

MICUS Management Consulting GmbH



Autoren:

Dr. Martin Fornefeld

Peter Oefinger

Marktpotenziale für satelliten- gestütztes Pipeline-Monitoring

Deutsche Kurzfassung der Studie:

„Short-term actions on EO market drivers:
Assessment report on factors affecting demand
and supply of geoinformation in respect of
pipeline monitoring;
Analysis report – Impact of market drivers on
demand and supply of EO based geoinformation“

Inhalt

1. Zielsetzung und Vorgehensweise	1
2. Aufgaben des Pipeline-Monitoring	2
3. Aktuelle Verfahren	4
4. Marktpotenzial	5
5. Technologische Alternativen	7
6. Anforderungen an EO-basierte Systeme	10
7. Ausblick	17

1. Zielsetzung und Vorgehensweise

Im Dezember 2002 fiel der Startschuss für ein international besetztes Vorhaben der europäischen Raumfahrtagentur ESA zur Entwicklung einer Marktstrategie für Anbieter von Satellitendaten. Besonderer Fokus lag dabei auf dem Marktsegment Pipeline-Monitoring (Erkennung und Überwachung von Schäden und notwendigen Wartungsarbeiten).

Das Projekt wurde in einem Konsortium der Firmen C-CORE, Definiens Imaging, des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), MICUS und Ruhrgas unter der Führung von Terra Map Server durchgeführt. MICUS begleitete das Projekt insbesondere im Bereich der Marktstudie, die als zweibändiger Bericht vorliegt und hier in der deutschen Zusammenfassung vorgestellt wird.¹⁾

Ziel der Marktstudie war es, die Anforderungen der Nachfrageseite und die wesentlichen Marktfaktoren aufzuzeigen und damit die Basis zur Positionierung der Anbieter von Satellitendaten am Geoinformationsmarkt zu schaffen. Dabei sollten die relevanten Marktfaktoren aufgezeigt und deren Auswirkung auf die künftige Marktentwicklung beschrieben werden, um daraus die Anforderungen für eine Marktstrategie ableiten zu können.

Dem Projekt wurde als Teil des Earth Observation Envelope Programs der ESA besondere Bedeutung beigemessen. Die ESA erwartet von den Projektergebnissen, dass künftig Satellitendaten am Geoinformationsmarkt gewinnbringend verwertet werden und sich eine Dienstleistungsstruktur mit entsprechenden Mehrwertprodukten herausbildet. Auf diese Weise entwickeln sich die Satellitendaten als spezifische raumbezogene Daten zum wertvollen Rohstoff für die Informationswirtschaft des 21. Jahrhunderts.

In diesem Sinne wurden die Ergebnisse der Marktstudie berücksichtigt: Eine Kurzfrist-Strategie zur Öffnung des Marktes mit konkreten Handlungsempfehlungen für Datenanbieter, value-adding companies aber auch Europäische Institutionen (ESA, EU) wurde im Herbst im Rahmen eines internationalen Workshops vorgestellt.²⁾

Die Marktstudie stellt zunächst die heutige Praxis des Pipeline-Monitorings dar und beschreibt die Anforderungen der Pipeline-Betreiber

¹⁾ Die Originalfassung „D2.1 Assessment report on factors affecting demand and supply of geoinformation in respect of pipeline monitoring“, „D2.2 Analysis report – Impact of market drivers on demand and supply of EO based geoinformation in respect of pipeline monitoring“ steht ebenfalls auf der MICUS-Homepage als Download zur Verfügung.

²⁾ Eine Kurzfassung ist unter www.eomd.esa.int/events/pevents131.asp verfügbar.

an mögliche EO-basierte Lösungen (Earth Observation, Erdbeobachtung). Der Schwerpunkt der Studie liegt im Segment Mineralöl- und Gas-Pipelines, wobei insbesondere Hochdruck-/Transportleitungen von Bedeutung sind. Für die Untersuchung wurde ein nachfrageorientierter Ansatz gewählt – ausgehend von den Anforderungen der Pipeline-Betreiber. In diesem Zusammenhang wurden die heute verfügbaren Technologien für satellitenbasiertes Monitoring betrachtet und die weltweiten Marktpotenziale untersucht. Darauf aufbauend wurden Geschäftsmodelle für EO-basiertes Pipeline Monitoring analysiert, Chancen und Risiken beschrieben und Lösungswege aufgezeigt.

