Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 102 (2010)

Heft: 2

Artikel: Studie zur Beherrschung der Sedimentationsproblematik bei der Stauanlage Dez, Iran

Autor: Dietler, Thomas / Schlegel, Barbara

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941651

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: 24.08.2025

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

Studie zur Beherrschung der Sedimentationsproblematik bei der Stauanlage Dez, Iran

Thomas Dietler, Barbara Schlegel

1. Einleitung

Die Staumauer Dez befindet sich im Südwesten des Irans in der Provinz Khuzestan und wurde im Jahr 1963 in Betrieb genommen *(Bild 1)*. Sie dient der Energieproduktion, der Bewässerung, der Trinkwasserversorgung sowie dem Hochwasserschutz. Bei der Staumauer handelt es sich um eine doppelt gekrümmte Bogenmauer mit einer Höhe von 203 m und einem ursprünglichen Volumen des Speicherbeckens von 3315 Mio. m^3. Die wichtigsten hydraulischen Anlageteile sind zwei Triebwasserfassungen, eine mit zwei Schützen ausgerüstete Hochwasserentlastung sowie drei Bewässerungsauslässe. Die Kennwerte der Dez-Wasserkraftanlage *(Bild 2)* sind in der *Tabelle 1* zusammengefasst.

Das Staubecken von Dez ist gekennzeichnet durch einen starken Sedimenteintrag. Seit der Inbetriebnahme haben sich infolge einer Sedimenteintragsrate von 15 bis 20 Mio. m^3/Jahr vor der Staumauer Feinsedimente abgelagert, die heute nur noch mit einem vertikalen Abstand von ca. 8 Meter unterhalb der Einlaufkote der Wasserfassungen liegen (Zunahme von 1 bis 1.5 m/Jahr). Zusätzlich bewegt sich auch das Mündungsdelta des Dez-Flusses, verursacht durch abgelagertes Geschiebe mit rund 0.5 bis 1 km/Jahr in Richtung der Staumauer.

In einer Machbarkeitsstudie wurden Lösungen für die Sedimentationsproblematik der Stauanlage Dez untersucht und ausgearbeitet.

Wichtigste Kennwerte der Dez-Wasserkraftanlage		
Stausee:	Länge: Volumen: Minimale Staukote:	ca. 60 km 3'315 Mio m^3 290 m ü.M.
Talsperre:	Typ: Kote der Mauerkrone: Maximale Höhe:	Doppelt gekrümmte Bogenmauer 354 m ü.M. 203 m
Triebwasserfassungen (2 Stück):	Einlaufkote: Grösse der Öffnungen:	270 m ü.M. 14.5 m x 14.1 m = 204.5 m^2
Bewässerungsauslässe (3 Stück):	Kote Fassung (Achse): Kapazität:	223.7 m ü.M. 3 x 53 m^3/s
Hochwasserentlastung	Typ: Einlaufkote: Kapazität:	Zwei Entlastungsstollen mit Schützen 335.0 m ü.M. 2 x 3'000 m^3/s

Tabelle 1. Wichtigste Kennwerte der Dez-Wasserkraftanlage.

