Vergabe:
Technisches Anforderungsprofil

Allgemeines

Beschaffung: TEM-Transmissionselektronenmikroskop
Aktenzeichen: 25-1707B
Kostenstelle: 100315

Technische Spezifikation

1. Einleitung / Zielsetzung

Gegenstand des Beschaffungsvorhabens ist die Lieferung, Installation, Inbetriebnahme sowie betriebsbereite Übergabe eines aberrationskorrigierten 200 kV Transmissionselektronenmikroskops (S/TEM) einschließlich analytischer Detektorsysteme, Schulung und vollständiger Systemdokumentation.
Das System dient als zentrale Analyseplattform für die hochauflösende strukturelle, chemische und elektronische Charakterisierung von Materialien auf atomarer und nanometergenauer Skala. Es wird sowohl für industrielle Auftragsanalytik als auch für wissenschaftliche Forschungsprojekte eingesetzt.
Im Institut werden Materialien mit stark variierenden Eigenschaften untersucht, insbesondere Metalle, Legierungen, keramische Werkstoffe, Halbleiter, Beschichtungen, funktionale Schichtsysteme sowie nanostrukturierte Materialien. Die Proben unterscheiden sich hinsichtlich Geometrie, Stabilität gegenüber Elektronenstrahlbelastung sowie analytischer Fragestellungen.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf:

- hochauflösender Abbildung bis in den atomaren Bereich
- chemischer Analytik mittels EDX und EELS
- Untersuchung von Grenzflächen und Defekten
- Untersuchung magnetischer und funktionaler Materialien
- reproduzierbaren Messungen über Probenserien hinweg

Darüber hinaus ist eine strukturierte Erfassung und Exportfähigkeit von Messdaten und Metadaten in gängige, nicht-proprietäre Formate erforderlich, um Anforderungen an Nachvollziehbarkeit, Langzeitverfügbarkeit und Forschungsdatenmanagement (FAIR-Prinzipien) zu erfüllen.

Die nachfolgend beschriebenen Anforderungen leiten sich aus den vorgesehenen Einsatzszenarien ab und definieren die Mindestanforderungen sowie optionale Mehrwerte (technische Übererfüllung (wertungsrelevant)) für die Angebotsbewertung.

Soweit in dieser Leistungsbeschreibung technische Spezifikationen, Normen oder Beispiele genannt sind, sind gleichwertige Lösungen zulässig, sofern deren Gleichwertigkeit nachgewiesen wird.

2. Geltungsbereich

Die Beschaffung umfasst die Lieferung, Installation und Inbetriebnahme eines vollständigen hochauflösenden analytischen TEM-Systems einschließlich aller für den Betrieb erforderlichen Komponenten. Dies beinhaltet insbesondere Elektronenquelle, Elektronenoptik, Detektorsysteme (STEM, Kamera, EDX, EELS), Steuer- und Auswertesoftware, Rechnerhardware, Probenhalter sowie das Vakuumsystem. Ebenfalls umfasst sind Einweisung und betriebsbereite Übergabe.

Nicht zur Beschaffung/Lieferung gehören (sofern nicht ausdrücklich gefordert):
Gebäudeinfrastruktur (Strom/Netzwerk/Medien), Klimatisierung/Kaltwasser (sofern nicht als Systemkomponente angeboten), Labormöbel/Tische, bauliche Anpassungen, zusätzliche Verbrauchsmaterialien über ein Initialpaket hinaus, externe Sicherheitseinrichtungen (bauseits), Transporthilfsmittel zur Einbringung größerer Komponenten (bauseits), sowie Verantwortung für Umgebungsbedingungen (Temperatur/Vibration/Staub) beim Auftraggeber.
Die Einhaltung der garantierten Leistungsparameter setzt die vom Anbieter spezifizierten Umgebungsbedingungen voraus.

