbeitsstellen).

Im Abschnitt III war die Unterwasserverteilrohrleitung mit Wasserschloss-Steigschacht mit einem Flächenausmass von insgesamt ca. 9600 m² zu bearbeiten (**Bild 2**).

Im Abschnitt IV war der Zylinderschütz im Einlaufturm zu bearbeiten. Für die Korrosionsschutzarbeiten wurde der Zylinderschütz angehoben, auf einem Bearbeitungspodest abgestellt und als Zugang eine Öffnung von ca. 1,2 x 1,2 m in den Einlaufturm geschnitten. Der Zylinderschütz konnte erst nach dem Einbau der erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen in die Bearbeitungsposition gebracht werden. Die am Zylinderschütz

Abschnitte	Daten
Oberwasser-Beckenentleerung inkl. Entleerung Druckschacht und Oberwasserverteilrohrleitung	7.–10. April 2008
Entleerung Unterwasserstollen und -verteilrohrleitung	14.–18. April 2008
Korrosionsschutzarbeiten Druckschacht	Mitte Juli 2008–3. März 2009
Korrosionsschutzarbeiten Oberwasserverteilrohrleitung	Mai–Juli 2008
Korrosionsschutzarbeiten Unterwasserverteilrohrleitung	Mai 2008–Januar 2009
Korrosionsschutzarbeiten Zylinderschütz inkl. bauseitiger mechanischer Sanierung des Zylinderschützes	September–November 2008
Korrosionsschutzarbeiten Lindau-Überleitung	Oktober–Dezember 2008
Füllen Unterwasserstollen und -verteilrohrleitung	Ende Januar 2009–Ende Januar 2009
Füllen Druckschacht	17.–26. März 2009
Inbetriebnahme	17. März–6. April 2009

Tabelle I Terminübersicht.

Abschnitte	Fläche [m ²]
Abschnitt I: Druckschacht	24 000
Abschnitt II: Oberwasser-Verteilrohrleitung mit Flachstrecke des Druckschachts	5400
Abschnitt III: Unterwasser-Verteilrohrleitung mit Wasserschloss	9600
Abschnitt IV: Zylinderschütz	400
Abschnitt V: Lindau-Überleitung	1500
Gesamtfläche	40 900

Tabelle II Übersicht über die Baustellenabschnitte.

erforderlichen mechanischen Instandsetzungsarbeiten erfolgen durch den Auftraggeber und in enger Abstimmung mit der ausführenden Korrosionsschutzfirma.

Im Abschnitt V wurde die Innenfläche der Lindau-Überleitung (ca. 1500 m²) neu konserviert (**Bild 3**).

Zusätzlich wurde für die Bearbeitung von diversen Kleinteilen im Kraftwerksbereich eine Strahlbox (Strahlhalle) stationär errichtet und parallel zu den anderen Arbeiten betrieben.

Anforderungen an Baustelleneinrichtung

Generell ist festzuhalten, dass sämtliche Arbeiten an den zu bearbeitenden Flächen der Abschnitte I–V als Asbest-

bzw. PAK-Baustellen einzurichten und entsprechend den gültigen Normen und Vorschriften durchzuführen waren. Auf Basis der Angaben des Korrosionsschutzlieferanten der alten Beschichtung und der neu erstellten Beschichtungsstoffanalysen wurden die Gefahrstoffe der vorhandenen Altbeschichtung bestimmt. Durch die dabei festgestellten Gefahrstoffe (im wesentlichen PAK und Asbest) bestimmten entsprechend die TRGS 519 und 551 die Anforderungen bei den Korrosionsschutzarbeiten. Auf Basis der bisherigen Erfahrungen und in Abstimmung mit den Behörden wurde entschieden, mittels konventionellem Trockenstrahlverfahren die Entschichtung durchzuführen.