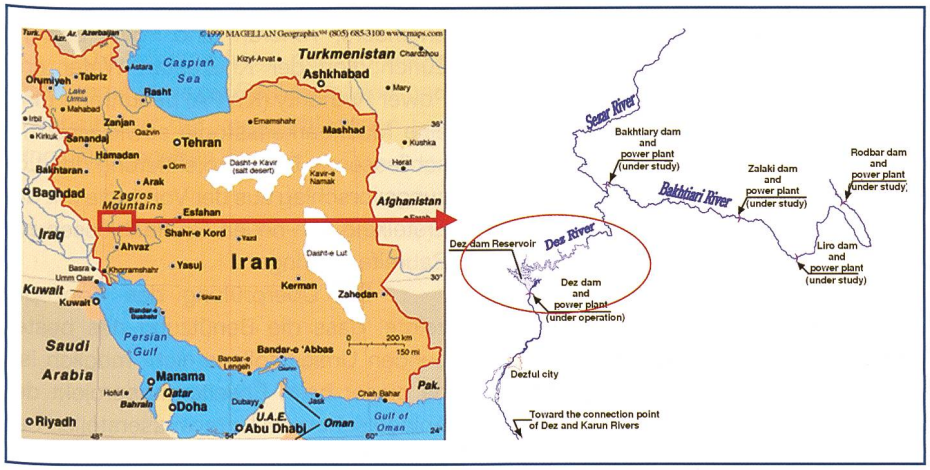


Bild 1. Lage des Projektgebietes.

2. Ausgangslage

2.1 Sedimenteintrag und Ablagerung

Der Sedimentationsprozess im Stausee Dez setzt sich aus der grobkörnigen Sedimentablagerung im Delta des Hauptzuflusses sowie der Trübeströme zusammen, welche Feinsedimente im Stausee ablagern.

Ein Trübestrom ist ein Strom von schnellfliessenden, stark sedimenthaltigen Wassermassen. Trübeströme in Stauseen entstehen, wenn das Flusswasser dank seinem Schwebstoffgehalt schwerer ist als das Seewasser. Das dichtere, schwebstoffbeladene Flusswasser taucht in das leichtere Seewasser ab. Es entsteht dadurch ein Unterwasserstrom, Trübestrom

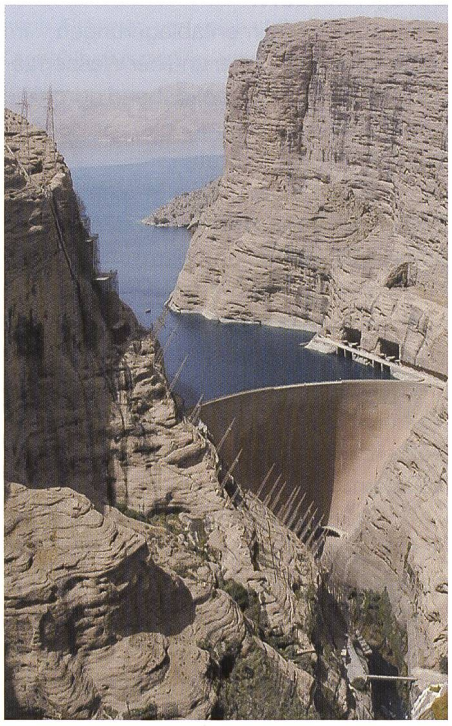


Bild 2. Dez-Talsperre.

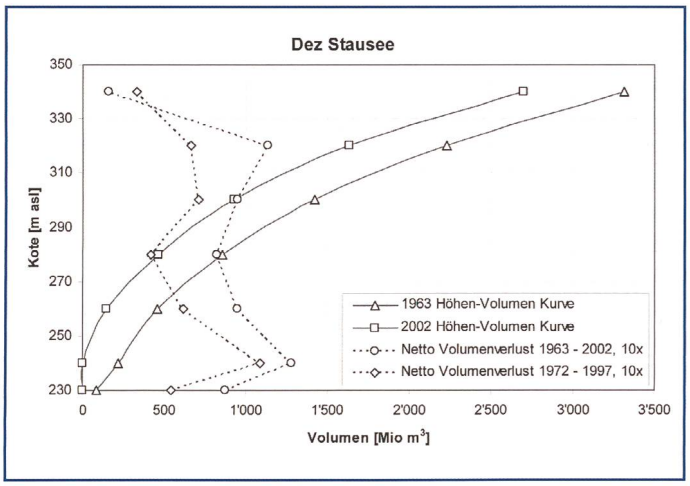


Bild 3. Staukurven: ursprünglich – heute.