3. Normen, Standards und Richtlinien

Das System muss mindestens folgende Anforderungen erfüllen bzw. die Konformität nachweisen:

- CE-Kennzeichnung für das Gesamtsystem.
- DIN EN 61010-1 (Sicherheit elektrischer Mess-/Laborgeräte) oder gleichwertig.
- DIN EN 61326-1 (EMV-Anforderungen) oder gleichwertig.
- RoHS/REACH-Konformität (soweit auf System/Komponenten zutreffend).
- Auslegung des REM als Störstrahler einschließlich Nachweis/Unterlagen gemäß einschlägigen Vorgaben (z.B. DIN 54113-1 oder gleichwertig, soweit zutreffend).
- IT-Kompatibilität (Windows-Umgebung/Win11 Pro, LAN, Domänenfähigkeit, Datenexport, Remote-Betrieb).
- Export von Messdaten und Metadaten in nicht proprietäre, langfristig nutzbare Formate.

4. Begriffe und Definitionen

TEM - Transmissionselektronenmikroskop
STEM - Scanning Transmissionselektronenmikroskop
aTEM – analytische Transmissionselektronenmikroskop
Cs-Korrektor - Sphärische Aberrationskorrektur
EELS - Elektronen-Energieverlustspektroskopie)
EDX - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (Deutsch: Energiedispersive Röntgenspektroskopie)
EFTEM - Energiefilter-TEM
BSE/SE - Detektor - Rückstreu- und Sekundärelektronendetektor
HAADF - High-Angle Annular Dark Field
ABF-STEM-Detektor - Annular Bright Field Detektor
CFEG - Kalte Feldemissionsquelle
HR-Objektiv-Polschuh – High Resolution Objektiv-Polschuh

5. Funktionale Anforderungen

5.1 Hauptfunktion(en)

Das System muss die hochauflösende strukturelle, chemische und elektronische Analyse von festen, elektronenstrahlstabilen Proben im Transmissionselektronenmikroskopie- und Raster-Transmissionselektronenmikroskopie-Modus ermöglichen. Hierzu muss es eine präzise Elektronenoptik, stabile Betriebsbedingungen sowie integrierte analytische Detektionssysteme bereitstellen.
Ziel ist die Untersuchung von Materialien bis in den atomaren Maßstab sowie die quantitative und qualitative Analyse von Struktur, Zusammensetzung und elektronischen Eigenschaften.

Folgende Kernfunktionen sind zwingend bereitzustellen:

1. **Hochauflösende Abbildung (TEM und STEM):**
   - Abbildung von Kristallstrukturen, Defekten, Grenzflächen und Nanostrukturen mit atomarer bzw. sub-nanometergenauer Auflösung.
   - Betrieb sowohl im konventionellen TEM- als auch im STEM-Modus.
   - Flexible Wahl geeigneter Abbildungsmodi (z. B. Bright Field, Dark Field, HAADF, ABF, Oberflächenbildgebung mit topografieabhängigem Kontrast).

2. **Chemische und spektroskopische Analytik:**
   - Elementanalytik mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX).
   - Analyse elektronischer und chemischer Zustände mittels Elektronenenergieverlustspektroskopie (EELS).
   - Durchführung von Punktanalysen, Linienprofilen sowie zweidimensionalem Mapping.
3. **Untersuchung von Grenzflächen und Defekten:**
   - Analyse von Phasengrenzen, Ausscheidungen, Korngrenzen und strukturellen Inhomogenitäten.
   - Untersuchung lokaler chemischer Variationen auf nanoskaliger Ebene.
4. **Untersuchung funktionaler und magnetischer Materialien:**
   - Möglichkeit zur magnetfeldfreien oder feldarmen Abbildung (z. B. Lorentz-Modus oder funktional gleichwertig), soweit erforderlich.
5. **Automatisierter und reproduzierbarer Betrieb:**
   - Reproduzierbare Einstellung von Messparametern und Speicherung von Messabläufen.
   - Unterstützung automatisierter Messreihen und Mapping-Experimente.
6. **Workflow und Datenmanagement:**
   - Eindeutige Zuordnung von Messdaten, Parametern und Metadaten.
   - Möglichkeit zur späteren Reproduktion von Messbedingungen.
7. Integration aller Detektoren und Betriebsmodi in eine konsistente Bedienumgebung.

Gleichwertigkeit ist durch technische Nachweise, Spezifikationen oder Referenzmessungen zu belegen. Die Vergleichbarkeit muss objektiv nachvollziehbar sein.