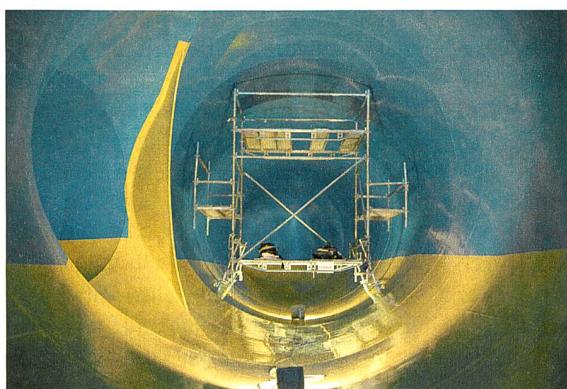


Bild 2 Fertig beschichtete Unterwasserverteilrohrleitung mit Sohlverstärkung und Verstärkung in den Sichelbereichen (oberes Ende der Verteilrohrleitung).

Porträt

Die Schluchseewerk AG

Die Schluchseewerk AG verfügt im südlichen Schwarzwald über 5 Kraftwerke mit insgesamt 20 Maschinensätzen, die eine maximale Leistung von 1836 MW im Turbinenbetrieb und 1604 MW im Pumpbetrieb bereitstellen. 14 Speicherbecken werden von der Schluchseewerk AG bewirtschaftet. Die Unterhaltung und Erneuerung der Kraftwerksanlagen ist Hauptaufgabe der Schluchseewerk AG.

www.schluchseewerk.de



Bild 3 Applikation der zweiten Schicht Humidur in der Lindau-Überleitung.



Bild 4 Speicherbecken mit Baustelleneinrichtung.

Staubfilter zu reinigen. Während der Entschichtungsarbeiten mussten zusätzlich Asbest- bzw. PAK-Filteranlagen eingesetzt werden.

Der Auftragnehmer hatte für die permanente Kontrolle der Asbest- bzw. PAK-Haltigkeit der Abluft Sorge zu tragen und musste ständig nachweisen, dass die gesetzlichen Grenzwerte eingehalten werden. Die Unterlassung dieser Massnahmen gegen Verstaubung hätte die sofortige Einstellung der Arbeiten nach sich gezogen.

Strahlentrostung

Nach erfolgter Baustelleneinrichtung inklusive Klimatisierung und funktioniegender Wasserhaltung konnte mit der Strahlentrostung begonnen werden.

Seitens der Schluchseewerk AG wurde eine Strahlentrostung bis Sa 3 nach DIN EN ISO 12 944, Teil 4, vorgeschrieben und ein Reinheitsgrad gemäss DIN Fachbericht Nr. 28 von mindestens m^2/g^2 verlangt (siehe auch DIN EN ISO 8502, Teil 3). Um die optimale Haftung des Beschichtungssystems auf der Stahloberfläche sicherzustellen, war ein Mittelrauigkeitswert Rz von mindestens 60 μm zu erreichen (Bild 6). Der letzte Strahlgang durfte nur mit neuem ungebrauchten Strahlmaterial durchgeführt werden. Das verbrauchte Strahlmaterial war über Saug- bzw. Förderanlagen staubfrei in zugelassenen Säcken (Big Bags) entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers und den behördlichen Vorgaben abzufüllen und transportfertig

an zur Verfügung gestellten Plätzen abzustellen.

Die Altbeschichtung wurde in einem ersten Strahlgang entgegen der Luftströmung entfernt (Schwarzbereich). Nach Reinigung und Freimeßung durch ein akkreditiertes Institut wurde der Arbeitsbereich freigegeben (Weißbereich) und anschliessend die Stahloberfläche in einem zweiten Strahlgang mit neuem Strahlmittel bis zu einer Reinheit von Sa 3 gereinigt ($Rz > 60 \mu\text{m}$) und entstaubt.

Beschichtungsaufbau

Nach der Sandstrahlabnahme durch das Qualitätssicherungspersonal der Tiwag und stichprobenartiger Prüfung der Schweißnähte wurde der jeweilige Teilabschnitt zur Beschichtung freigegeben.