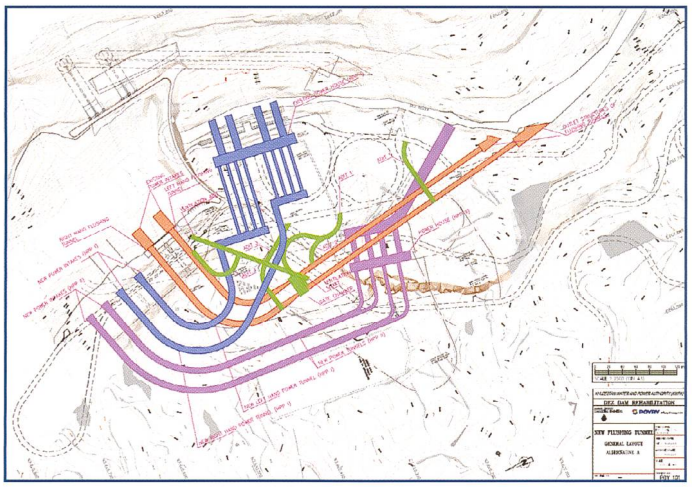


Bild 4. Situation der bestehenden und zukünftigen Strukturen bei der Dez-Talsperre. Die geplanten Spülstollen (rot) liegen nahe bei der Staumauer.

genannt, welcher aus einem Gemisch von Wasser und Feinsedimenten in Suspension besteht. Der Trübestrom bewegt sich auf dem geneigten Seeboden in Richtung tiefstem Punkt bei der Talsperre.

Der Sedimenteintrag in den Stausee Dez beträgt 15 bis 20 Mio m³/Jahr. In *Bild 3* ist die ursprüngliche Stauvolumenkurve des Dez-Stausees im Jahre 1963 und diejenige aus dem Jahr 2002 gezeigt sowie die beobachteten Ablagerungen über diese Periode in Funktion der Höhe (multipliziert mit einem Faktor von 10 zur besseren Sichtbarkeit). Die Abbildung zeigt zudem, auf welcher Höhe sich die Sedimente abgelagert haben: im Delta sowie im tiefsten Teil des Stausees infolge der Trübeströme. Der totale Verlust an Stauvolumen seit Inbetriebnahme der Stauanlage beträgt rund 20%.

Die Sedimentablagerungen im Nahbereich der Mauer und der Wasserfassungen sind somit massgebend durch die Trübeströme bestimmt, die vorwiegend bei Hochwasser auftreten.

Der Stausee liegt in einer engen Schlucht, in der die eintretenden Ströme kanalisiert werden und demzufolge hohe Geschwindigkeiten erreichen. Dadurch können bereits abgelagerte Sedimente erneut erodiert und weiter transportiert werden. Die Feinsedimente werden als Trübeströme bis vor die Staumauer transportiert, wo sie reflektiert werden und sich ablagern.

In den Jahren 2002/2003 wurden die Trübeströme gemessen und die Kapazitäten im Stauwurzelbereich bis auf 4800 m³/s geschätzt. In der Nähe der Mauer betrugen sie noch rund 1600 m³/s. Die durch Trübeströme transportierte Sedimentmenge ist infolge der Topographie des Stausees gross.

2.2 Randbedingungen und laufende Projekte zur Sanierung der Dez-Wasserkraftanlage

Bei der Erarbeitung von Massnahmen zur Lösung der Sedimentproblematik bei der Stauanlage Dez mussten verschiedene Randbedingungen berücksichtigt werden:

- Infolge der zentralen Rolle der Wasserkraftanlage Dez in der Frequenzregulierung des gesamten iranischen Stromnetzes darf das Kraftwerk nicht vollständig abgestellt werden.
- Der Wasserspiegel darf dadurch nicht unter 290 m ü.M. abgesenkt werden.
- Die bestehenden Bewässerungsauslässe in der Mauer sind defekt und können nicht mehr geöffnet werden.

