



Schwingungsuntersuchung an abgespannten Masten

Der weltverbreitete Einsatz abgespannter Masten in der Antennentechnik stellt im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit eine optimale Lösung dar: mit kleinen Tragwerksge-
wichten werden große Höhen erreicht. Da diese Bauwerke nicht nur statisch, sondern
auch dynamisch beansprucht werden, ist für deren Auslegung ein Höchstmaß an
Kenntnissen erforderlich. Besondere Schwierigkeiten bereiten hierbei die elastischen
Abspannungen der Masten mit Seilen, da deren dynamisches und/oder statisches
Verhalten wesentlich durch die Größe der Vorspannung bestimmt wird.

Bei der klassischen statischen Berechnung ermittelt man die Seilvorspannung ledig-
lich unter dem Gesichtspunkt der Stabilität und der optimalen Mastauslegung. Eine
eventuelle Schwingungsanfälligkeit des Gesamtbauwerkes wird oft nicht untersucht.
Daraus folgt, dass später erforderlich werdende, die Schwingungen beruhigende
Maßnahmen sehr aufwändig werden können. Besonders anfällig sind Rohrmast in
Bezug auf Querschwingungen.

Der mit Seilen abgespannte 207 m hohe Zentralrohrmast Kreuzberg/Rhön des Bayri-
schen Rundfunks wurde 1984 aufgebaut. Der Mastdurchmesser beträgt konstant
1500 mm. Er ist über die Höhe in vier Ebenen nach drei Richtungen hin mit Seilen
abgespannt, welche in Fundamenten verankert sind.

Schon nach kurzer Standzeit zeigte der Mast außergewöhnliche Schwingungen. Aus-
gehend von einer Querschwingungsanregung des Rohrmastes in etwa $\frac{3}{4}$ der Mast-
höhe, fingen einige Abspannseile stark zu schwingen an, ähnlich Galloping - Schwin-
gungen. Diese Schwingungen nahmen solche Dimensionen an, dass sie beseitigt
werden mussten.

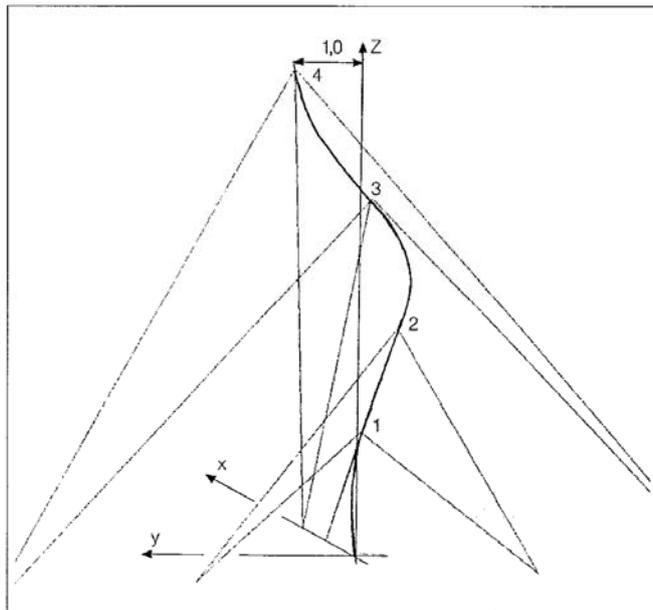
Um das oben geschilderte Problem zu lösen, wurden von mir zunächst in einem ers-
ten Rechengang für den IST – Zustand (mit den vorhandenen Seilvorspannungen)
die Formänderungen und Stabilitätskriterien ermittelt. Um die Empfindlichkeit gegen
Schwingungen sicher zu stellen, erfolgte dann eine dynamische Berechnung des
kompletten Systems (Mast und Seile), deren Ergebnis die zu erwartenden Amplitu-
den in Abhängigkeit von den Frequenzen aufzeigt. Die kritische Schwingungsform
des Mastes ist in Bild 1 zu sehen. Es zeigt die vierte Eigenform mit einer zugehö-
rigen Frequenz von $f = 0,654$ Hz. Bild 2 zeigt die entsprechende Amplitude der
Schwingung bei dieser Frequenz von etwa 0,22 m in Höhe der dritten Abspannung.