Entsprechend der Spezifikation der Ausschreibung war das lösemittelfreie 2-K-Epoxid-Beschichtungssystem Humidur ME, zweilagig im Farbtonwechsel lichtgrau/lichtblau mit min. 600 μm DFT (Gesamtrockenschichtdicke) einzubauen. Um gegen vorhandene Erosion im Sohl- und im Sichelbereich (bei Abzweigen) eine längere Standzeit des Korrosionsschutzes zu erreichen, wurde im Sohlbereich in der Position 4 Uhr bis 8 Uhr und in den Sichelbereichen eine zusätzliche Verstärkung Humidur im Farbton Sandgelb appliziert. Die Gesamtrockenschichtdicke in den verstärkten Bereichen musste bei mindestens 1000 μm liegen. Die Applikation erfolgte durch Airless-Spritzen im Kreuzgang.

Nach der Applikation der ersten Deckbeschichtung (direkt auf den Stahl – keine Grundierung) wurde die Beschichtung mittels Hochspannungsdetektor auf offene Poren geprüft und die Schichtstärke gemessen. Schwachstellen oder offene Poren wurden nachgestrichen und die Schweißnähte händisch vorgelegt. Nach Freigabe der Fläche durch das Qualitätssicherungspersonal wurde die zweite Deckschicht Humidur aufgebracht und anschliessend in den Sohl- und Sichelbereichen eine dritte Schicht Humidur im Farbton Sandgelb gespritzt (Bild 7).

Da das Beschichtungsprodukt keine maximale Zwischentrockenzeiten erfordert und auch die Wartezeit bis zur Applikation der nächsten Schicht nur durch die mechanische Belastbarkeit bestimmt wird (Überfahrbarkeit mit dem Befahrungswagen), ist im Vergleich zu konventionellen Beschichtungssystemen (mit Grundierung, mehrfachen Deckschich-



Bild 5 Sandstrahlabnahme im Druckschacht auf Befahrungsanlage, letzte Kontrolle der Reinigung (Klebebandtest) vor Freigabe zur Beschichtung.



Bild 6 Detailaufnahme von der gereinigten Oberfläche mit ISO-Rauigkeits-Vergleichsmuster.



Bilder: Schluchseewerk AG

Bild 7 Fertige Beschichtung in der Unterwasserverteilrohrleitung mit Verstärkung der Sohl- und Sichelbereiche.

ten und langen Zwischentrockenzeiten) ein flexibler und effizienter Arbeitsablauf und damit kürzerer Werkstillstand möglich. Die erzielte durchschnittliche Schichtstärke betrug ca. 1200 μm . Im Sohlbereich bzw. den verstärkten Sichelbereichen wurden insgesamt ca. 1400 μm appliziert.

Qualitätssicherung

Um eine möglichst kurze Durchführungszeit des Projekts und damit eine kurze Stillstandszeit des Kraftwerks zu erzielen, war nicht nur die Wahl eines effizienten Beschichtungssystems, sondern auch eine begleitende und flexible Qualitätssicherung von ausschlaggebender Bedeutung. Die von der Schluchseewerk AG beauftragten Fachleute der Ti-

wag betreuten das Projekt von der Analyse des Zustands der vorhandenen Altbeschichtung bis hin zur Schlussabnahme der neuen Beschichtung, um eine optimale Qualität sicherzustellen.

Das Qualitätssicherungssystem war, entsprechend der Bedeutung des Projekts, sehr umfangreich und umfasste in systematischen Abläufen neben der intensiven Einbindung und Koordination aller Beteiligten die genaue technische Spezifikation der zu erbringenden Leistungen, die Festlegung der Gewährleistungskriterien und -dauer sowie konkrete Parameter bzw. Prüfungen [1].

Fazit

Auf Basis des ehrgeizigen Konzepts für die Sanierung des Korrosionsschutzes

konnte eine erfolgreiche Durchführung dieses komplexen Grossprojekts erzielt werden. Im Vergleich zu Konzepten mit konventionellen Produkten und Verfahren verringerte sich durch das eingesetzte Korrosionsschutzsystem nicht nur das Risiko bei qualitativ und terminlich kritischen Situationen. Durch das ausgereifte Konzept und die Einbringung langjähriger Erfahrung der Qualitätskontrolle konnte die Durchführungszeit effizient kurz gehalten und der Werkstillstand und die damit verbundenen wirtschaftlichen Nachteile durch den Produktionsentgang erheblich verringert werden. Schlussendlich sorgte das erfahrene Qualitätssicherungsteam und die intensive Betreuung des Beschichtungsstofflieferanten auch dafür, dass nicht nur ein Projekt in neuen Dimensionen bezüglich der Quadratmeter erfolgreich durchgeführt wurde, sondern auch in Bezug auf die eingegebauten Beschichtungsqualität neue Dimensionen erreicht wurden.