Zudem wurde mit drei weiteren Projekten zur Erneuerung der Anlage begonnen, welche beachtet werden müssen:

- Erhöhung der Bogenmauer um rund acht Meter sowie eine Erhöhung des Stauziels auf 360 m ü.M.
- Zweite Wasserkraftanlage mit neuen Wasserfassungen, erhöhtem minimalen Stauziel (311 m ü.M.), neuer Kavernenzentrale sowie mit Nutzung des alten Umleitstollens als Unterwasserstollen.
- Sanierung des bestehenden Kraftwerks.

3. Untersuchte Lösungsansätze

In einer ersten Phase wurden in einer Vorstudie, welche im Jahr 2005 endete, verschiedene Sanierungsprojekte untersucht. Die Studie gliederte sich in sechs Themenkreisen: Stauraumbewirtschaftung, Sedimentationsstudie, Rückhaltestrukturen im Oberwasserbereich, neue Grundablässe, Stabilität der Betonmauer, Instrumentierung der Mauer sowie Erhöhung der Mauer. In der Vorstudie wurden verschiedene Massnahmen gegen die Verlandung untersucht. Dazu gehören Massnahmen im Einzugsgebiet wie Erosionsschutz durch Aufforstungen und Rückhaltedämme, Massnahmen im Stauraum wie Absaugen und Ausbaggern der Sedimente aber auch Massnahmen an der Talsperre wie Spülung der Sedimente durch Auslässe in der Talsperre oder durch neue Grundablassstollen.

In der Vorstudie wurde als Massnahme vorgeschlagen, dass neue Grundablässe zur Sedimentbewirtschaftung erstellt werden, die seitlich an der Talsperre vorbei führten. Dazu sollten der Umleitstollen sowie ein Zugangsstollen aus der Bauzeit der Sperre verwendet werden. Zur Realisierung dieser Variante waren so genannte Seeanstiche (Lake Tap) notwendig. Die Kapazität dieser Grundablässe wurde mit rund 200 m³/s veranschlagt.

4. Projektierung der Spülstollen

4.1 Überprüfung der Vorstudie

Im Mai 2007 wurde die Planungsgemeinschaft aus Mahab Ghodss Consulting Engineers, Teheran, und Pöyry Energy, Zürich, von der Khuzestan Water and Power Authority (KWPA) beauftragt, über eine Machbarkeitsstudie sowie eine anschliessende Detailprojektierung den Lösungsvorschlag aus der Vorstudie mit der Erstellung von neuen Grundablässen zur Baureife zu bringen.

Die Überprüfung des Konzepts zeigte, dass die Benützung des bestehenden Umleitstollens nicht möglich ist, da dieser beim Erweiterungsprojekt der Anlage schon als Unterwasserstollen benutzt wird.

Detailliert untersucht wurde die

vorgeschlagene Baumethode aus der Vorstudie, die einen Seeanstich (Lake Tap) vorsah. Beim Seeanstich wird der Stollen in Richtung See vorgetrieben und bis auf einen Felspfropfen zum See hin komplett fertig gestellt. Mit einer letzten Sprengung wird dann der Stollen in Richtung See durchgebrochen. Der Seeanstich ist eine bewährte Methode und wird vor allem in Norwegen angewendet.

Der Seeanstich hat den Vorteil, dass der Seewasserspiegel nicht abgesenkt werden muss. Eine Voraussetzung für ein erfolgreiches Gelingen ist jedoch eine geeignete Geologie. Beim Dez-Staudamm würde die Anstichstelle aus geometrischen Gründen unterhalb der heutigen Sedimentoberfläche liegen. Eine verlässliche Erkundung der Geologie bei der Ausschlagstelle ist folglich nicht möglich. Ebenfalls ist die Geologie in der Nähe der Staumauer sehr heterogen. Ein Seeanstich ist somit nicht mit akzeptierbarem Restrisiko durchführbar.

