

Vermessung im Bereich von Kraftwerken

Petersen, Michael, Dipl.-Ing., Gelsenkirchen, Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur Petersen

Einleitung

Bei der Planung, der Vorbereitung von Genehmigungsverfahren, dem Bau, dem Betrieb und der laufenden Instandhaltung von Kraftwerken fallen vielfältige Vermessungsaufgaben an. Diese Aufgaben beziehen sich auf das Kraftwerk als gesamte Anlage, auf einzelne Bauwerke sowie auf wichtige Bauteile und Komponenten. Die Gliederung der nachfolgenden Ausführungen orientiert sich am Lebenszyklus eines Kraftwerks. Die Durchführung der Vermessungsaufgaben erfordert in der Regel die volle Tiefe des planerischen, geodätischen und messtechnischen Know-hows, das zum Zeitpunkt der Aufgabenstellung vorhanden ist. Die fachlich notwendigen und wirtschaftlich sinnvollen Lösungsansätze sind das Ergebnis einer ständig fortschreitenden technischen Innovation.

Die Verschiedenartigkeit und die Dimensionen der **wesentlichen Bauwerke** von thermischen Anlagen und von Wasserkraftwerken fordern sowohl in der Bauphase als auch in der Betriebsphase bei Überwachungsmessungen das volle Potential der eingesetzten Messtechnik und der fachlichen Qualifikation des Personals:

- Kesselhaus (Ausmaße bei neuen Kraftwerken: bis zu ca. 80 m x 85 m im Grundriss und bis zu ca. 170 m hoch)
- Reaktorgebäude (Ausmaße im Grundriss: bis zu 48 m x 48 m, Höhe bis zu 65 m, Wandstärke bis zu 1,80 m)
- Maschinenhaus (Ausmaße bei Großkraftwerken: mehrere hundert Meter lang, ca. 50 m breit) mit dynamisch beanspruchten Bauteilen (Turbinenfundamente)
- Kühlturm (Ausmaße bei neuen Großkraftwerken: Durchmesser (min./max.) ca. 50/150 m, Höhe bis zu 200 m, Umlaufwassermenge bis ca. 220.000 m³/h)
- Schornstein (Höhe bis über 300 m)
- Pumpspeicherwerke (Ausmaße der Oberbecken bis ca. 7 x 106 m³ - Stauhöhe ca. 20 m, Oberwasserstollen in Stahlauskleidung - Durchmesser ca. 6,5 m mit Längen von bis zu 1.350 m, Unterwasserstollen - Durchmesser bis 10,0 m bei ca. 280 m Länge, Turbinendurchsatz ca. 80 m³/s bis 100 m³/s)
- Staumauer (Höhen bis 260 m)
- Wehr, Krafthaus, Schleuse einer Wasserkraftanlage

Besonders hohe Anforderungen treten bei Deformations- und Dokumentationsmessungen an den **wesentlichen Bauteilen** von Kraftwerken bzw. Sonderbauwerken auf, vor allem wegen der Dimensionen und der betriebstechnischen Besonderheiten:

- Kesselgerüst als Stahltragwerk oder Stahlbeton-/Spannbetontragwerk mit setzungsempfindlichen Gründungskonstruktionen
- Reaktordruckbehälter (Dimensionen 5 m x 15 m)
- Turbinentisch (Dimensionen bis zu 16,0 m x 55,0 m im Grundriss, 14,0 m Höhe), der bei laufendem Betrieb für Frequenzen im Bereich bis 60 Hz und Amplituden bis zu 200 mm ausgelegt ist)
- abgasführende Rohrleitungen/Kanäle von mehreren 100 m Länge und Durchmessern bis zu 9 m, die extremen Temperaturen (bis zu 450° C) ausgesetzt sind, mit ihren tragenden Gerüsten
- Kranbahnen mit Dimensionen von bis zu ca. 600 m Länge und Tragfähigkeiten bis zu 480 t

- Ver- und Entsorgungseinrichtungen bzw. -leitungen innerhalb und außerhalb der Gebäude.