5.2 Einsatzbereiche

Das System wird zur Untersuchung einer breiten Palette von Materialien eingesetzt und muss entsprechend flexibel ausgelegt sein.

Typische Probenarten:

- Metalle und Legierungen
- keramische Werkstoffe
- Halbleiter und elektronische Materialien
- dünne Schichten und Multilayer-Systeme
- funktionale Beschichtungen
- Nanopartikel und nanostrukturierte Materialien
- magnetische Materialien
- strahlensensitive Materialien (im Rahmen geeigneter Betriebsmodi)

Typische Fragestellungen und Analyseszenarien:

- Bestimmung kristallographischer Strukturen und Defektstrukturen
- Untersuchung von Phasenverteilungen und Mikrostruktur
- Analyse von Grenzflächen und Diffusionszonen
- Elementverteilungsanalysen und chemisches Mapping
- Untersuchung von Alterungs- und Degradationsprozessen
- Vergleichende Analysen über Probenserien hinweg
- Ursachenanalysen bei Materialversagen

Betriebsmodi:

- konventioneller TEM-Betrieb
- EFTEM-Betrieb
- STEM-Betrieb mit verschiedenen Detektorkonfigurationen
- spektroskopische Analysen (EDX, EELS)
- hochauflösende Bildgebung
- Mapping- und automatisierte Messsequenzen

6. Technische Anforderungen (modularer Aufbau)

Die in diesem Abschnitt definierten Anforderungen umfassen sowohl Mindestanforderungen, die im Dokument „Los2.25-1707.06B.Wertungsmatrix“ unter Abschnitt „1. Mindestanforderungen“ verbindlich definiert sind, als auch darüberhinausgehende leistungs- und funktionsbezogene Aspekte.

Die Erfüllung der Mindestanforderungen ist zwingende Voraussetzung für die Wertbarkeit des Angebots. Angebote, die eine oder mehrere Mindestanforderungen nicht erfüllen, werden vom weiteren Verfahren ausgeschlossen. Eine gesonderte Bewertung oder Bepunktung der bloßen Erfüllung der Mindestanforderungen erfolgt nicht.

Die Bewertung der technischen Übererfüllung erfolgt ausschließlich für die im Dokument **„Los2.25-1707.06B.Wertungsmatrix“** unter **„2. Technische Übererfüllung (wertungsrelevant)“** aufgeführten Kriterien.
Die Punktevergabe richtet sich ausschließlich nach den für das jeweilige Übererfüllungskriterium in den Vergabeunterlagen festgelegten Bewertungsmaßstäben und Einzelkriterien. Maßgeblich sind die im Angebot nachgewiesenen Eigenschaften, Leistungsmerkmale sowie – soweit ausdrücklich gefordert – die nachgewiesene technische Erweiterbarkeit bzw. Nachrüstbarkeit des angebotenen Systems.
Bewertet werden ausschließlich die in den jeweiligen Übererfüllungskriterien beschriebenen Merkmale und Funktionen. Soweit zukünftige Erweiterungsoptionen bewertet werden, müssen diese vom Bieter als für das angebotene System verfügbar und technisch realisierbar nachgewiesen werden. Eine Bewertung solcher Optionen begründet keinen Liefer- oder Leistungsumfang über das abgegebene Angebot hinaus.

Die Bewertung erfolgt auch insoweit ausschließlich im Rahmen der vorab bekannt gemachten Bewertungsmethodik und Gewichtung. Angebote, die Anforderungen in höherem Maße oder mit erweitertem Leistungsumfang erfüllen, können entsprechend besser bewertet werden. Nicht angebotene oder nicht hinreichend nachgewiesene Leistungen werden in der Bewertung entsprechend nicht oder mit null Punkten berücksichtigt.
Eine Bewertung erfolgt ausschließlich auf Grundlage der im Angebot enthaltenen, prüfbaren und belastbar nachgewiesenen Angaben. Nicht belegte oder nicht eindeutig zuordenbare Leistungsbestandteile bleiben unberücksichtigt. Sämtliche Angebote werden nach einheitlichen Maßstäben unter Beachtung des Transparenz- und Gleichbehandlungsgrundsatzes bewertet.