Die Ergebnisse der Nachfrageanalyse basieren auf gemeinsamen Workshops und Interviews mit zehn Pipeline-Betreibern aus Deutschland, Frankreich, Italien, Kanada und den USA.

2. Aufgaben des Pipeline-Monitorings

Ausgangspunkt ist die Frage, welche Anreize grundsätzlich für die Durchführung von Pipeline-Monitoring bestehen. Dabei sind zwei Faktoren zu unterscheiden:

1. **Ökonomisches Risiko:** z. B. aufgrund anfallender Reparaturkosten im Schadensfall, des Verlusts von Gütern bei Leckagen aber insbesondere des Risikos der Nicht-Erfüllung von Lieferverträgen im Fall einer defekten Transportleitung.
2. **Gesetzliche Anforderungen:** Vermeidung direkter Gefahren für den Mensch sowie Vermeidung von Umweltverschmutzung.

Vor diesem Hintergrund sind die Pipeline-Betreiber daran interessiert, Gefahren frühzeitig zu erkennen, um Schäden zu vermeiden und Risiken beurteilen zu können. In den meisten Ländern bestehen darüber hinaus generelle Vorschriften, Pipeline-Monitoring zu betreiben und vorhandene Pipelines regelmäßig zu warten.

Tatsächlich führen praktisch alle Pipeline-Betreiber in den Industriestaaten Pipeline-Monitoring durch, um durch laufende Kontrollen Beschädigungen und Gefahren rechtzeitig zu erkennen. Dabei konzentriert sich das Pipeline-Monitoring auf drei Hauptaufgaben:

- (1) Objekterkennung (Eingriffe durch Dritte)
- (2) Bodenbewegung
- (3) Leckagenerkennung

Die größte Gefahrenquelle stellen Eingriffe durch Dritte dar, insbesondere im Zuge von Bauarbeiten. Daher gilt es, mittels Pipeline-Monitoring frühzeitig Bauaktivitäten in der Nähe der Pipelines zu erkennen.

Eingriffe durch Dritte

Bei der Planung von Bauarbeiten besteht grundsätzlich die Verpflichtung, Auskunft seitens der Leitungsbetreiber einzuholen, ob bzw. wo sich in dem betroffenen Arbeitsbereich Pipelines befinden. Ausgedehnte Baustellen bergen meist geringe Gefahr, weil professionelle Bauunternehmen sich in der Regel vorab informieren und mit GPS ausgestattete Baumaschinen eine präzise und sichere Durchführung der Arbeiten ermöglichen. Von größerem Interesse bei der Betrachtung möglicher Gefahrenquellen sind Baumaßnahmen in unbebautem Gelände, wo nicht mit Leitungsnetzen gerechnet wird (z. B. Entwässerungsmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen) sowie kleine Baustellen, besonders wenn sie von semi-professionellen Firmen betrieben werden. Baumaßnahmen werden hier oftmals durchgeführt, ohne vorab Informationen über vorhandene Netze zu beziehen. Indikatoren für die Gefahrenerkennung sind dabei Baumaschinen, Aushübe und ähnliches.

Auftretende Gefahren infolge von Bodenbewegung können unterschiedliche Ursachen haben:

Bodenbewegung

Gründe für natürliche Bodenbewegungen:

- Seismische Aktivitäten (z. B. an der nordamerikanischen Westküste)
- Temperaturfluktuationen in arktischen Regionen (Permafrostböden Kanadas und Russlands)
- Abhängig von spezifischen geologischen Strukturen existiert in einigen Regionen Gefahr durch Erdbeben u.ä.

In Europa wird Bodenbewegung vor allem durch menschliche Einflussnahme verursacht:

- Bergschäden
- Einlassen von Gasen in unterirdische Höhlen: Die Lagerung von Gasen in einer Höhle (z. B. Salzbergwerk) als Zwischenspeicher durch Gasversorger kann zu Verformungen der Oberfläche führen.