Die technischen Lösungsansätze und das notwendige Know-how zur Bearbeitung der genannten vermessungstechnischen Schwerpunktaufgaben werden in dem Arbeitskreis Geodatenmanagement/Vermessung des Verbandes der Stromerzeuger VGB PowerTech koordiniert, verwaltet und ständig aktualisiert. Wesentliche Vorgaben werden in VGB-Schriften (Richtlinien und Merkblättern) festgehalten und in Fachbüchern publiziert. In diesem Arbeitskreis sind die für die Vermessung Verantwortlichen fast aller bedeutenden Mitgliedsunternehmen des Verbandes vertreten. Im VGB PowerTech sind 288 Unternehmen aus 28 Ländern der Welt, davon 146 mit Sitz außerhalb der Bundesrepublik Deutschland, organisiert. Diese Unternehmen verfügen über folgenden Kraftwerkspark:

- Kernkraftwerke mit 114613 MW (30 %)
- Gasturbinenanlagen mit 25501 MW (5 %)
- Wasserkraftwerke mit 60768 MW (11 %), davon 71 % in Speicher-/Pumpspeicherwerken

Die deutschen Mitgliedsunternehmen betreiben Kraftwerke mit einer installierten Leistung von 105735 MW. Hierzu gehören:

- Laufwasserkraftwerke mit insgesamt ca. 2655 MW
- Speicherkraftwerke mit ca. 238 MW
- Pumpspeicherkraftwerke mit ca. 5542 MW
- Kernkraftwerke mit ca. 22400 MW
- Öl-/Gas-Kraftwerke mit ca. 24700 MW
- Kohlekraftwerke (Steinkohle und Braunkohle) mit ca. 50200 MW

Vermessungsarbeiten bei der Planung von Kraftwerken

Die vermessungstechnischen Arbeiten bei der Neubauplanung von Kraftwerken sind nicht nur auf die Bereitstellung von Luftbildern, Plan- und Kartenunterlagen in analoger und digitaler Form sowie von Geobasisdaten beschränkt, es sind auch in erheblichem Maße Messungen zur Ergänzung und Aktualisierung der vorhandenen Unterlagen notwendig.

Entsprechend dem Planungsfortschritt für ein Kraftwerk unterscheidet man vier Phasen mit unterschiedlicher Intensität vermessungstechnischer Arbeiten.

Standortsuche

In dieser Phase reichen in der Regel Übersichtskarten in den Maßstäben 1:200.000 bis 1:50.000 aus. Diese werden ergänzt um vorliegende Bildpläne bzw. Orthophotokarten der interessierenden Regionen.

Standortwahl

Nach der Eingrenzung möglicher Standorte müssen topografische Karten in den Maßstäben 1:25.000 bis 1:5000 und thematische Karten (geologische, hydrologische Übersichtskarten, Landschafts-, Natur- und Gewässerübersichten, Trinkwasserschutzzonen, etc.) sowie Karten für Sondernutzungen bereitgestellt werden.

Diese Karten werden in digitaler Form als Raster- oder Vektordaten benötigt.
Zur Aktualisierung der vorhandenen Unterlagen werden aktuelle Luftbildpläne bzw. Orthophotokarten in den Maßstäben 1:10.000 bis 1:5.000 herangezogen.

Standortuntersuchung

In dieser Phase benötigt der Planer bereits detaillierte Unterlagen wie Grundstückspläne, Flurkarten, Bauleitpläne, topographische Karten im Maßstab 1:5.000 sowie aktuelle Luftbildauswertungen in den Maßstäben 1:1.000 bzw. 1:2.000. Auch diese Karten werden in digitaler Form bereitgestellt.
Die amtlichen Kartenwerke sind durch Ergänzungsmessungen zu aktualisieren. Dies erfolgt in der Regel auf photogrammetrischem Weg.

Alle Unterlagen werden in ein für die Planung maßgebliches einheitliches Lage- und Höhensystem transformiert.

Parallel zu der Datenbereitstellung erfolgen Verbindungsmessungen, um die spannungsfreie Georeferenzierung von Grundstücksgrenzen, von den Messungssystemen der Wasserwege, Straßen und Bahnanlagen sowie von den geplanten Verkehrs-, Versorgungs- und Entsorgungsanlagen in dem einheitlichen digitalen Kartenbestand sicherstellen zu können.