Referenz

- [1] Ing. Edwin Rainer: Qualitätssicherung bei Korrosionsschutzarbeiten, im Besonderen bei Druckrohrleitungen, anhand von praktischen Beispielen. Tagungsunterlage: 11. internationales

Seminar Wasserkraftanlagen: Die Bedeutung der Wasserkraft unter veränderten Marktbedingungen, TU Wien, 15.–17. November 2000, Herausgeber: DI Peter Angerer, o. Univ. Prof. DI Dr. techn. Dr. hc. Heinz-Bernd Matthias, S. 141 ff.

Weiterführende Literatur

- Schluchseewerk AG: diverse Unterlagen und Skizzen, Laufenburg, Deutschland.

Angaben zu den Autoren

Mag. Alois Zwanzinger ist Geschäftsführer der Corro Tec Korrosionsschutz Vertriebsges. m.b.H. Seine Aufgaben umfassen das Marketing für Humidur, die Beratung und Einschulung bei Korrosionsschutzprojekten im deutschsprachigen Wasserkraftwerksbereich und die Baustellenbetreuung auf Basis seiner 15-jährigen Erfahrung in diesem Bereich.

Corro Tec Korrosionsschutz Vertriebsges. m.b.H.,
AT-1190 Wien, alois.zwanzinger@aon.at

Ing. Edwin Rainer ist Fachgruppenleiter Korrosionsschutz bei der Tiwag – Tiroler Wasserkraft AG. Er ist allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Korrosionsschutz. Edwin Rainer hat 20 Jahre Erfahrung auf dem Gebiet des Korrosionsschutzes und in der Qualitätsicherung bei Korrosionsschutzarbeiten an Anlagen der Tiroler Wasserkraft AG und bei diversen anderen Elektroversorgungsunternehmen im In- und Ausland.

Tiwag – Tiroler Wasserkraft AG, AT-6010 Innsbruck
edwin.rainer@tiwag.at

Thomas Huber, Dipl.-Ing. Maschinenbau (FH), war langjährig in einem mittelständischen Unternehmen im Anlagenbau in den Bereichen Konstruktion, Inbetriebnahme, Service sowie Projektleitung für Neubauten tätig. Seit Mitte 2004 ist er in der Schluchseewerk AG im Bereich Maschinentechnik in der Betreuung der hydraulischen Kraftwerkseinheiten, dem Stahlwasserbau, der zerstörungsfreien Materialprüfung sowie dem Korrosionsschutz tätig.

Schluchseewerk AG, DE-79725 Laufenburg (Baden),
huber.thomas@schluchseewerk.de

Résumé

Renouvellement de la protection anticorrosion à la centrale à accumulation par pompage de Wehr

Un projet d'assainissement de grande envergure

Après 30 années de service, la protection anticorrosion de la centrale à accumulation par pompage de Wehr (DE) a été assainie. Dans le cadre d'une interruption de service de 12 mois, l'ancien revêtement à base de goudron a été éliminé par sablage et la surface revêtue de deux à trois couches d'une résine époxy à deux composants.

No

Anzeige

Technology is our business

Offene Stellen und Praktikumsplätze – Offres d'emplois et de stages

Sprechen Sie die Studierenden direkt an! – Adressez-vous directement aux étudiants!

Wir erstellen Ihnen ein standardisiertes Stelleninserat, schicken es direkt an die Hochschulen und präsentieren es persönlich an diversen Kontakttagen.

Nous établissons pour vous des descriptifs de poste standardisés, les envoyons aux hautes écoles et les présentons personnellement lors de diverses journées de contact.