Frühindikatoren für Bodenbewegung sind Veränderungen an der Oberfläche, z. B. Nässungen.

Das Aufspüren von kleineren Leckagen bildet eine der Hauptaufgaben bei der Früherkennung von Leckagen. Während große Leckstellen (Gasaustritt $> 10 \text{ m}^3/\text{h}$) ein messbares Absinken des Drucks innerhalb der Leitung verursachen und daher schnell durch Rohrleitungsmanagementsysteme registriert werden, sind kleinere Leckagen oftmals schwer zu identifizieren.

Leckagenerkennung

Solche beispielsweise korrosionsbedingten, kleinen Leckstellen (Gasaustritt $< 10 \text{ m}^3/\text{h}$) sollen durch ein regelmäßiges Pipeline-Monitoring frühzeitig identifiziert werden. Indikatoren sind beispielsweise Verfärbungen der umgebenden Vegetation.

Betroffen sind hier insbesondere ältere Leitungen aus Stahl, teilweise mit Elementen aus Gusseisen, während neuere Leitungen aus flexiblem Polyethylen weniger anfällig sind.

Hauptaufgaben und ihre Indikatoren im Rahmen des Pipeline-Monitoring

In allen europäischen Ländern sind die Pipeline-Betreiber gesetzlich verpflichtet, einen einwandfreien Zustand der Leitungen sicherzustellen. Daher gilt es, Gefahrenpotenziale frühzeitig zu identifizieren – zu diesem Zweck wird Pipeline-Monitoring betrieben:



3. Aktuelle Verfahren

Derzeit wird Pipeline-Monitoring mittels zwei unterschiedlicher Verfahren durchgeführt:

- (1) Begehung/Befahrung der Leitungen
- (2) Befliegung der Leitungen mit Hubschraubern oder Kleinflugzeugen

Hauptaufgabe der Begehung/Befahrung ist die Erkennung von Leckagen sowie in bebauten Gebieten der Schutz vor Einwirkung Dritter. Für die Leckageerkennung werden Gassonden eingesetzt, wobei besonderes Augenmerk auf sogenannte „hot spots“ gelegt wird. Die Häufigkeit der Leitungsbegehung hängt im Wesentlichen von ihrem Alter ab: Je älter das Leitungssystem, desto häufiger muss eine solche Untersuchung durchgeführt werden. Die Möglichkeit einer Befahrung des Untersuchungsgebiets ist im großen Maße von der Beschaffenheit des Terrains abhängig und zum Beispiel auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nicht möglich. Insgesamt sind die gegenwärtig praktizierten Methoden sehr personal- und kostenintensiv. Vor diesem Hintergrund sind die meisten Pipeline-Betreiber gegenüber einer weniger kostenintensiven Alternative grundsätzlich aufgeschlossen.

