



ALLGEMEINE LEISTUNGSBESCHREIBUNG der von *Dr.-Ing. Andreas Laschet* angebotenen bzw. durchzuführenden Ingenieurdienstleistungen

Vers. 1.3 / 01.01.2025

Im **ANGEBOT** bzw. in der **AUFTRAGSBESTÄTIGUNG** von *Dr.-Ing. Andreas Laschet* (im Folgenden „AL“ genannt) werden **Ingenieurdienstleistungen** aufgeführt, die allgemein wie folgt beschrieben werden können:

1.

Berechnung von Drehschwingungen (Torsionsschwingungen) in Antriebssystemen

Diese Berechnungen werden von AL unter Zuhilfenahme einer Simulationssoftware durchgeführt. Hierzu ist es im ersten Schritt erforderlich, ein entsprechendes diskretes Computermodell des Antriebssystems zu erstellen.

Zwecks Generierung eines derartigen Modells erhält AL vom Auftraggeber geeignete **Vorgabe-Informationen** (Daten, technische Zeichnungen), die in der folgenden Aufstellung zusammengefasst werden. Die Beistellung dieser Informationen erfolgt auf Kosten des Auftraggebers. AL führt im Rahmen dieser Ingenieurdienstleistungen keine Konstruktionsarbeiten (d.h. Erstellung von technischen Zeichnungen) und auch keine Messungen durch.

Zusammenstellung der erforderlichen Vorgabe-Informationen (Beistellung vom Auftraggeber):

- allgemeine Informationen und Übersichtsinformationen der kompletten Antriebsstruktur z.B. anhand von **Skizzen/Bildern/Fotos, Kataloginformationen, Veröffentlichungen, technischen Beschreibungen** aus Handbüchern oder Betriebsanleitungen, **Funktionsbeschreibungen**
- alle Geometrien (Längen, Innen-/Außendurchmesser, Konturen) der massebezogenen Rotationselemente zwecks Ermittlung der **Massenträgheitsmomente [kgm²]**; alternativ (oder zusätzlich): direkte Vorgabe der Zahlenwerte in SI-Einheiten [kgm²].
- alle Geometrien (Längen, Innen-/Außendurchmesser, Konturen) der steifigkeitsbezogenen Rotationselemente zwecks Ermittlung der **Drehsteifigkeiten [Nm/rad]**; alternativ (oder zusätzlich): direkte Vorgabe der Zahlenwerte in SI-Einheiten [Nm/rad].
- Vorgabe von Kennlinien (soweit erforderlich) wie z.B. Kupplungskennlinien (Drehmoment-Drehwinkel-Kennlinien) sowie weitere Details zu besonderen Antriebselementen (wie z.B. Rutsch-/Überlast-/Schaltkupplungen, Drehmomentmesswellen, Gelenkwellen, Zahnradstufen); falls vorhanden: auch Vorgabe von Dämpfungswerten (z.B. der bekannten PSI-Werte von elastischen Kupplungen mit Gummielementen)



- Im Falle von Antriebssystemen mit Getrieben: Getriebedaten wie Zähnezahlen, Zahnbreite, Schrägungswinkel, Teilkreisdurchmesser, ggf. Zahnspiele als Gesamtwinkel, falls vorhanden: Zahnsteifigkeiten
- Je nach Auftragsumfang: Anregungsmomente und Lastfunktionen, d.h. alle **Erreger- bzw. Lastmomente [Nm]** von Elektromotoren, Verbrennungsmotoren, Arbeitsmaschinen (z.B. Kompressoren, Pumpen), sonstigen zeit-/drehzahlabhängigen Prozessereignissen (z.B. auch Prüfzyklen oder Störvorgänge) in Abhängigkeit des Betriebsverhaltens (Vorgabe in Form von Tabellen, Datenblättern, Kennfeldern bevorzugt in Excel-kompatiblen Dateien); genauere Beschreibung der Betriebsbedingungen (d.h. Rand-/Anfangsbedingungen für die Simulation; min./max. Drehzahlen); Details dieser Daten immer in Absprache mit AL
- falls vorhanden: Messdaten zwecks Modellabgleich
- ggf. Zusammenstellung von Parametervariationen und/oder Parameterbereiche, falls Variationsstudien zum Auftragsumfang gehören

