



Foto: Gauff Engineering

Als neues bauliches Wahrzeichen im südlichen Afrika steht nach vierjähriger Bauzeit die 3'041 m lange Brücke von Maputo in Mozambik mit einer Hängekonstruktion im Mittelfeld und beidseitigen Vorlandbrücken vor der Verkehrsübergabe.

Hightech für Hängebrücke

Bauüberwachung und Qualitätssicherung beim Neubau der 3 km langen Maputo-Brücke in Mosambik. Das Hauptfeld hat eine Spannweite von 680 m.

CURT M. MAYER

Mit der plangemässen Fertigstellung und der Verkehrsübergabe der Brücke für das „Maputo Bridge and Link Roads Project“ im Laufe dieses Jahres kann ein imposantes Bauwerk als Beispiel internationaler Zusammenarbeit abgeschlossen werden. Sie ist das Schlüsselbauwerk, um die Stadt Maputo mit der anschliessenden 170 km langen neuen Strasse Richtung der Republik Südafrika zu verbinden. In dem südostafrikanischen Land Mosambik ist im Auftrag der staatlichen Entwicklungsbehörde Maputo Sul nach einem Projekt der chinesischen Planungs- und

328

TAUSEND Kubikmeter Beton sind für Pfeiler und Brückenüberbau eingebracht worden.

Baufirma China Road and Bridge Corporation (CRBC) in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Engineering-Unternehmen Gauff für die statische Bauüberwachung ein repräsentatives und völkerverbindendes Werk vollendet worden, das der wirtschaftlichen Entwicklung der ganzen Region zugute kommt. Anlässlich unseres Augenscheins auf der Baustelle Anfang Januar waren die Hauptbauarbeiten abgeschlossen. Bei der Mittelspannweite waren an den Hauptkabeln Korrosionsschutzarbeiten im Gange, der Brückenhohlkasten aus Stahlbauelementen geschlossen, die beidseitigen Vorlandbrücken im Rohbau fertiggestellt und für den Einbau der Fahrbahn vorbereitet.

Neues Wahrzeichen im südlichen Afrika

Die Brückenkonstruktion überquert die Meeresbucht und die Einfahrt des internationalen Hafens von Maputo. Nach ihrer Fertigstellung wird das insgesamt 3'041 m lange Stahl/Betonbauwerk zur längsten Hängebrücke des afrikanischen Kontinents. Die Gesamtbrücke ist in unterschiedlichen Bauverfahren errichtet worden und setzt sich aus beidseitigen Vorlandviadukten von 1'230 m bzw. 1'093 m Länge und einem 680 m weiten Mittelfeld mit einer freien Durchfahrtshöhe von 60 m zusammen.

Die ersten vorbereitenden Baumassnahmen begannen Mitte 2014, die Bauausführung war ursprünglich auf eine Zeitdauer von 39 Monaten angesetzt und kann im Laufe dieses Jahres abgeschlossen werden. Die auf 726 Mio. US-Dollar veranschlagten Projektkosten werden fast ausschliesslich über Kredite der chinesischen Exim-Bank finanziert.

Ästhetisches Bauwerk-Design

Der zweispurige Brückenzug überquert die Bucht im 680 m frei gespanntem Mittelfeld in 60 m Höhe. Die Hängebrücke wird über die beiden am Ufer stehenden Pylonen von 141 m Höhe abgespannt. Die Vorlandbrücke auf der südlichen Seite ist 1'230 m lang und besteht aus vorgespannten Betonfertigteilen von 30 m und 45 m Länge. Auf der Nordseite ist die Rampenbrücke infolge der schwierigen Topografie als geneigte und gekrümmte Freivorbaukonstruktion erstellt worden. Ihre Gesamtlänge zusammen mit der anschliessenden Übergangsbrücke zu den Rampen im Norden beträgt 1'093 m, wie von Gauff Engineering erläutert wird.