In dieser Planungsphase wird in der Regel zur Dokumentation der Planung und als einheitliche Grundlage der weiteren Arbeiten ein orthogonales anlagenbezogenes Planungsraster festgelegt. Für den einheitlichen Höhenbezug wird außerdem ein Werksnull bezogen auf NHN definiert.

Detailplanung

Die Übertragung einer geplanten Kraftwerksanlage in die Örtlichkeit setzt ein spannungsfreies örtliches Lage- und Höhensystem voraus, in dem alle Einzelobjekte ohne Rücksicht auf die zeitliche Baufolge abgesteckt werden können. Die Genauigkeit dieses Systems wird so angelegt, dass es auch für spätere Ableitungen aller benötigten Achsen für Bau und Montage als fehlerfrei betrachtet werden kann. Die Vermarkung wird so gewählt, dass eine größtmögliche Standsicherheit gewährleistet ist.

Bereits in dieser Phase werden auch die während der Bauzeit notwendigen freizuhaltenden Visuren mit allen Beteiligten vereinbart und als Bestandteil der Baustelleneinrichtung dokumentiert.

Genehmigung

Die Ausweitung der Genehmigungspflichten bzw. Geltungsbereiche der bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Vorschriften auf geschlossene Werksbereiche bedingt auch für den Kraftwerksbau in jeder Phase des Lebenszyklus eines Kraftwerks (Planung, Bau, Betrieb und Stilllegung), dass adäquate lage- und raumbezogene Genehmigungsunterlagen anzufertigen sind.

Dabei beschränken sich vielfach die Anforderungen an die Vermessungsarbeiten - neben der klassischen Darstellung von Topografie und Planung - auf die Sammlung und Visualisierung von Daten, die mittelbar oder unmittelbar eine Georeferenzierung benötigen.

Genehmigungen oder Zustimmungen sind aktuell nicht mehr ausschließlich im Zusammenhang mit Forderungen von Behörden oder öffentlich-rechtlichen Anstalten zu sehen, sondern, auch neben der freiwilligen Selbstkontrolle, mit Erwartungen unternehmensinterner Stellen und Entscheidungsträger, deren Aufgabe es in erster Linie ist, die Wirtschaftlichkeit der Produktionsprozesse zu erhalten oder zu steigern. Demnach werden zusätzliche Investitionen ebenso geprüft wie potentielle Störungen dieser Prozesse.

In der heutigen Zeit gehören Restrukturierungen von Standorten zu einem Schwerpunktbereich der genehmigungsbedürftigen Planungen, da dem Neubau von Kraftwerken "auf der grünen Wiese" geringe öffentliche Akzeptanz eingeräumt wird.

Generell ist anzumerken, dass der vorgesehene Neubau eines Kraftwerks aufgrund der umfassenden und weiträumigen Auswirkungen in vielen übergeordneten öffentlich-rechtlichen Planungsebenen zu behandeln ist. Im Rahmen der Aufstellungsverfahren von Bauleitplänen werden die Träger öffentlicher Belange (TÖB) beteiligt, um eine Stellungnahme zu den ausgelegten Plänen abzugeben. Die Kraftwerksbetreiber werden grundsätzlich nicht als TÖB beteiligt. Ihre Stellungnahmen können formal in Vertretung durch die Industrie- und Handelskammern erfolgen bzw. im Verfahren der verbindlichen Bauleitplanung im Rahmen der Bürgerbeteiligung. Dennoch beteiligen viele Gemeinden die Kraftwerksbetreiber analog der TÖB, um das Verfahren zu vereinfachen und zu beschleunigen. Aufgrund der Zuständigkeit der Länder im Bereich des Bauordnungsrechts spielen unterschiedliche Anforderungen eine Rolle.

Das Planfeststellungsverfahren dient zur Koordinierung der Landesentwicklungsplanung, Gebietsentwicklungsplanung, Flächennutzungsplanung und Bebauungsplanung und soll diese in die Zukunft gerichteten Entwicklungsabsichten der betroffenen Regionen aufeinander abstimmen bzw. deren Genehmigungsfähigkeit prüfen.