In der Vorstudie war eine Spülung der Sedimente geplant. Da der Stausee nicht abgesenkt werden darf, muss die Sedimentspülung bei hohem Wasserspiegel durchgeführt werden, wodurch die Wirkung der Spülung verringert wird. Es kann nur ein begrenzter Trichter vor der Einlauföffnung evakuiert werden, wobei der Trichterwinkel maximal dem Reibungswinkel der abgelagerten Sedimente entspricht. Weiter besteht die Gefahr, dass die abgelagerten Sedimente nachrutschen und die Öffnung verstopfen. Für die Spülung sind zudem grosse Wassermengen notwendig, was hohe Produktionsverluste verursacht. Unterwasserseitig ergeben sich durch die Sedimentspülung hohe Sedimentkonzentrationen. Eine Sedimentspülung kommt aus diesen Gründen nicht in Betracht.

Die vorgesehene Kapazität der Grundablässe in der Vorstudie ist mit ca. 200 m^3/s klein, wenn berücksichtigt wird, dass eine Trübestrommenge von 1600 m^3/s die Staumauer erreichen kann.

Die Überprüfung der Vorstudie ergab somit, dass die Realisierbarkeit und Nachhaltigkeit der vorgeschlagenen Lösung nicht gegeben ist.

4.2 Konzept für eine nachhaltige Lösung des Sedimentationsproblems

Die Bedeutung der Trübeströme im Sedimentationsprozess macht deutlich, dass für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Stauraumes diese kontrolliert werden müssen.

Bei grossen Zuflüssen erreichen über 50% der jährlichen Trübestrom-Sedimente die Staumauer Dez. Werden die Spülstollen während dieser Zeit geöffnet, können beachtliche Sedimentmengen stromförmig den Stausee verlassen bevor sie abgelagert werden.

Als Massnahme wird deshalb vorgeschlagen, die Trübeströme während Hochwasser mit sedimentreichen Abflüssen durchzuleiten. Dies erfordert Ablassorgane mit einer grossen Kapazität, da die Dichteströme bei der Mauer eine Volumen von 1600 m^3/s erreichen.

Die folgende Variante wurde deshalb ausgearbeitet *(Bild 4)*: Die bestehenden Wasserfassungen des Triebwassersystems werden als Fassungen der Spülstollen benutzt, und gleichzeitig werden zwei neue Fassungen, 15 m höher und nördlich der bestehenden, auf selber Kote wie die neu geplanten Fassungen des Kraftwerks II gebaut. Alle vier neuen Fassungen sind dadurch künftig gegen Sedimentablagerungen geschützt. Die Kapazität der neuen Spülstollen soll total rund 1200 m^3/s betragen. Der obere Teil des Dichtestroms mit geringer Sedimentkonzentration kann durch die neuen höher gelegten Triebwasserfassungen geleitet werden.

Eine nachhaltige Bewirtschaftung des Reservoirs und der Wasserkraftanlage kann nur durch konsequentes Ableiten der Dichteströme gesichert werden, wodurch die Erhöhung des Sedimentniveaus in der Nähe der Mauer und der Fassung gestoppt wird.

Eine numerische 3-D-Simulation der Dichteströme einschliesslich des gesamten Stausees und der Spülstollenfassung soll das Verhalten der Trübeströme prognostizieren, so dass die genaue Kapazität und die optimale Zeit für die Öffnung des Stollens bestimmt werden können.

Auch wenn das gewählte Verfahren mit der Durchleitung von Dichteströmen eine natürlichere Sedimentdichte im Unterwasserbereich der Stauanlage zur Folge hat als das Ausspülen bereits abgelagerter Sedimente, muss das Betriebskonzept die mit einer solchen Durchleitung entstehenden Umweltbelastungen im besiedelten und bewirtschafteten Bereich flussabwärts weitest möglich berücksichtigen. Dies bedeutet, dass der Betrieb der neuen Spülstollen so ausgelegt werden muss, dass dieser optimal auf die eintreffenden Dichteströme, die verbleibenden Sedimentationsraten im Talsperrenbereich und die umweltkritischen Einflüsse im Unterstromgebiet Rücksicht nimmt.