Ergebnisse der Drehschwingungsberechnungen umfassen im Regelfall die **Ermittlung der Eigenfrequenzen, Eigenformen inkl. Bewertung der Anregbarkeit anhand von CAMPBELL- (Resonanz-) Diagrammen** sowie im Rahmen von Simulationen im Frequenz- und/oder Zeitbereich auch die **Drehmomentantworten** an speziellen Stellen des Antriebssystems in Abhängigkeit einer gegebenen Anregung.

Genauere Details bezgl. des Leistungsumfangs sind dem **ANGEBOT** bzw. der **AUFTRAGSBESTÄTIGUNG** zu entnehmen.

2.

Berechnung von Biegeschwingungen in Antriebssystemen

Diese Berechnungen, die auch ggf. Teil einer übergeordneten rotordynamischen Analyse sind, werden von AL unter Zuhilfenahme einer entsprechenden Rotordynamik-Simulationssoftware durchgeführt. Je nach Aufgabenstellung stimmt AL diese Dienstleistung ggf. auch mit den folgenden US-Firmen ab: **RBTS** bzw. **Concepts NREC**. AL agiert dabei als Kooperationspartner, Vertretung und Repräsentant von **RBTS** bzw. **Concepts NREC** in Europa. Im Regelfall werden solche Dienstleistungsaufträge, die teilweise oder auch komplett zusammen mit **RBTS** bzw. **Concepts NREC** durchgeführt werden, ggf. auch komplett über AL abgerechnet.

Zwecks Generierung eines derartigen Modells erhält AL vom Auftraggeber geeignete **Vorgabe-Informationen** (Daten, technische Zeichnungen), die bereits in der Aufstellung zu 1. zusammengefasst werden. Die Beistellung dieser Informationen erfolgt auf Kosten des Auftraggebers. AL führt im Rahmen dieser Ingenieurdienstleistungen keine Konstruktionsarbeiten (d.h. Erstellung von technischen Zeichnungen) und auch keine Messungen durch.



Zusätzlich zu 1. werden noch folgende Vorgabe-Informationen vom Auftraggeber benötigt:

- Informationen zu den verbauten Wellenlagerungen (Kugel-/Rollenlager bzw. Gleitlager); hier insbesondere Details zur genauen Einbaulage, zur Bauweise sowie zu den **radialen Lagersteifigkeiten [N/mm]**; ggf. auch Vorgabe eines Kennfeldes oder Wertebereiche für Lagersteifigkeiten (zwecks Abschätzung dieses Parametereinflusses auf Eigenfrequenzen)
- Unwuchten in den verbauten Rotationselementen (vor allem bei den größeren Massen)
- genaue Angabe des Drehzahl-Betriebsbereichs (min./max. Drehzahlen)
- Erweiterte Rotordynamik-Analysen in Verbindung mit Gleitlagern erfordern zusätzliche Vorgaben, die vor Auftragsvergabe noch im Detail abgesprochen werden müssen. Hierzu werden auch weitere Angaben in Absprache mit dem Kooperationspartner **RBTS** bzw. **Concepts NREC** benötigt.
- ggf. Zusammenstellung von Parametervariationen und/oder Parameterbereiche, falls Variationsstudien zum Auftragsumfang gehören

Ergebnisse der Biegeschwingungsberechnungen umfassen im Regelfall die **Ermittlung der Eigenfrequenzen (kritischen Drehzahlen), Eigenformen inkl. Bewertung der Anregbarkeit anhand von Resonanzschaubildern** sowie im Rahmen von Simulationen im Frequenz- und/oder Zeitbereich auch die **Drehmomentantworten/Verlagerungen** an speziellen Stellen des Antriebssystems in Abhängigkeit einer gegebenen Anregung. Zusätzlich werden die **Lagerbelastungen** angegeben. Genauere Details bezgl. dieses Leistungsumfangs sind dem **ANGEBOT** bzw. der **AUFTRAGSBESTÄTIGUNG** zu entnehmen.