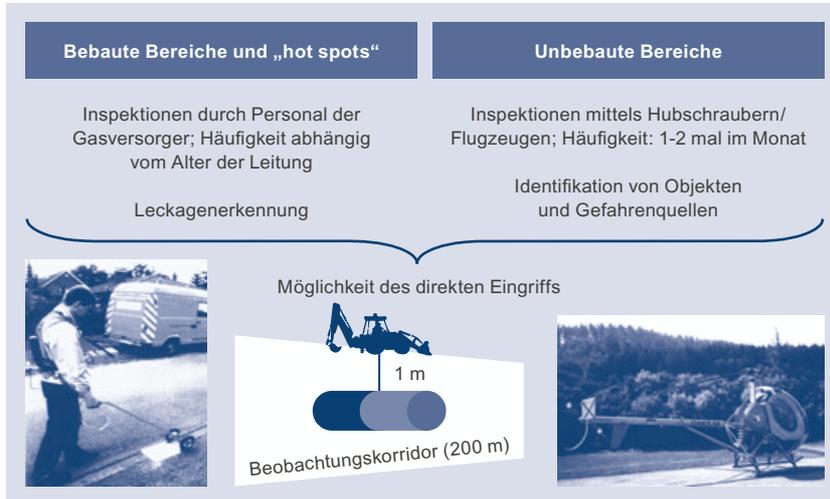
Begehung/Befahrung

Das Befliegen der Leitungen wird hauptsächlich mittels Kleinflugzeugen oder Hubschraubern durchgeführt. Neben der Identifikation von Bodenbewegung und Leckagen sollen auch unmittelbare Gefahren durch Einflüsse Dritter (Bauarbeiten) innerhalb eines Beobachtungskorridors von rund 200m Breite entdeckt werden. In den meisten Fällen wird das Befliegen der Rohrleitungen von Befliegungsunternehmen durchgeführt, die die Beobachtungen dokumentieren und aufbereiten an die Leitwarte des Pipeline-Betreibers weitergeben. In den

Befliegung

meisten Fällen befinden sich die Leitungen zwar ca. 1 m unterhalb der Erdoberfläche. Jedoch ist eine Inspektion aus der Luft möglich, da die Trassen in der Regel frei von Büschen und Bäumen gehalten werden.

Für das Pipeline-Monitoring werden zwei Verfahren angewandt



Fotos: Ruhrgas

Die Befliegung wird je nach Leitungsbetreiber ein- bis zweimal pro Monat durchgeführt. Ein Vorteil der Befliegung mit Hubschraubern liegt in der Möglichkeit, Auffälligkeiten direkt näher zu überprüfen („tiefer gehen, eine zusätzliche Runde fliegen“). Durch die flexiblen Landemöglichkeiten von Hubschraubern kann bei Bedarf sogar direkt eingegriffen werden, um etwa nicht angemeldete Baumaßnahmen zu stoppen. Trotz dieser Vorteile ist das Verfahren – 14-tägig oder monatlich angewandt – recht aufwändig und kostenintensiv.

4. Marktpotenzial

Angesichts der heute kostenintensiven Verfahren des Pipeline-Monitorings stellt sich die Frage nach dem Marktpotenzial für EO-basierte Lösungen. Ausschlaggebend ist dabei zunächst der Umfang des zu beobachtenden Leitungsnetzes. Hier ist aufgrund der extensiven Pipeline-Systeme vor allem das Segment Naturgas von Bedeutung.

Die Länge der Hochdruckleitungsnetze³⁾ ist beachtlich (einige Länder in Auswahl):

Länge der Pipeline-Netze

- Europa: 200.000 km (geschätzt), davon
- Deutschland 42.000 km
- Frankreich 30.470 km
- Italien 29.000 km

³⁾ Hochdruckbereich 4 bis 100 bar

Russland	144.810 km
USA	330.000 km (Transport zwischen Bundesstaaten)
Kanada	ca. 100.000 km
Ukraine	22.000 km (Transitleitung)
China	5.000 km (Schätzung)

Genauere Zahlen zu den derzeitigen Ausgaben der Pipeline-Betreiber für Monitoringzwecke sind nicht verfügbar. Das Marktpotenzial wird jedoch anhand folgender Beispielrechnung deutlich:

- Der Preis der Befliegung liegt bei rund 3 Euro pro Leitungskilometer
- Für Europa ergibt sich bei 14-tägiger Befliegung und 200.000 km Transportnetz ein Marktpotenzial von rund 15 Mio. Euro p.a.
- Hier nicht berücksichtigt sind die Kosten der Begehung/Befahrung

Doch wie hoch ist das weltweite Marktpotenzial für EO-basierte Lösungen tatsächlich? Entscheidend ist dabei die Frage, wie intensiv in den relevanten Regionen tatsächlich Pipeline-Monitoring betrieben wird. Hier sind zwei Einflussgrößen von Bedeutung:

- Rechtliche Faktoren
- Ökonomische Faktoren

In den europäischen Ländern sind Leitungsbetreiber rechtlich dazu verpflichtet, durch ständige Kontrolle ihre Netze zu prüfen. Dies gilt auch für Nord-Amerika und die GUS-Staaten. Dabei sind jedoch regionale Unterschiede zu beobachten: So existieren in Deutschland Selbstverpflichtungen der Mitgliedsunternehmen der „Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)“ mit quasi-rechtlichem Charakter. Diese Regelungen konkretisieren die Vorgaben des europäischen Standards DIN EN 1594 („Anforderungen an Werkstoffe, Planung, Bau, Betrieb, Unterhaltung und Sanierung von Gastransportleitungen über 16 bar Betriebsdruck“), z. B. hinsichtlich der Monitoringfrequenz. Für andere westeuropäische Länder bestehen weniger konkrete Vorschriften. In Nordamerika richten sich die Leitungsbetreiber nach den geltenden ISO-Richtlinien. Diese Regelungen sind im Vergleich zu den europäischen weniger restriktiv und eröffnen den Betroffenen mehr Spielräume in der Gestaltung des Pipeline-Monitorings.

Rechtliche Faktoren

Schwellenländer und MOE-Staaten hatten bisher nur rudimentäre Regelwerke. Allerdings ist im Zuge der EU-Erweiterung sowie der zunehmenden wirtschaftlichen Verflechtung zwischen EU-Staaten und osteuropäischen Staaten im Gassegment eine kontinuierliche Harmonisierung der Vorschriften auf hohem westeuropäischem Niveau zu erwarten. In der Folge bedeutet dies, dass künftig auch in osteuropäischen Staaten eine vergleichbare Nachfrage nach Monitoring-Lösungen zu beobachten sein wird, wie in den EU-Staaten.

Das spezifische Marktpotenzial für ein EO-basiertes Pipeline-Monitoring wird letztlich durch ökonomische Faktoren bestimmt. Entscheidend sind dabei die Opportunitätskosten, also die Kosten, die durch konventionelles Monitoring verursacht werden. Die wichtigste Einflussgröße ist hier das Lohnniveau: In Ländern mit hohem Lohnniveau ist der Anreiz besonders hoch, auf (automatisierte) EO-basierte Verfahren umzusteigen und so die erheblichen Personalkosten im Zuge der Begehung/Befliegung zu reduzieren.

Ökonomische Faktoren

Das Marktpotenzial für EO-basierte Technologien korreliert positiv mit dem ökonomischen Wohlstand einer Region (Pro-Kopf-Einkommen): In den wohlhabenden Ländern besteht erheblicher Bedarf an Pipeline-Monitoring-Lösungen. Derzeit sind dies insbesondere die Europäische Union, USA, Kanada und Japan. Für künftige Betrachtungen sollten verstärkt wirtschaftlich aufstrebende Länder wie China oder Indien sowie Gas- und Öl-fördernde Länder bzw. Transit-Länder (z. B. Russland und Ukraine) berücksichtigt werden. Darüber hinaus kann im Zuge der Erweiterung der Europäischen Union von der Entstehung neuer Märkte in Ländern Mittel- und Ost-Europas ausgegangen werden.

Insgesamt besteht also eine beträchtliche Nachfrage nach Pipeline-Monitoring-Lösungen. Das weltweite Marktvolumen für Pipeline-Monitoring liegt in der Größenordnung von 50 bis 80 Mio. Euro, manche Schätzungen gehen sogar von deutlich höheren Beträgen aus. Wie hoch der erzielbare Anteil von EO-basierten Lösungen ausfällt, hängt maßgeblich davon ab, für welche Aufgaben sich eine solche Lösung eignet. Daher werden im Folgenden die grundsätzlichen technologischen Alternativen zu konventioneller Befliegung/Begehung dargestellt.

5. Technologische Alternativen

Es wurde aufgezeigt, dass die derzeitigen Verfahren den Anforderungen der Pipeline-Betreiber gerecht werden, jedoch hohe Kosten verursachen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern mittels technologischer Alternativen Kostensenkungen erzielt werden könnten.