5. Stand der Arbeiten

Die Machbarkeitsstudie wurde im Herbst 2009 abgeschlossen. Die Detailprojektierung als Basis für die nachfolgende Ausschreibung der Bauarbeiten beginnt im Sommer 2010 mit der Durchführung der umfassenden 3-D-Modellierung des gesamten Stauraums und der jährlich auftretenden Dichteströme. Der Abschluss der Detailprojektierung ist 2011 vorgesehen.

Danksagung

Für das erfolgreiche Gelingen dieses Projektes und die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Daten sind die Autoren folgenden Institutionen und Personen zum Dank verpflichtet: Der Bauherrin KWPA, Ahvaz, und ihren Vertretern M. Hakami (Verantwortlicher für Planung und Entwicklung) und F. Dadfar (Projektleiter), den Projektpartnern Mahab Ghodss Consulting Engineers, Teheran, sowie Prof. Dr. A. Schleiss, ETH-Lausanne, Schweiz, und seinen Mitarbeitern für die Durchführung der Simulationen von Dichteströmen.

Anschrift der Verfasser

Dr. *Thomas Dietler,* Dipl. Geologe ETH-Zürich
Pöyry Energy AG, Hardturmstrasse 161
CH-8037 Zürich, thomas.dietler@poyry.com

Barbara Schlegel, Dipl. Bauingenieurin ETH-Zürich, Pöyry Energy AG, Hardturmstrasse 161
CH-8037 Zürich, barbara.schlegel@poyry.com

Xeloba
Der Individualität verpflichtet

Die **AEK Gruppe (www.aek.ch)** ist eine starke, in der Region Solothurn verankerte Energieversorgerin mit breit diversifiziertem Angebot. Der Geschäftsbereich Contracting ist führend in der Planung und Realisierung von modernsten, kombinierten und auf erneuerbaren Energiequellen basierenden Energie-Contracting-Anlagen. Dank ausgewiesener Kompetenz ist die AEK zu einem Key Player aufgestiegen und verfügt als einzige Schweizer Energieversorgerin über das Zertifikat für Klimaschutz, welches zur Befreiung von der CO_2-Abgabe berechtigt. Zur Verstärkung des Teams suchen wir eine/n

AEK
AEK Energie AG

Projektleiter/in Contracting

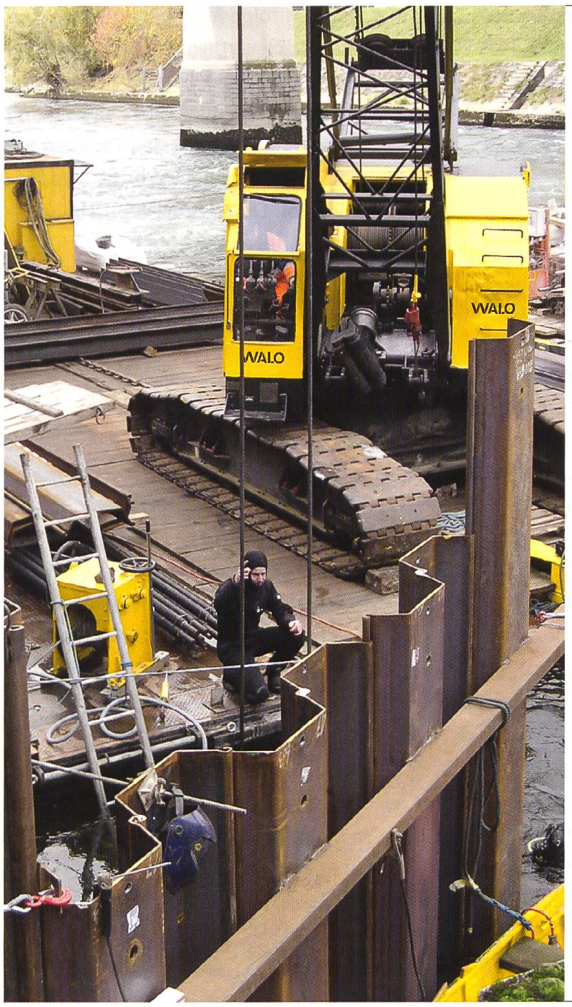
Planung und Realisierung von Grossenergiesystemen