3.

ALLGEMEINE HINWEISE

AL verweist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die gute Qualität der Vorgabe-Informationen hinsichtlich der Genauigkeit und Praxisrelevanz der rechnerischen Untersuchungen eine sehr entscheidende Voraussetzung ist. Anhand der Vorgaben erfolgt die Erstellung des Berechnungsmodells, das nur dann der Realität am besten entsprechen kann, wenn diese Vorgaben stimmig sind. AL kann ggf. die gelieferten Vorgabe-Informationen auf Plausibilität prüfen; eine weitergehende Detailprüfung dieser Informationen auf Richtigkeit, Vollständigkeit, Praxisrelevanz für die vorliegende Aufgabenstellung liegt allein in der Verantwortung des Auftraggebers.

AL liefert als Bestandteil der Ingenieurdienstleistungen einen technischen Bericht wahlweise in deutscher oder englischer Sprache je nach Kundenbestellung. Dieser Bericht wird digital als PDF-Dokument geliefert.



Weitergehende Erläuterungen, Beratungen oder ergänzende Analysen (Untersuchungen, Parameterstudien) außerhalb des ursprünglichen Auftragsumfangs werden gemäß der kundenseitigen Aufgabenstellung als Zusatzleistungen angeboten und nach Auftragseingang entsprechend durchgeführt und separat abgerechnet. Evtl. Aufwendungen für Reisekosten (zzgl. Nebenkosten, Spesen) werden extra abgerechnet.

Da AL im Rahmen der erbrachten Ingenieurdienstleistungen keine Messungen durchführt, wird dringend empfohlen, die gelieferten technischen Berechnungen anhand von repräsentativen und vergleichbaren Messungen abzugleichen und zu verifizieren. Der Auftraggeber sollte ggf. hierzu einen externen Messdienstleister (Spezialisten) hinzuziehen. AL könnte im Rahmen dieser Abstimmungsarbeiten auch zusätzliche Beratungsdienstleistungen oder auch ergänzende Modellabstimmungen und Berechnungsstudien anbieten.

Für AL ist es selbstverständlich, dass projektbezogene und bislang unveröffentlichte Daten und Informationen, die vom Auftraggeber beigestellt werden, der Vertraulichkeit unterliegen. Auf Wunsch kann eine separate Vertraulichkeitsvereinbarung (NDA) getroffen werden, die sich je nach Auftragsgegenstand auch zusätzlich auf AL-Kooperationspartner wie **RBTS** und **Concepts NREC** bezieht.

Als geeignete Kommunikationswege wird neben der telefonischen Kontaktaufnahme und dem Austausch der Informationen über E-Mails auch auf die Besprechungen, Beratungen und Präsentationen im Rahmen von Online-Meetings (Cisco-Webex) hingewiesen.

AL verfügt über eine Webex-Lizenz und kann Teilnehmer weltweit als Gastgeber mit beliebiger Gesprächsdauer zu einem gemeinsamen Online-Meeting (Online-Video-Audio-Konferenz) einladen. Abgesehen von üblichen (Telefon- und) Internetkosten entstehen den Teilnehmern keine zusätzlichen Kosten. Je nach Art und Dauer derartiger Online-Meetings könnte der damit verbundene auftragsbezogene Dienstleistungsaufwand als Zusatzaufwand abgerechnet werden; im Regelfall sind diese Aufwendungen im Engineeringauftrag enthalten.

Auf Wunsch kann auch kundenseitig zu Online-Meetings über die kundeneigene Plattform (wie z.B. auch über Microsoft Teams, Zoom, Google Meet) eingeladen werden.