Als unterstützende Technologien für terrestrische Inspektionen kommen grundsätzlich zwei Ansätze in Frage:

Terrestrische Technologien

1. Innenrohruntersuchungen durch „intelligente Molche“: Molchungen zur Untersuchung und Wartung der Leitungen mittels Ultraschall oder Magnetfeld-Sensoren werden bereits heute durchgeführt. Die Geräte sind jedoch nicht dazu geeignet, die dargestellten Aufgaben des Pipeline-Monitorings zu übernehmen. Darüber hinaus lassen sich intelligente Molche konstruktionsabhängig nicht in allen Pipelines einsetzen.

2. Glasfaserbasierte Überwachung: Diese innovative Technologie nutzt Glasfaserkabel, die in kurzer Entfernung zur Rohrleitung verlegt sein müssen (max. 1 m).⁴⁾ Die durch Störungen wie Bautätigkeiten verursachten akustischen Vibrationen verursachen minimale Verformungen der Glasfaserkabel, die elektronisch registriert und von einer Software positionsgenau ausgewertet werden. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht in der Möglichkeit einer wetterunabhängigen 24-Stunden-Überwachung. Das System befindet sich jedoch erst in der Experimentierphase und ist (noch) sehr kostenintensiv – es wird voraussichtlich nur selektiv entlang sogenannter hot spots eingesetzt werden.

Zur Überwachung aus der Luft kommen neben der heute praktizierten Befliegung grundsätzlich zwei Möglichkeiten in Betracht:

Technologien zur Überwachung aus der Luft

1. Der Einsatz unbemannter Flugzeuge: hier sind insbesondere hoch fliegende unbemannte Flugzeuge zu nennen, die quasi-stationär über dem Zielterrain kreisen. Technisch ist dies realisierbar, rechtlich jedoch derzeit aus Gründen der Flugsicherheit bei Start und Landung nicht zulässig.
2. Nutzung von Satelliten: diese Alternative ist aufgrund der rechtlichen Barrieren für die Entwicklung EO-basierter Pipeline-Monitoring-Lösungen von besonderem Interesse.

Während die Beobachtung bei konventioneller Befliegung vor allem durch die direkte menschliche Wahrnehmung erfolgt, sind bei den hochfliegenden Satelliten leistungsfähige Sensortechnologien erforderlich. Entsprechende Sensoren werden jedoch auch bereits als Ergänzung im Rahmen der Befliegung erprobt.

Folgende Technologien sind in dem Zusammenhang zu nennen:

- Thermografie
- Laserbasierte Technologien (Lidar)
- Radarsysteme (SAR)
- Hyperspektralsensoren
- Mikrowellenradiometer
- Optische Systeme

Bei der Thermografie wird die Infrarotstrahlung von Objekten gemessen. Üblicherweise wird diese Technologie zum Aufspüren von Leckagen und zur Objekterkennung verwendet. Aufgrund der niedrigen Auflösung kann sie lediglich in niedrigen Flughöhen eingesetzt werden.

Thermografie

⁴⁾ Infolge der Trassenbündelung sind teilweise in unmittelbarer Nähe der Leitungen Telekommunikationsnetze aus Glasfaser verlegt, die zu diesem Zweck genutzt werden können.

Lidar (light detecting and ranging) ist ein laserbasiertes Verfahren zur Analyse der Konzentration von Gasen in der Atmosphäre. Diese Vorgehensweise bei der Aufspürung von Leckagen aus Rohrleitungen hat sich in zahlreichen Tests bei Leitungsbetreibern bewährt. Sie ist jedoch ebenfalls nur vom Flugzeug aus einsetzbar, die Signalstärke reicht aufgrund atmosphärischer Störungen nicht für eine satellitengestützte Überwachung aus.

Lidar

Hyperspektralsensoren messen den Reflexionsgrad von Objekten zur Bestimmung von deren Oberflächeneigenschaften. Trotz der niedrigen Auflösung bietet sich hier eine Möglichkeit zur Objekt- und Leckagenerkennung im Rahmen der Befliegung.

Hyperspektralsensoren

Mikrowellenradiometer erfassen Strahlungen im Mikrowellenbereich abhängig von Emissions- und Reflexionseigenschaften von Objekten. Aufgrund der Unabhängigkeit von Wetterbedingungen bietet sich damit ein interessantes Verfahren, das sich jedoch noch in der Entwicklungsphase befindet.