Im Immissionsschutzrecht soll die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen geschützt werden. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) regelt zum großen Teil die Errichtung und den Betrieb von Anlagen. Bestimmte Anlagen, die auf Grund ihrer Beschaffenheit oder ihres Betriebes besonders schädlich auf ihre Umwelt wirken, müssen nach BImSchG genehmigt werden. Durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage dürfen keine schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen hervorgerufen werden. Immissionsschutzwerte werden aus der TA Luft und TA Lärm zur Beurteilung herangezogen. Der Natur-, Umwelt- und Ressourcenschutz, der auch bei Kraftwerksplanungen ein hohes Gewicht hat, findet Berücksichtigung durch die landschaftspflegerischen Begleitpläne. Weiterhin bedürfen oftmals Erschließungsverträge mit den Kommunen der Zustimmung zur endgültigen Genehmigung.

In allen vorgenannten Abstimmungsprozessen werden vermessungstechnisch erhobene Daten und Planunterlagen, die Topografie und Planung zusammenführen, als Basisdaten genutzt und zur Entscheidungsfindung herangezogen. Demnach muss ihr Aussagegehalt im Hinblick auf die fehlerfreie, umfassende und aktuelle Darstellung von hoher Qualität sein.

Zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang auch Sonderpläne, wie z.B. Schallschutzpläne, deren aufzumessende Objekte bzw. Elemente sehr variieren können. Bei Schallschutzplänen sind die Gebäudeöffnungen in Lage, Höhe und Dimension von besonderer Bedeutung.

Weitere Angaben durch vermessungstechnische Planungsgrundlagen können im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen erforderlich werden, die auf dem o.g. Bundesimmissionsschutzgesetz basieren. Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist ein unselbstständiger Bestandteil von Zulassungs- oder Genehmigungsverfahren. Sie dient der Umweltvorsorge und der Verbesserung der Umweltbedingungen. Die UVP ist für bestimmte Arten von konkreten Projekten durchzuführen. Eine Projekt-UVP wird in erster Linie für Anlagen erforderlich, die nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz zu genehmigen sind - so auch Kraftwerke.

Die betriebliche Vermessungsstelle legt die entscheidungserheblichen Unterlagen über die Umweltauswirkungen des Vorhabens in Form von Bestandsplänen und Plänen zu Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen der zuständigen Behörde vor, welche die Umweltverträglichkeit prüft.

Des Weiteren hat ein Betreiber, dessen Flächen über 3 Hektar groß sind, die Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüVKan) zu beachten. Der bauliche und betriebliche Zustand sowie die Funktionsfähigkeit der Kanalnetze für die öffentliche oder private Abwasserbeseitigung sind zu überwachen. Auch die Überwachung der Einleitungs-, Schachtbauwerke und Düker wird beispielsweise in der SüVKan geregelt. Bezüglich der Überwachungsergebnisse ist ein Bericht zu fertigen. Nachgewiesen in Plänen werden die Kanalisation, die Haltungen und die sonstigen Bauwerke in einer zumeist digitalen Dokumentation, welche von der betrieblichen (Sonder-) Vermessungsstelle als Bestands- bzw. Werksdokumentation geführt und gepflegt wird.

Eine weitere Selbstüberwachungsverordnung ist die der Deponie (DepSüVO). Der Betreiber einer Deponie ist verpflichtet, der zuständigen Behörde die Unterlagen über die Selbstüberwachung des Betriebes der Deponie in Form von Jahresberichten vorzulegen. In den Jahresberichten sind die Ergebnisse der Überwachungen und Untersuchungen zusammenzufassen, auszuwerten und zu bewerten. Neben der o.g. DepSüVO gibt es weitere rechtliche Vorgaben, die den Deponiebetreiber verpflichten, den Betrieb und den Zustand seiner Deponie zu dokumentieren. Die schon o.g. TA Abfall regelt behördliche Genehmigungsinhalte für die Anlage und den Betrieb einer Deponie. Die im Rahmen der Eigenkontrolle zu leistenden Aufgaben der Deponievermessung und die gegenüber der Behörde zu erbringenden Nachweise lehnen sich an das ATV-Regelwerk Abwasser-Abfall H359 an. Die Grundlagenvermessung Deponie (Schaffung und Pflege eines Festpunktfeldes), laufende regelmäßig anfallende Deponievermessungsarbeiten (Einmessungs- und Absteckungsarbeiten) und die Dokumentation und Auskunftsarbeiten (Erstellung von Plänen, Erteilung von Auskünften) obliegen ebenfalls der betrieblichen Vermessungsstelle.