Ihr Verantwortungsbereich: Für die Contracting-Kunden aus Industrie, Gewerbe und öffentlicher Hand realisieren Sie kombinierte Grossenergieanlagen (>500 kW). Die oft komplexen Projekte begleiten bzw. führen Sie von der Unterstützung des Akquisitionsprozesses bis zur Fertigstellung. Im Verkaufssupport werden Sie, in enger Zusammenarbeit mit den Kunden, Ihre konzeptionellen Stärken in Machbarkeitsstudien und Vorprojekte einbringen. In der Projektrealisierung werden Sie für die Generalplaner und ausführenden Unternehmen konsequente/r Sparringpartner/in bezüglich der Qualitäts-, Kosten- und Terminziele sein.

Ihr Profil: Sie sind eine motivierte, selbstständige Persönlichkeit mit unternehmerischem Denken und Handeln sowie einem gesunden Flair für neue Technologien. Dank Ihrer Beharrlichkeit und Ihrem Teamgeist bringen Sie Dynamik in die Ihnen anvertrauten Projekte. Nach Ihrer Ausbildung zum/zur Heizungs-, Kälte- oder Sanitärplaner/in haben Sie sich zum/zur Ingenieur/in FH (zum Beispiel Maschinenbau, Verfahrenstechnik oder Gebäudetechnik) weitergebildet. Ihre mehrjährige Projektleitungserfahrung kombinieren Sie mit vertieften Kenntnissen aus den Bereichen alternative Energiesysteme und Verbundanlagen Wärme/Kälte bzw. Dampf/Heisswasser.

Unser Angebot: Eine auf Werte bauende Unternehmung, die sich bewusst und mit Überzeugung einer Zukunft mit hoher Energieeffizienz und grösstmöglicher Reduktion des CO_2-Ausstosses verpflichtet hat. Die AEK Gruppe und das motivierte, kollegiale Contracting-Team haben sich ambitiöse Ziele gesetzt – sie freuen sich darauf, diese mit Ihnen zu übertreffen. Geeigneten Persönlichkeiten bieten sich interessante berufliche Perspektiven wie auch entsprechende Weiterbildungsangebote. Fortschrittliche Anstellungsbedingungen entschädigen Sie für Einsatz und Leistung. Arbeitsort: Stadt Solothurn.

Bitte senden Sie Ihre Bewerbung mit dem Vermerk 11.10140 an **Xeloba, Postfach 302, 3000 Bern 14** oder per E-Mail an **bewerbungen@xeloba.ch**. Gerne geben wir Ihnen weitere Informationen unter 031 839 04 04. Sie finden uns auch unter www.xeloba.ch. Wir sichern Ihnen absolute Diskretion zu.



Zuhause im nassen Element: WALO-Wasserbau

Wasserbau ist eine komplizierte Teamarbeit. Deshalb setzen Sie für Arbeiten auf und unter Wasser mit Vorteil auf eine erfahrene Gruppe spezialisierter Profis wie das WALO-Wasserbau-Team. Eisiger Stausee? Turbinen vor Flusskraftwerken oder schlechte Sicht? WALO begleitet Ihr Projekt mit der richtigen Ausrüstung, vom Seilbagger über Pontons bis zum Schleppschiff. Gut zu wissen: Alle Prozesse sind nach ISO 9001 zertifiziert. Das bedeutet Qualität zugunsten von Kunden, Mitarbeitern, Partnern und späteren Benutzern.

Walo Bertschinger AG
Leimgrubenweg 6
CH-4023 Basel
Telefon +41 61 335 92 92
Telefax +41 61 335 92 90
wasserbau@walo.ch
www.walo.ch

WALO
Walo Bertschinger