Mikrowellenradiometer

Optische Systeme basieren auf verschiedenen Arten von Kameras, die an den Flugzeugen oder an den Hubschraubern angebracht werden. Die generierten Abbildungen können mittels softwarebasierter Auswertung als Ergänzungsinformationen herangezogen werden. Die Systeme bieten zwar bereits hohe Auflösungen – ein Nachteil liegt jedoch in ihrer Wetterabhängigkeit (Bewölkung!).

Optische Systeme

SAR (synthetic aperture radar)-Systeme können zur Erkennung von Objekten wie auch Bodenbewegungen eingesetzt werden. Die gegenwärtig genutzten Systeme verfügen über eine Auflösung von etwa 0,5m. Höhere Auflösungen sind im Zuge der technischen Entwicklung zu erwarten. Die Stärke dieser Technologie liegt in der Wetterunabhängigkeit sowie der besonders deutlichen Identifikation metallischer Kanten (z. B. Baumaschinen). Auch Bodenbewegungen lassen sich hier sehr präzise identifizieren.

SAR

Grundsätzlich ist festzustellen, dass diverse vielversprechende Sensorsysteme existieren, von denen jedoch nicht ein einzelnes System als Lösung für ein satelliten-basiertes Pipeline-Monitoring in Betracht kommt. Statt dessen wird die Kombination von Daten verschiedener Sensortypen erforderlich sein. Trotz der vorhandenen technischen Herausforderungen könnten Erdbeobachtungsdaten zumindest eine interessante Ergänzung zum konventionellen Pipeline-Monitoring werden.

Als zusätzliche Technologien für die Befliegung werden außerdem derzeit verschiedene Sensortypen mit vielversprechenden Ergebnissen erprobt.

Satellitenbasiertes Pipeline-Monitoring kann gegenwärtig als Ergänzung jedoch nicht als Ersatz für konventionelle Verfahren eingesetzt werden

	Objekt- erkennung	Leckagen- erkennung	Bodenbe- wegungen	
Thermografie	✓	✓		Gegenwärtig nicht geeignet für Satellitenbetrieb: Niedrige Auflösung und nur bei Flügen in niedriger Höhe einsetzbar
Lidar (light detecting and ranging)		✓		
Hyperspektral-sensoren	✓	✓		Technische Herausforderungen für satellitenbasierte Sensoren: <ul style="list-style-type: none"> • Beschränkte Auflösung • Beschränkte Möglichkeiten der Leckagenerkennung • Optische Systeme sind wetterabhängig • Probleme beim Monitoring in komplexen oder städtischen Arealen • Häufigkeit der Beobachtungen • Positionsgenauigkeit
Mikrowellen-radiometer	✓		✓	
Optische Systeme	✓		✓	
SAR (synthetic aperture radar)	✓		✓	

6. Anforderungen an EO-basierte Systeme

Es wird deutlich, dass bereits vielversprechende Sensortechnologien verfügbar sind. Doch welche Anforderungen stellen die Nutzer an mögliche EO-basierte Systeme? Hier lassen sich konkrete Anforderungen identifizieren:

Technisch-inhaltliche Anforderungen

- (1) Laufende Bereitstellung aktueller Informationen: Da Monitoring eine Daueraufgabe ist, benötigen die Pipeline-Betreiber in regelmäßigen Intervallen (z. B. 14-tägig) aktualisierte Informationen. Die Verlässlichkeit des Systems ist dabei entscheidend (Vermeidung von Totalausfällen).
- (2) Verfügbarkeit von Informationen mit hoher Positionsgenauigkeit: Gefahrenquellen, die sich außerhalb des Beobachtungskorridors befinden, sind für die Pipeline-Betreiber nicht relevant.
- (3) Die Pipeline-Betreiber wollen eine Komplettdienstleistung beziehen, keine Rohdaten: Die Gasgesellschaften sind nicht an Satellitenbildern interessiert, sie benötigen vielmehr gezielte Informationen über vorhandene Gefährdungen.
- (4) Die bereitgestellten Informationen müssen kompatibel zu den Systemen der Pipeline-Betreiber sein, und über festgelegte Schnittstellen in deren Systeme integriert werden können. Letztlich muss für die Nutzer dargestellt werden, wie die Informationen in die internen Prozesse integriert werden können und so Effizienzsteigerungen ermöglichen.
- (5) Die Zahl übersehener Gefahrenquellen gilt es zu minimieren.
- (6) Fehlalarm-Quoten sowie irrelevante Gefahren gilt es ebenfalls zu minimieren, denn jeder Fehlalarm verursacht Kosten für den Pipeline-Betreiber.