Weitere Rechtsbereiche, die bei Genehmigungsfragen am Standort von Kraftwerken zu berücksichtigen sind, betreffen z.B. den Rechtsbereich des Wasserrechtsverfahrens und der Wasserschutzgebiete. Ebenso wurde durch die europäische Umsetzung der Vogelschutz-Richtlinie und der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, durch die langfristig besondere Natur- und Lebensräume gesichert werden sollen, ein Rechtsbereich geschaffen, der besonderen Augenmerk im Zusammenhang mit Genehmigungen an Kraftwerkstandorten bedarf. Insbesondere durch die FFH-Richtlinie sollen Lebensräume und Arten von gemeinschaftlichem Interesse erhalten und ein europaweites kohärentes ökologisches Netz (Natura 2000) aufgebaut werden. Durch das Bundesnaturschutzgesetz ist die EU-Richtlinie in nationales Recht umgesetzt worden. Standorte innerhalb von "Natura 2000"-Gebieten und Betriebe in der Umgebung, die einer Genehmigung nach BImSchG unterliegen,

bedürfen einer FFH-Vorprüfung und im Falle der Betroffenheit einer FFH-Gebietsverträglichkeitsprüfung.

Während des Betriebs von Kraftwerksanlagen bedingen Umbauten, Instandhaltung und Erneuerungen von Anlagenteilen entsprechende Genehmigungsverfahren. Hierbei ist eine permanent aktuell gehaltene und umfassende Bestands- bzw. Werksdokumentation von großem Nutzen. Unter Verwendung der Bestandsdaten in Verbindung mit einem relativ einfachen und schnell vorzunehmenden Feldvergleich (topografische Aufnahme) können lagebezogenen Genehmigungsunterlagen sachlich einwandfrei und zu wirtschaftlichen Konditionen zur Verfügung gestellt werden. Hierzu zählen u.a. auch der Lageplan sowie die Darstellung von Brandschutzmaßnahmen und der Stellplatznachweis. Der Lageplan zum Baugesuch muss den aktuellen Zustand darstellen. In einigen Bundesländern wird hierbei durch Regelungen der Bauprüfverordnung zwischen "einfachen" und amtlichen bzw. qualifizierten Lageplänen unterschieden. In weiterführenden Verordnungen werden entsprechende Regelungen zur Qualifikation des Entwurfsverfasser getroffen. Grundsätzlich oder auf Verlangen der Bauaufsichtsbehörden sind demnach amtliche/qualifizierte Lagepläne durch Katasterbehörden bzw. durch behördliche Vermessungsstellen (ÖbVI's) zu erstellen und zu beglaubigen.

Vermessungsarbeiten bei der Erstellung eines Kraftwerkes

Während der Bauzeit eines Kraftwerks ist das gesamte Leistungsspektrum der Geodäsie gefordert. Hier kommen neben der Ingenieurvermessung auch die Photogrammetrie sowie elektronische Messverfahren zum Einsatz. Zudem werden auch satellitengestützte Messverfahren durchgeführt.

Oftmals gilt es, neben der Aufgabenlösung auch ein behördlich gefordertes redundantes Messverfahren einzusetzen.

Durch diese Anforderungen steht die Vermessung zum Zeitpunkt der Bauphase im Mittelpunkt der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Tief- und Hochbau, Stahlbau, Maschinenbau und der Elektrotechnik.

Die Vermessungsarbeiten gliedern sich baubegleitend in folgende drei Phasen:

Bauphase

Diese beginnt mit der Übertragung der Planung in die Örtlichkeit. Hierzu wird ein geodätisches Festpunktnetz eingerichtet und beobachtet. Die zu erreichende Genauigkeit dieser Netze beträgt bei der Erstellung von Kraftwerken + 1 mm.

