

*Hydraulische Systemintegration von Enerpac für das Millau-Viadukt*  
**Das Anheben der temporären Stütztürme von Millau**



Das Millau-Viadukt nimmt langsam Gestalt an: Nach Fertigstellung der Betonpfeiler im Januar 2004 hat die Brücke bereits 1100 Meter der gesamten 2460 Meter Spannweite erreicht.

Die Fahrbahn der höchsten Brücke der Welt wird über eine Distanz von 2460 Metern über das Tarn-Tal im Süden Frankreichs vorgeschoben. Es ist unmöglich, die Fahrbahn ohne dazwischenliegende Stütztürme von einem Pfeiler zum anderen zu bewegen. Auf halbem Wege zwischen den einzelnen Betonpfeilern bieten diese Stütztürme der Brücke eine vorübergehende Auflagefläche. Diese riesigen Stahlkäfige werden mit Hilfe hydraulischer Teleskop-Hebesysteme von Enerpac Meter für Meter vom Boden gehievt - für den höchsten der temporären Stütztürme bis auf 163,7 Meter Höhe - damit immer wieder neue Segmente eingesetzt werden können, bis der Turm seine endgültige Höhe erreicht.



**Errichten temporärer Türme, welche den Vorschub der 36.000 Tonnen schweren Fahrbahn aus Stahl stützen**

Das Millau-Viadukt wird das Tarn-Tal in maximal 245 Höhenmetern überspannen, mit 204 Metern Spannweite zwischen den Widerlagern und dem ersten und letzten Betonpfeiler und 342 Metern zwischen den verbleibenden fünf Betonpfeilern von 77 bis 245 Metern Höhe. Aufgrund der enormen Spannweite müssen insgesamt sieben temporäre Zwischenpfeiler aus Stahl errichtet werden, um die Brücke während des Vorschubs zu stützen.

*Das hydraulische Teleskopsystem im Einsatz – die temporären Millau-Zwischenpfeiler werden um weitere 1000 mm angehoben.*



*Zwischen den Betonpfeilern des Millau-Viadukts wurden riesige rote Stahltürme als temporäre*

Stützpfeiler errichtet. Diese Stahltürme werden mit Hydrauliksystemen von Enerpac angehoben und dienen während des Vorschubs für die 36.000 Tonnen schwere Fahrbahn aus Stahl als zusätzliche Auflagefläche.



An allen Betonpfeilern und temporären Stützpfeilern aus Stahl werden hydraulische Vorschubsysteme von Enerpac installiert, welche die Fahrbahn des Millau-Viadukts weiter bewegen.

Die beiden temporären Türme, die sich neben den beiden Widerlagern befinden, werden mit Hilfe von Kränen errichtet, da sie nur 12 m bzw. 20 m hoch sind. Die fünf anderen temporären Stütztürme mit 7,5 m bis 163,7 m Höhe werden mittels hydraulischem Stufenhebesystem errichtet. Diese Hydrauliktechnik wurde vom Spezialisten Enerpac entwickelt. Sobald ein Pfeiler errichtet ist, wird die Anlage – einschließlich des Hydrauliksystems – demontiert und an eine andere Stelle befördert, um den folgenden temporären Stützturm zu installieren.



Die temporären Stütztürme T7 und T6 mit dazwischen dem Betonpfeiler P7. Im unteren Bereich des Turms T7 ist die Kubusstruktur mit dem hydraulischen Pfeiler-Hebesystem zu erkennen. Mit Hilfe des Krans werden neue Pfeilersegmente eingefügt. Das Rückholssystem für die Millau-Brückenspitze im vorderen Bereich nähert sich dem temporären Turm und kompensiert im Verlauf des Brückenvorschubs eventuelle Höhenabweichungen.

Das Teleskopsystem besteht aus zwei Teilen:

1. Zu erwähnen ist zunächst die Kubusstruktur mit 12 m großen Bodenplatten. Diese beinhaltet das gesamte System, ausgestattet mit 'Zahnstangen', wobei an den Scheitelpunkten eine Meter-Skala vorhanden ist.
2. Zweitens besteht der Hubmechanismus aus dem Hydraulikzylinder und dem hydraulischen Steuersystem. Die Hydraulikzylinder sind an den vier Scheitelpunkten des Kubus installiert und an Stützen verankert, die mit der Zahnstange verbunden sind und aufgrund des sukzessiven Einschubs von Sperr-Hemmschuhen in die Zahnstange die vertikale Verschiebung der Pfeilerstrukturen wie auch der Hydraulikmaschinen nach Maßgabe der jeweiligen Maschinenstruktur ermöglichen.