Die massiven Stahlbetonkonstruktionen der Ankerblöcke liegen in bis zu 37,50 m tiefen Schlitzwandschächten mit 50 m Durchmesser. Die hohen Bauwerklasten erfordern Pfahlgründungen mit 1,50 m bzw. 2,00 m Durchmesser für die Vorlandbrücken sowie von 2,20 m für die beiden Pylone. Insgesamt wurden 331 Pfähle bis 110 m tief in den

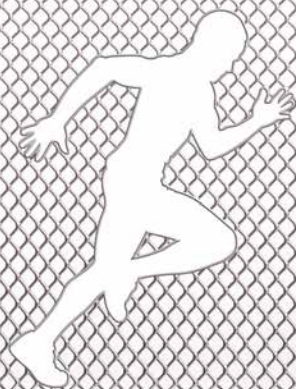


Foto: Gauff Engineering

Die Hafeneinfahrt wird durch eine klassische Hängebrücke mit 680 m Spannweite und 1'224 m Länge zwischen den Ankerblöcken überquert.



// ONE BRAND // ONE SOURCE // ONE SYSTEM



// SERVICE // MATERIAL PROCESSING // SURFACE PROTECTION // AUTOMOTIVE

SIEBELÄGE EXAKT AUF SIE ABGESTIMMT: JEDE LOCHFORM, JEDE LOCHGRÖSSE, JEDES SYSTEM.

Durch die Herstellung nahezu aller Siebssysteme sind wir in der Lage, für jede Siebmaschine die geeigneten Siebeläge zu liefern, ohne dass ein Umbau notwendig ist. Ob Gummisieb, Kunststoffsieb, Drahtsieb, gelochte Bleche oder Sortierzylinder, wir liefern Ihnen eine Lösung, die exakt Ihren Anforderungen entspricht. Eine Besonderheit aus dem Hause REMA TIP TOP ist die Herstellung von gestanzten Industriesiebelägen aus elastischen Werkstoffen wie Gummi und Polyurethan, welche für die meisten verfahrenstechnischen Anwendungen vorteilhaft sind. Holen Sie sich, was zu Ihnen passt. Ohne Kompromisse. → www.rema-tiptop.ch



Beton

Untergrund aus Tonstein abgeteuf. Deren Tragfähigkeit unter Gebrauchslast reicht bis 15 MN.

Konstruktive Details der Betonpylone

Die beide ins Auge springenden A-förmigen Pylone der Hängebrücke sind 141 m hoch, in ihren Aussenabmessungen konstant ausgebildet und weisen eine Querneigung nach innen gerichtet von 3,7% auf. Sie haben einen Querschnitt von 8 x 5 m, ihre Wandstärke beträgt 1 m, die als Verstärkung im Bereich der Querverbindungen auf 1,40 m aufgeweitet ist. Der Südpylon ist die einzige Stütze, die offshore im Wasser errichtet worden ist, wozu zur Ausführung der Pfahlkopfplatte eine Einspundung erforderlich war. Als Schalung wurde eine hydraulische Kletterschalung mit vier Haupt- und zwei Zwischenebenen eingesetzt. Die Ausführung erfolgte in 23 einzelnen Betonierabschnitten mit einer Regelhöhe von 6,00 m.

Für den Querträger in 50,0 m Höhe sind der Boden sowie die Wände in einem Guss betoniert worden, worauf nach zwei Wochen die Decke in einer Etappe folgte. In einer Höhe von 126,00 m ist der obere Querträger baugleich wie der untere betoniert worden. Die Pylonenspitzen tragen die 15 t schweren Sättel für die Umlenkung der Tragkabel.

Tragkabel und Hängeseile

Die beiden Haupttragkabel haben eine Gesamtlänge von 2'850 m und einen Durchmesser von 455 mm und bestehen aus 91 Litzen, die je aus 91 Drähten von 5 mm gebildet werden. Die Tragkabel sind in die beidseitigen Ankerblöcke abgespannt und weisen in Brückenmitte einen Durchhang von 68 m auf. Sie sind mit einem speziellen Korrosionsschutz versehen, mit Polyethylen ummantelt und einge-



Die Hängeseile werden an beiden Ufern in massive Schwergewichts-Ankerblöcke abgespannt. Darüber verlaufen die im Freivorbau bzw. aus Fertigteilträgern erstellten Vorfelddbrücken von 1'093 und 1'230 m Länge.

23

BETONIERETAPPEN waren für die 141 m hohen Pylone erforderlich.