7. Nachweise und Angebotsunterlagen

Der Auftragnehmer hat ein vollständiges, betriebsbereites TEM--System einschließlich aller hierfür erforderlichen Komponenten, Software sowie begleitenden Dienstleistungen zu liefern, zu installieren und in Betrieb zu nehmen. Die Leistungserbringung hat in Übereinstimmung mit den im Dokument „Los2.25-1707.06B.Wertungsmatrix“ definierten Anforderungen M01 bis M57 zu erfolgen.
Der Leistungsumfang umfasst sämtliche Leistungen, die notwendig sind, um das System gemäß den Anforderungen dieser Leistungsbeschreibung funktionsfähig zu betreiben. Alle zur bestimmungsgemäßen Nutzung erforderlichen Nebenleistungen gelten als Bestandteil des Angebots, auch wenn sie nicht ausdrücklich einzeln aufgeführt sind.

Sofern nicht ausdrücklich anders vereinbart, sind folgende Leistungen nicht Bestandteil der Lieferung:

- Bauliche Maßnahmen am Aufstellort
- Bereitstellung von Medienanschlüssen
- Laborinfrastruktur
- Klimatisierung oder Schwingungsisolierung außerhalb des Systems
- IT-Infrastruktur des Auftraggebers

Der Anbieter ist verpflichtet, etwaige zusätzliche Anforderungen eindeutig zu benennen.

Darüber hinaus hat der Anbieter die Anforderungen zu folgenden Themenbereichen gemäß dem Dokument „Los2.25-1707.06B.Wertungsmatrix“ zu erfüllen:

- Lieferung, Installation, Inbetriebnahme, Abnahme und Schulung (M58-M6)
- Gewährleistung (M65)
- Service, Wartung und Ersatzteilversorgung (M66-M69)

Mit dem Angebot sind sämtliche Unterlagen vorzulegen, die zur Bewertung der technischen Leistungsfähigkeit sowie zur Prüfung der Einhaltung der Anforderungen gemäß Abschnitt 6 erforderlich sind. Die Unterlagen müssen vollständig, nachvollziehbar und eindeutig zuordenbar sein.

Zusätzlich sind über die Mindestanforderungen hinausgehende Eigenschaften im Abschnitt „2. technische Übererfüllung (wertungsrelevant)“ des Dokuments „Los2.25-1707.06B.Wertungsmatrix“ aufgeführt. Sofern solche Eigenschaften angeboten werden, sind diese vom Anbieter ebenfalls vollständig und nachvollziehbar nachzuweisen.

Die geforderten Nachweise dienen dem Nachweis der Erfüllung der Anforderungen gemäß Abschnitt 6 sowie als Grundlage für die Bewertung im Rahmen der Zuschlagskriterien gemäß Abschnitt 8. Fehlende, unvollständige oder nicht belastbare Nachweise können dazu führen, dass angebotene Leistungen in der Bewertung nicht berücksichtigt werden oder – bei Nichterfüllung von Mindestanforderungen – zum Ausschluss des Angebots führen.
Die vorzulegenden Nachweise sind im Dokument „Los2.25-1707.06B.Wertungsmatrix“ in den Abschnitten „1. Mindestanforderungen“ sowie „2. technische Übererfüllung (wertungsrelevant)“ aufgeführt.

Der Auftraggeber behält sich vor, gemäß § 56 VgV fehlende, unvollständige oder fehlerhafte unternehmens- oder leistungsbezogene Unterlagen nachzufordern, sofern dies vergaberechtlich zulässig ist. Ein Anspruch auf Nachforderung besteht nicht.
Der Auftraggeber kann die Bieter im Rahmen der Angebotsprüfung zur Aufklärung über Inhalt und Umfang ihrer Angebote auffordern. Dies umfasst insbesondere die Erläuterung technischer Angaben, die Konkretisierung angebotener Leistungsmerkmale sowie die Zuordnung von Nachweisen zu den geforderten Anforderungen.
Nachforderungen und Aufklärungen dürfen nicht zu einer inhaltlichen Änderung des Angebots führen. Insbesondere sind Änderungen der angebotenen Leistung, des Preises oder wesentlicher technischer Parameter unzulässig.
Sofern angeforderte Unterlagen oder Aufklärungen nicht fristgerecht oder nicht vollständig vorgelegt werden, kann dies zum Ausschluss des Angebots oder zur Nichtberücksichtigung einzelner Leistungsbestandteile in der Bewertung führen.