*Nahaufnahme des temporären Stützpfilers T6 des Millau-Viadukts mit den beiden Teilen des Teleskopsystems.*

Hubstufen von 1000 mm

Das Funktionsprinzip ist einfach; die Stützen für die Zylinder sind über Hemmschuhe in der Zahnstange verankert, während die Struktur der Pfeiler frei ist. Das Bedienungspersonal verwendet Steuerelemente mit einer umfassenden Software, die alle nur möglichen Sicherheitsoptionen bietet. Diese beginnen mit dem Verpumpen des Öls zu den Zylindern und schieben damit die Plungerkolben hoch, die wiederum gegen die Struktur der Pfeiler angedrückt werden. Somit heben die Zylinder die Pfeilerstruktur bis zur nächsten Zahnstangenperforation an. Der Zylinderhub beträgt 1100 mm und die 'Zahnstange' ist alle 1000 mm eingekerbt, und zwar so, dass insgesamt 100 mm zur Kompensierung möglicherweise eintretender unvorhergesehener Umstände verfügbar sind. Jeder Hydraulikzylinder besitzt seine eigene Steuerung mit der

Option einer sofortigen Sperre; hinzu kommen Sensoren aller Art, um unvorhergesehene Bedingungen, die eine Nachstellung beim Anheben der Pfeilerstruktur erfordern, sofort erkennen zu können (Wind, Temperatur, etc.). Dabei wird jeder einzelne Zylinder unabhängig angehoben.



*Nahaufnahme einer der vier Seiten der Kubusstruktur mit den "Zahnstangen" und dem integrierten Hydrauliksystem von Enerpac mit Zylinder, Pumpe und PLC-Steuerungseinheit zum Anheben der temporären Zwischenstützen.*

Sobald es seine Funktion erfüllt hat und da es jetzt weniger wiegt, wird das Hydrauliksystem mit einem Kran ganz bis unten abgesenkt; sobald es den Boden erreicht hat, wird ein zweites Pfeilerelement darauf befestigt und man fährt in der gleichen Weise fort, bis der gesamte temporäre Pfeiler fertiggestellt ist. Daraufhin kann der Brückenüberbau über den neuen Pfeiler geschoben werden.



*Die zentrale PLC-Fernsteuerung von einem temporären Pfeiler, an welche alle vier hydraulischen Hebesysteme an den Ecken der Kubusstrukturen angeschlossen sind.*

Prozeßsteuerung

Dieser Hubvorgang erfordert eine sehr präzise Steuerung. Daher sind die Hydraulikzylinder mit einem internen Positionsgeber ausgestattet. In ähnlicher Weise sind auch die Druckleitungen mit Druckgebern versehen, die ausnahmslos zum Schutz vor schlechtem Wetter, Schmutz, Feuchtigkeit usw. intern eingebaut sind.

Alle Informationen laufen an einem Steuerpult zusammen, das über einen PLC die Daten verarbeitet und entsprechende Befehle an die Elektroventile sendet. Somit werden die Zylinder über ein etabliertes Programm angehoben.

Dank des Steuerpults ist das Bedienungspersonal jederzeit über die Höhe und Position der einzelnen Zylinder unterrichtet und kann bei Bedarf die weitere Bewegung stoppen, wenn gewisse Systemvariablen die vorgegebenen Grenzwerte überschreiten.

Ebenfalls vorhanden sind Monitore zur Überwachung von Ölpegel und Temperatur sowie Alarmvorrichtungen, die bei unvorhergesehenen Umständen (Druckabfall, Kabelriß usw.) den Vorschub stoppen.

#### Technische Spezifikationen

Zum Hydraulikteil der Maschine gehören vier Zylinder, jeder mit einer eigenen Pumpe, die zentralisiert an ein zentrales Steuerpult angeschlossen sind. Jede Baugruppe besitzt eine Schubkapazität von 511 Tonnen, was somit insgesamt eine maximale Schubkapazität von 2044 Tonnen ergibt. Bei normalen Betriebszyklen sollte ein Sollwert von 420 Tonnen normalerweise nicht überschritten werden. Somit ist diese Baugruppe mit einem erheblichen Sicherheitsspielraum konzipiert worden. Der Solldruck beträgt 700 Bar und der Zylinderhub ist, wie erwähnt, 1100 mm. Eine Überlast von 675 Tonnen ist bei ausgefahrenem Plungerkolben zulässig; bei eingefahrenem Plungerkolben gilt entsprechend ein Wert von 1500 Tonnen.

Das gesamte Steuersystem (mit der Verkabelung, dem Steuerpult, den visuellen Displays usw.) ist gegen Außeneinflüsse und elektromagnetische Störungen sowie vor Unfällen und möglichen Stößen bei der Installation und auch während des Betriebs geschützt.

#### Der Millau-Fortschritt

Mit dem Bau der höchsten Brücke der Welt wurde im Oktober 2001 begonnen. Die Arbeiten nehmen ungefähr 39 Monate in Anspruch und sollen im Januar 2005 abgeschlossen sein. Im Januar 2004 wurden sechs temporäre Zwischenpfeiler fertig gestellt und der höchste wird derzeit errichtet.