Foto: Curt M. Mayer

Bausituation vom Januar mit den über die Pfeilersättel auf den Pylonen fertig gespannten Hängeseilen von 2'850 m Länge, bestehend aus 91 Litzen à je 91 Drähten von 5 mm.

schnürt. An den Tragkabeln sind im Abstand von 12 m Hängeseile angebracht, die aus je 127 Drähten mit 5 mm Durchmesser bestehen und durch eine PE-Ummantelung geschützt sind. Daran aufgehängt ist der Brückenträger für die Fahrbahn, bestehend aus 55 je 25,6 m breiten, 12,0 m langen und 3,0 m dicken vorgefertigten Stahlkastenelementen. Diese sind in China vorgefertigt und per Schiff direkt zur Einbaustelle transportiert, hochgezogen, positioniert und verschweisst worden.

Schwergewichts-Ankerblöcke

Die einzelnen Stränge der Hauptkabel werden über Stahlträger in einem massiven Betonblock oben auf den Verankerungsbauwerken verankert. Die beiden Blöcke sind – abgesehen von den unterschiedlichen Gründungstiefen – baugleich, weisen einen Durchmesser von 50,0 m auf und sind 170'000 t schwer. Im Norden war eine Tiefe von 15,0 m und im Süden, bedingt durch die wesentlich schlechtere Baugrundbeschaffenheit, eine Tiefe von 36,0 m erforderlich. Die in 3,0 m hohe Abschnitte unterteilte Innenschale auf der Schlitzwand ist mittels einer Stahlschalung ausgeführt worden. Nach Fertigstellung der 6,0 m starken Fundamentplatte wurden der Verankerungsschacht mit 2,0 m starken Wänden in Quer- und Längsrichtung ausgesteift. 12 der dadurch entstandenen 24 Waben wurden mit Beton bzw. Sand verfüllt, wobei die verbleibenden 12 mit Stahlbetonfertigteildecken verschlossen wurden. Diese dienten dann als Schalung für die abschliessende bis zu 8,0 m starke Kopfplatte des Ankerblocks. Für das Füllen der Hohlräume der Ankerblöcke wurde untersucht,

Foto: Curt M. Mayer



Foto: Gauff Engineering

Die hohen Lasten des Bauwerks erfordern für die total 51 Stützen Gründungen aus 331 Pfählen mit Durchmessern von 1,50 m bis 2,20 m.

ob der Sand durch Sättigung mit Wasser und einem anschließenden „Sacken-lassen“ schneller verdichtet werden kann.

Konzeption der Brückenpfeiler

Der rund 3 km lange Brückenzug wird durch 51 Stützen getragen, für die insgesamt 331 Gründungspfähle gesetzt werden mussten. Die einzelnen Betonierabschnitte waren bei diesen Stützen in der Regel 4,50 m bis zu 7,50 m lang. Auf der Südseite konnten die Stützen hinter den Widerlagern bis zu einer Länge von 14,00 m mit einem Durchmesser von 1,50 m rund ausgebildet werden. Im Nordteil wurden die eckigen Pfeiler aus zwei Wandscheiben erstellt, die in Brückenlängsrichtung in direktem Verbund mit dem Überbau standen, um die erforderliche temporäre Verankerung während der Bauphasen zu gewährleisten. Die Pfeilerabmessung beträgt 9,00 m Breite mit einer Aufweitung zum oberen Stützenende auf 12,50 m und 1,8 m Wandstärke. Die einzelnen Betonieretappen sind durch eine Kletterschalung mit zwei Arbeitsebenen und einem Hängegerüst geschalt worden. Insgesamt waren bis zu elf Abschnitte erforderlich, um die maximale Gesamthöhe von 45,00 m zu erreichen.

Die höchste Stütze von 54,50 m mit Hohlquerschnitt ist in 14 Betonierabschnitten ausgeführt worden. Bedingt durch die Baumethode und das statische System mussten sie besonders während der Bauphasen einen Verformungswiderstand aufweisen. Daher wurden diese in den Abmessungen auf eine Länge von 9,60 m und eine Breite von 5,00 m vergrößert. Die Wandstärke beträgt 0,70 m, und

zusätzlich war eine 0,50 m starke horizontale Queraussteifung in halber Höhe erforderlich.