INGENIEURBÜRO DIPL.- ING. JOACHIM DEHM

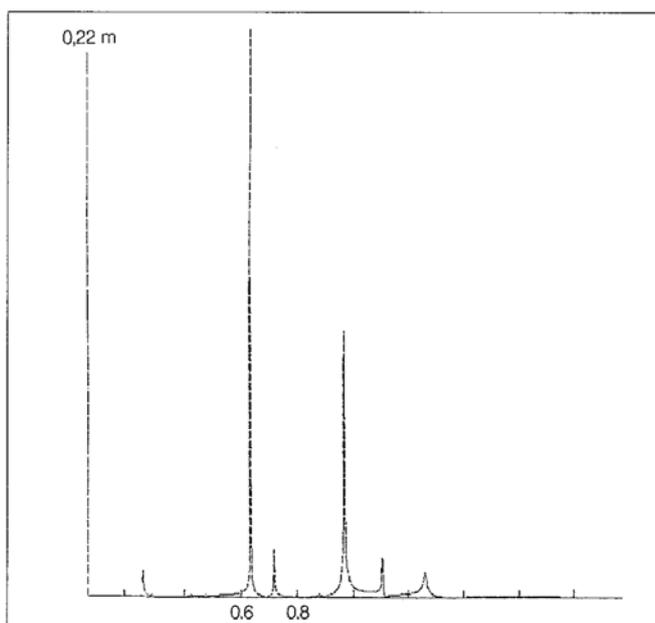
STATIK UND PLANUNG GROSSER STAHLTRAGWERKE

Großgartacher Str. 214
74080 HEILBRONN
Tel.: 07131 / 477015
Fax: 07131 / 477016
E-Mail: j.dehm@versanet.de



Mastdarstellung in der 4. Eigenform mit $f = 0,654 \text{ Hz}$

Bild 1



Amplitude in Höhe der 3. Abspannung

Bild 2

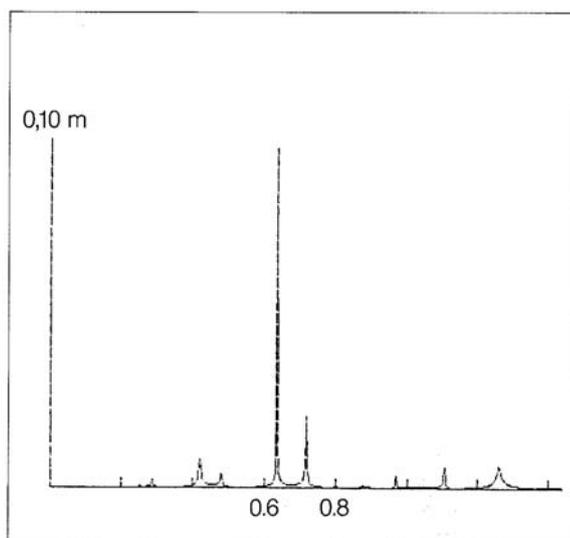


INGENIEURBÜRO DIPL.- ING. JOACHIM DEHM

STATIK UND PLANUNG GROSSER STAHLTRAGWERKE

Großgartacher Str. 214
74080 HEILBRONN
Tel.: 07131 / 477015
Fax: 07131 / 477016
E-Mail: j.dehm@versanet.de

Nach mehreren Wiederholungsschritten wurde durch eine Verminderung der statisch festgelegten Vorspannung in der dritten Abspannung von unten um rund 10 % eine Reduzierung der zugehörigen Amplitude auf etwa 0,10 m erreicht (siehe Bild 3). Die anschließende statische Kontrollberechnung mit der neuen Vorspannung ergab nur eine geringfügige Abweichung gegenüber den Ursprungswerten.



Auf 0,1m reduzierte Amplitude nach Reduzierung der Vorspannung

Bild 3

Nach der Durchführung dieser Änderung der Vorspannung auf der Baustelle wurde eine deutliche Verbesserung der Situation beobachtet: die Anregungen mit extremen Schwingungsamplituden fanden nicht mehr statt.

Dieses Beispiel zeigt, dass die Durchführung einer dynamischen Analyse einen wesentlichen Beitrag leisten kann, das Risiko der Schwingungsanfälligkeit des Gesamtsystems auf ein Minimum zu reduzieren oder auch vorhandene Schwingungen zu beseitigen. Ohne diese Berechnungen wären teure und die Nutzung einschränkende Maßnahmen z.B. mit dem Einbau eines Schwingungsdämpfers nötig gewesen.



INGENIEURBÜRO DIPL.- ING. JOACHIM DEHM

STATIK UND PLANUNG GROSSER STAHLTRAGWERKE

Großgartacher Str. 214
74080 HEILBRONN
Tel.: 07131 / 477015
Fax: 07131 / 477016
E-Mail: j.dehm@versanet.de

Die oben beschriebenen Untersuchungen und daraus folgenden Maßnahmen wurden von mir bei meiner Tätigkeit als Angestellter der Fa. ABB in Mannheim - Neckarau durchgeführt. Es waren für mich die erste Berechnung dieser Art. Inzwischen habe ich viele solcher Untersuchungen durchgeführt, meist schon zum Zeitpunkt statischen Berechnung.

Für Rohrmaste, z. B. für Windenergieanlagen, sind diese Untersuchungen unbedingter Bestandteil der Statik, da diese, wegen ihres größeren Durchmessers, zum Querschwingen neigen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die schwere Kopflast der Windenergieanlage noch nicht aufgesetzt ist. Wegen des statisch bestimmten Systems eines frei stehenden Rohrturmes, gestalten sich dort diese Berechnungen allerdings sehr einfach: es können die Formeln IN 4131 verwendet werden.