Bei Stauanlagen im Bereich der Wasserkraft wird eine Standardabweichung von + 0,3 mm erreicht, um hier den Anforderungen der vorgeschriebenen turnusmäßigen Deformationsmessungen gerecht zu werden, die auch in der späteren Betriebsphase durchzuführen sind.

Bau- und Montageüberwachungen, Istmaßkontrollen

Die Festpunktnetze bilden die Grundlage für die während der Bauzeit durchzuführenden Bau- und

Montageüberwachungen, die teilweise auch auf Grund von Behördenforderungen auszuführen sind. Bei dieser Istmaßkontrolle wird die Genauigkeit der Messungen nach den zulässigen Toleranzen, durch DIN-Vorschriften bzw. VGB-Richtlinien oder nach den Erfahrungen und Erfordernissen im Kraftwerksbau festgelegt.

Für alle bedeutenden Bauwerke, Bauteile und Einbauten werden Bau- und Montageüberwachungen und Istmaßkontrollen durchgeführt. Hierzu zählen insbesondere Treppen-/Aufzugtürme, Schornsteine, Kesselgerüste, Kranbahnen, Kühltürme, Turbinen, Turbinentische, Dampfleitungen und großvolumige Behälter.

Schlussvermessung

Zur Schlussvermessung zählen alle gemessenen Daten, die Eingang in die Dokumentation der fertigen Anlage finden. Sie werden nicht erst am Ende der Bauzeit gewonnen, sondern werden laufend während der Errichtung der Anlage aufgenommen. Es wird dabei darauf geachtet, dass die Erfassung der Daten der Form der Weiterverarbeitung und vor allem der späteren Verwendung angepasst wird. Die zu speichernden Daten werden so codiert, dass sowohl der vermessungs-technische Zugriff sichergestellt ist, als auch die Projektzeichnungssysteme den allgemeinen Anwendungen im Betrieb gerecht werden. Zur Schlussvermessung gehört auch eine umfangreiche Erfassung vermessungs- und anlagenspezifischer Daten. Diese während der Bauzeit anfallenden Daten werden im so genannten Datenatlas zusammengefasst.

Zum Abschluss der Bauzeit wird eine umfangreiche Analyse der vermessungstechnischen Tätigkeiten vorgenommen. Ziel ist es, Verbesserungen, Vereinfachungen und Lösungen aus den gewonnenen Erfahrungen zu entwickeln, um beim nächsten Projekt ggf. noch effizienter arbeiten zu können.

Während der gesamten Bauphase eines Kraftwerkes findet der Vermessungsingenieur ein weites Aufgabenspektrum vor. Er steuert - im Einvernehmen mit Bau-, Maschinenbau- und Elektroingenieuren in enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden und mit Unterstützung durch Forschung und Wissenschaft - seinen Teil zum Bau und Betrieb eines Kraftwerkes bei.

Betrieb

Betriebsbegleitende Vermessungsarbeiten in Kraftwerksanlagen lassen sich generell in zwei Gruppen einteilen.

Die erste Gruppe sind Vermessungen, die im Zusammenhang mit Qualitätssicherung (QS) bzw. Qualitätsmanagement (QM) stehen.

Die zweite Gruppe sind Vermessungsarbeiten bei bautechnischen Veränderungen wie z.B. bei der Erneuerung bzw. dem Austausch von Turbosätzen infolge von Revisionsarbeiten, aber auch beim Ein-, Aus- oder Anbau von Bau- und Maschinenteilen.

Die Aufgaben im Zusammenhang mit Qualitätsmanagement erfordern in den heutigen Kraftwerksanlagen einen höheren Anteil an Vermessungsaktivitäten. Ziel dieser Arbeiten ist es, Deformationen an Baukörpern, Maschinen und Anlagen messtechnisch zu ermitteln und zu dokumentieren. Durch diese Form- bzw. Deformationsdaten können die wesentlichen Parameter für Standsicherheits- und Festigkeits- bzw. Stabilitätsanalysen gewonnen werden. Diese Vermessungen sind im Hinblick auf ihre Komplexität und Genauigkeit in eine der höchsten Stufen einzuordnen (Präzisionsmessungen mit einer Genauigkeit von