Vorlandbrücken Nord und Süd

Die nördliche Vorlandbrücke mit 1'093 m Länge beschreibt im Grundriss eine geneigte S-Form. Sie setzt sich aus einem Freivorbauabschnitt über sieben Felder von total 853 m und einem Segment aus Betonfertigteilen über acht Felder mit total 240 m Länge zusammen. Die ersten acht Spannweiten der Brücke an der Auffahrt von der Stadt her sind mit vorgespannten Fertigteilträgern von je 30 m und 45 m Länge ausgeführt worden. Die anschließende Konstruktion über acht Felder ist nach der Methode des Freivorbau abgewickelt worden. Die Stützenabstände betragen 6 x 119 m und in den zwei Randfeldern 64 und 75 m.

Die südliche Vorlandbrücke hat eine Länge von 1'230 m. Aufgrund der hier geringeren Besiedelung konnten die Stützen in Abständen von 45 m bzw. 30 m angeordnet werden. Die Ausführung erfolgte aus vorgespannten Fertigteilträgern. Insgesamt ▶



HEPU PUMPEN UND MASCHINEN GMBH

SERVICE	<h2 style="color: red; margin: 0;">HORIZONTALPUMPE HEPUS</h2>
KONSTRUKTION	
FERTIGUNG	



HEPU PUMPEN UND MASCHINEN GMBH
 Hohewardstrasse 353 | D-45699 Herten
 Tel.: +49 23 66/360 57-59 | Fax: +49 23 66/8 79 19
 info@hepu-pumpen.de | www.hepu-pumpen.de

HEPU-Kundendienstzentrale Schweiz:
MACOTIS AG
 Berninastraße 21 | CH-7504 Pontresina
 Phone: +41(0)79 355 48 78 | www.macotis.ch

Technische Fakten

Brücken-Gesamtlänge	3'041 m
Vorlandbrücke Nord.....	1'093 m
Vorlandbrücke Süd.....	1'230 m
Hängebrücke Länge	1'224 m
Spannweite.....	680 m
Pylonhöhe	141 m
Fahrbahnbreite	25,6 m
Brückenpfeiler	55
Gründungspfähle	331
Durchmesser.....	1,5 - 2,2 m
Längen max.....	110 m
Ankerblöcke Nord und Süd je	170'000 t
Betongesamtvolumen	330'000 m ³
Stahlgewicht	8'000 t



setzt sich die Südbrücke aus 12 Trägern von 45,0 m und 23 mit 30,0 m Länge zusammen.

Freivorbau im „Waagenbalkenprinzip“

Der Freivorbau der nördlichen Vorlandbrücke musste sowohl gekrümmt als auch geneigt ausgeführt werden. Dadurch zählt sie mit zu den schwierigsten Konstruktionen weltweit, wie es im Projektbericht von Gauff heisst. Die erste Spannweite beträgt 64,00 m und wird gefolgt von sechs Abschnitten mit 119,00 m und schliesslich mit dem 75,00 m langen Verbindungsstück als Anschluss an den Nordpylon bzw. Übergang zur Hängebrücke aus Stahl.

Um während der Bauphase sowie auch nach Vollendung der Brücke möglichst wenig Berührungspunkte zur Geländeoberfläche zu schaffen, wurde die folgende Baumethode gewählt: Nach Fertigstellung der Stützen ist das erste Segment des Überbaus symmetrisch auf der Stütze ausgeführt worden. Dieses kragte in Längsrichtung aus, um anschliessend auf beiden Seiten den Freivorbauwagen montieren zu können. Nachfolgend sind symmetrisch die einzelnen Bausegmente mit einer Länge von bis zu 4,00 m anbetoniert worden. Damit hielt sich die Konstruktion selbst die Waage („Waagenbalkenprinzip“). Nachdem die Vorspannarbeiten abgeschlossen waren, wurde die Schalung gelöst und in die nächste Position verschoben. Dieser Vorgang wurde sooft wiederholt, bis sich die Überbauten zweier benachbarter Stützen in der Mitte trafen und durch das Schliesssegment miteinander verbunden werden konnten.

Feldfabrik für Fertigteilträger

Die vorgespannten T-förmigen Stahlbeton-Fertigteilträger sind für die Rampenbrücke Nord in einer



A-förmige Stiele

Am Ufer der Bucht von Maputo sind die beiden 141 m hohen Betonpylone für die Hängebrücke errichtet worden. Die A-förmigen Stiele mit Querschnitt 5 x 8 m weisen in 50 m Höhe und an der Spitze Querriegel auf.

eigens dafür errichteten Feldfabrik im Baustellenbereich hergestellt worden. Die dafür eingesetzten Stahlschalungen sind aus China angeliefert worden. Die 30,00 m langen Träger haben eine Höhe von 2,00 m und eine Breite von 1,60 m, die 45,00 m langen Träger sind 3,00 m hoch. Um die auftretenden Torsionskräfte aufnehmen zu können, wurden quer zur Fahrtrichtung fünf bzw. sieben Querwände eingebaut.