8. Zuschlagskriterien und Bewertungsmethodik

8.1 Zuschlagsprinzip

Der Zuschlag erfolgt auf das wirtschaftlichste Angebot unter Berücksichtigung der Zuschlagskriterien Preis und technische Qualität gemäß Bewertungsmatrix.

8.2 Preis (50%)

Für das Kriterium Preis erhält das Angebot mit dem niedrigsten (gewerteten) Angebotspreis 5 Punkte. Null Punkte erhält ein fiktives Angebot mit dem Doppelten des niedrigsten (gewerteten) Angebotspreises. Alle Angebote mit einem Angebotspreis über dem Doppelten des niedrigsten (gewerteten) Angebotspreises erhalten ebenfalls null Punkte. Die Punktebewertung für die dazwischenliegenden Angebotspreise erfolgt über eine lineare Interpunktion mit 4 Stellen hinter dem Komma.

Die Preispunkte für WP_{Bieter} gleich oder größer 2x WP_{min} sind **P=0**.

Die Preispunkte für WP_{Bieter} zwischen WP_{min} und 2x WP_{min} werden nach folgender Formel berechnet:

$$P=5 \times (2-WP_{Bieter}/WP_{min})$$

Hierbei ist:

- WP_{min} bezeichnet den Wertungspreis des niedrigsten Gebots, dass die Mindestanforderungen vollständig erfüllt und nicht gemäß § 60 VgV als ungewöhnlich niedrig eingestuft wird.
- WP_{Bieter} ist der Wertungspreis des Bieters.

Der so ermittelte Wert wird mit 50 % gewichtet.

S

Bewertet werden ausschließlich die nachgewiesenen technischen Leistungsparameter von im Dokument „Los2.25-1707.06B.Wertungsmatrix“ Abschnitt“ 2. technische Übererfüllung (wertungsrelevant)“ genannten Anforderungen. Jede dort genannte Anforderung wird, wie in Abschnitt 6 beschrieben, mit 0-5 Punkten bewertet ($P_{Einzelanforderung}$) und mit dem im Dokument „Los2.25-1707.06B.Wertungsmatrix“ angegebenen Wichtungsfaktor der Anforderung ($WF_{Einzelanforderung}$) multipliziert. Dabei werden 4 Nachkommastellen berücksichtigt.

$$WP_{Einzelanforderung} = P_{Einzelanforderung} \times WF_{Einzelanforderung}$$

Die Wertungszahl WP_{tech} für die technische Qualität und Leistungsfähigkeit ergibt sich als Summe aller $WP_{Einzelanforderung}$.

$$WP_{tech} = \text{Summe}\,(WP_{Einzelanforderung})$$

Der so ermittelte Wert wird mit 50 % gewichtet.

8.4 Gesamtbewertung

Die Gesamtpunktzahl ergibt sich aus der Summe der gewichteten Hauptkriterien:

$$Gesamt=(P\times 0{,}50) + (WP_{tech}\times 0{,}50)$$

Maximal erreichbar sind 5 Punkte.
Der Zuschlag wird auf das Angebot mit der höchsten Gesamtpunktzahl erteilt.

8.5 Transparenz und Dokumentation

Die Bewertung erfolgt nachvollziehbar und dokumentiert.
Für jede Einzelanforderung wird die vergebene Punktzahl einschließlich kurzer Begründung festgehalten. Eine Mehrfachbewertung identischer oder funktional gleichwertiger Leistungen in verschiedenen Einzelanforderungen ist ausgeschlossen.
Unklare, widersprüchliche oder fehlende Angaben sowie nicht belastbar nachgewiesene Leistungsbestandteile werden in der Bewertung nicht berücksichtigt und führen insoweit zu einer Bewertung mit 0 Punkten.