Kosten pro Inserat – Coûts par annonce

CHF 200.– Mitglieder/membres Electrosuisse,
CHF 300.– übrige/pour les autres

Info

www.electrojob.ch (d), www.electrojob.ch (f)

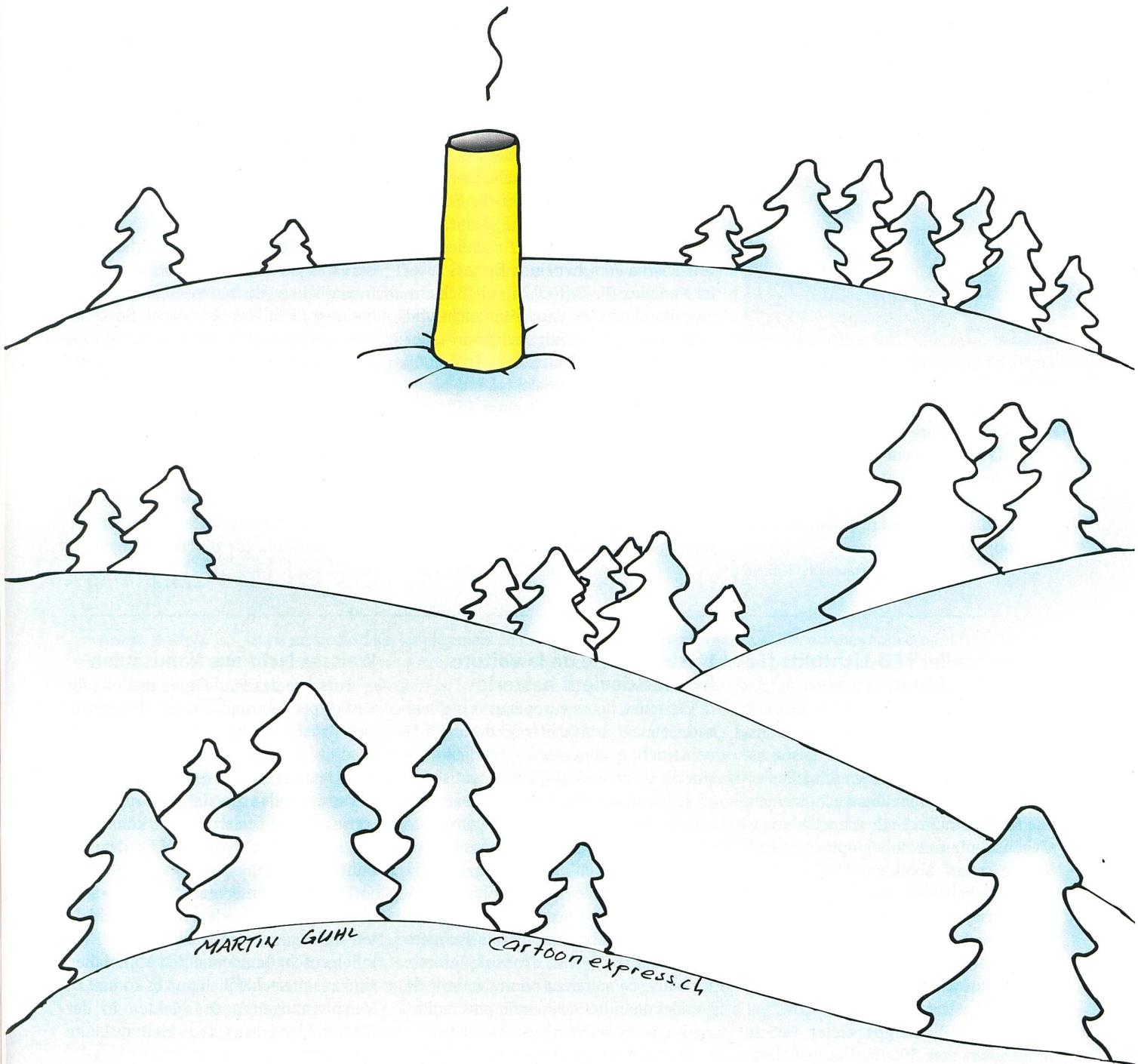
electrosuisse ➤



CARTOON



... na ja ... und dann habe ich
mich für Erdwärme entschieden...



Eh bien, maintenant je me suis mis
à la géothermie.