Betonkonzept und Mischanlage

Die Herstellung und Anlieferung des für dieses Bauwerk erforderlichen enormen Betonvolumens war infolge des durchgehenden Baubetriebs während 24 Stunden an 7 Tagen pro Woche kontinuierlich zu gewährleisten. Für die Aufbereitung der bis Ende 2017 verbauten rund 328'000 m³ Beton stehen zwei computergesteuerte Mischanlagen im Einsatz. Diese befinden sich auf der Nord- bzw. Südseite der Bucht von Maputo etwa 3 km von der Baustelle entfernt. Die Produktionsleistung liegt bei je rund 120 m³ pro Stunde. Die eingesetzten Transportbetonmischfahrzeuge für die Belieferung der Baustellen haben eine Kapazität von 10 m³.

Hochstehende Betontechnologie

Die Anlagen sind für die Zuschlagstoffe, Sand, Wasser, Zement, Flugasche und Additive unabhängig voneinander kalibriert worden, bevor die Betonproduktion aufgenommen worden ist. Zudem sind Probemischungen hergestellt und diese verifiziert worden, damit die Mischanteile des Betons den Laborwerten entsprachen. Der Beton wurde sowohl vom Berater des Bauherren (COWI) als auch von Gauff Engineering unabhängig und separat voneinander abgenommen. Die Betonüberwachung erfolgte

Foto: Curt M. Mayer



Die Brückenbaustelle ist durch die Zementfabrik von Mozambik mit Zement der Qualität CEM II 42.5 A-LN beliefert worden. Diesem wurde für die Produktion der verbauten 328'000 t Beton extensiv Flugasche beigemischt.

Foto: Gauff Engineering

Erhärtungsvorgang. Für den ausgehärteten Beton haben sich eine massive Senkung der CO₂-Emissionen, eine beachtliche Festigkeitentwicklung mit zunehmendem Betonalter und eine Verringerung der Herstellungskosten ergeben.

Für die Betonqualität dieses Bauwerks sind CRBC und Gauff Engineering im Fulton-Award, der höchsten Auszeichnung der Bauindustrie in den Subsahara-Staaten, für 2017 mit einer lobenden Erwähnung bedacht worden. Wie es dazu im Jurybericht heisst, vereint das Brückenbauwerk Beton von höchster Qualität für die Pylonen und die Schwergewichtsverankerungsbauwerke. Zudem sind für die beiden Vorlandbrücken unterschiedliche Baumethoden wie Freivorbau und mit vorgefertigten und vorgespannten Trägern erfolgreich angewendet worden. Ausdrücklich wird von der Fulton-Jury der Qualität der Betonarbeiten für Pfeiler und vorgefertigte Bauelemente gewürdigt. Zeitgleich hat die Universität von Kapstadt im Rahmen einer Untersuchung zur Dauerhaftigkeit dem Beton der Maputo-Brücke eine höchste Bewertung erteilt. ■

nach chinesischen und europäischen Normen, die gemeinsam zusammengelegt wurden, um einen hochwertigen Beton gewährleisten zu können.

Als Betonzuschlagstoffe sind Rhyolite, bestehend aus Quarz und Feldspat, aus drei nahegelegenen Steinbrüchen angeliefert und beigemischt worden. In ausführlichen Untersuchungen ist die Alkali-Silikat-Reaktion getestet worden. Dabei wurde festgestellt, dass durch die Beimischung von Flugasche AAR reduziert werden kann. Die chemischen Betonzusatzmittel in Form von Superplasticizer wurden direkt aus China angeliefert. Für einige Gründungspfähle wurde selbstverdichtender Unterwasser-Beton eingebracht.


Nachhaltige Betonqualitäten

Für den Bau dieser Brücke ist der Zement CEM II 42.5 A-LN vom einheimischen Unternehmen Cimentos de Mosambik aus einem neuen Werk in der Nähe von Maputo angeliefert worden. Dabei handelt es sich um einen Portland-Kalkstein-Zement, der zwischen 80 bis 94% Klinker und zwischen 6 bis 20% Kalkstein enthält. Er hat die Fähigkeit, Zementfestigkeiten zwischen 42,5 MPa und 62,5 MPa zu erreichen.

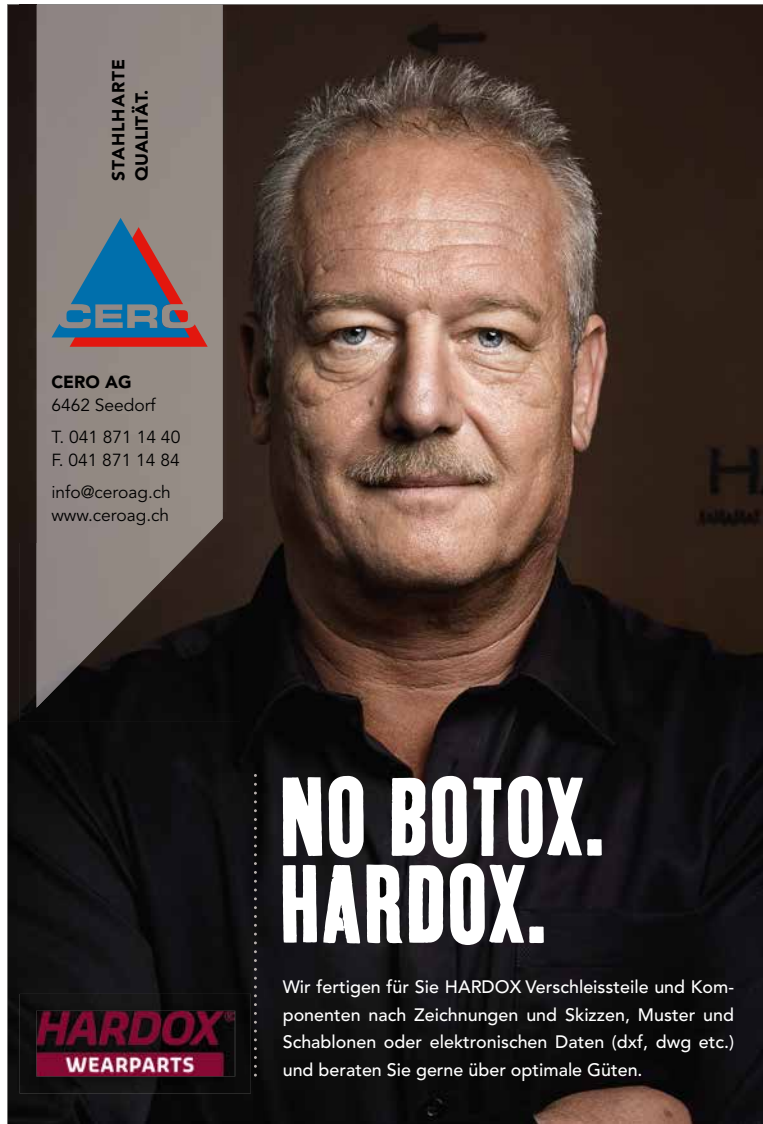
Um die puzzolanische Aktivität mit dem Zement zu aktivieren und zu verbessern, wurde Flugasche eingesetzt. Es sind zwei verschiedene Produkte von Herstellern aus Südafrika verwendet worden.

Der Vorteil der Zugabe von 25 bis 40% Flugasche bei diesem Megaprojekt als Ersatz bzw. Ausgleich für den Zement liegt in einer erheblichen Verbesserung der Verarbeitbarkeit, und es reduziert auch den Wasserbedarf bei einem geforderten Ausbreitmass. Im Anwendungsbericht erwähnt wird dazu auch eine Verzögerung der Einstellzeit für den

STAHLHARTE QUALITÄT.



CERO AG
6462 Seedorf
T. 041 871 14 40
F. 041 871 14 84
info@ceroag.ch
www.ceroag.ch



NO BOTOX. HARDOX.

Wir fertigen für Sie HARDOX Verschleisssteile und Komponenten nach Zeichnungen und Skizzen, Muster und Schablonen oder elektronischen Daten (dxf, dwg etc.) und beraten Sie gerne über optimale Güten.