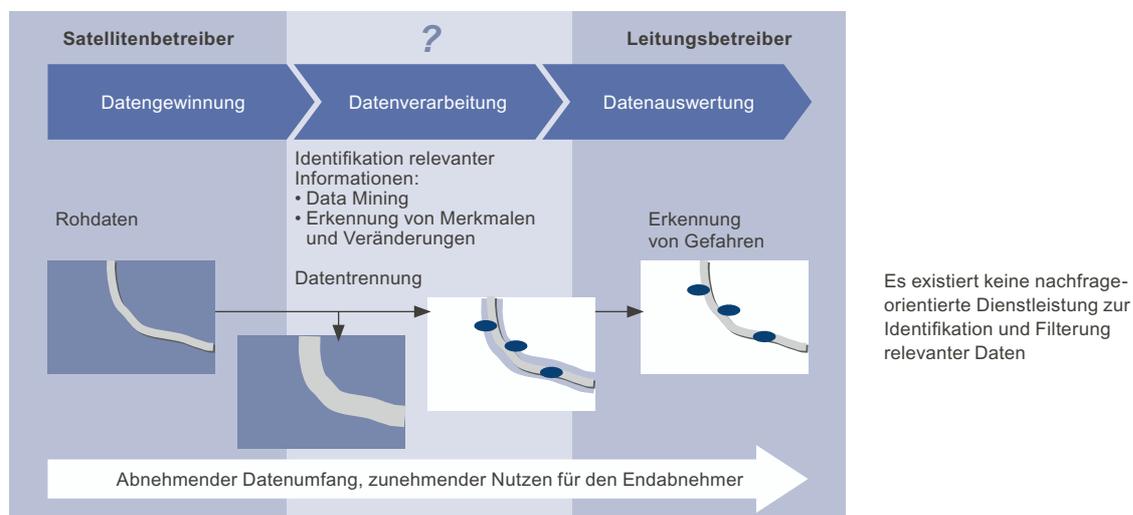
- (7) Die Möglichkeit der direkten Intervention im Zuge der Befliegung ist bei satellitengestützten Diensten nicht gegeben – Aber es muss zumindest gewährleistet sein, dass die Informationen zeitnah bereitgestellt werden (geringe time-to-market).

Diese bereits recht konkreten Anforderungen verdeutlichen, dass ein wesentliches Element der Wertschöpfungskette noch nicht belegt ist:

Auf der Angebotsseite stehen die Anbieter von Satellitendaten. Auf der Nachfrageseite stehen Pipeline-Betreiber, die keine Satellitendaten, sondern gezielt aufbereitete Informationen benötigen. Was fehlt, ist ein Dienstleister, der aus den Satellitendaten die Informationen innerhalb des relevanten Beobachtungskorridors herausfiltert, Gefährdungen identifiziert und bewertet und diese den Pipeline-Betreibern aufbereitet zur Verfügung stellt.

Entsprechende Hersteller von Objekterkennungssoftware (feature detection) sind bereits vorhanden: mit solchen Lösungen könnten aus den umfangreichen Satellitendaten die tatsächlich relevanten Informationen herausgefiltert werden. Was jedoch noch nicht realisiert wurde, ist deren Integration in die komplette Wertschöpfungskette.

Um Marktpotenziale auszuschöpfen, müssen Dienstleistungen an den Anforderungen der Leitungsbetreiber ausgerichtet werden

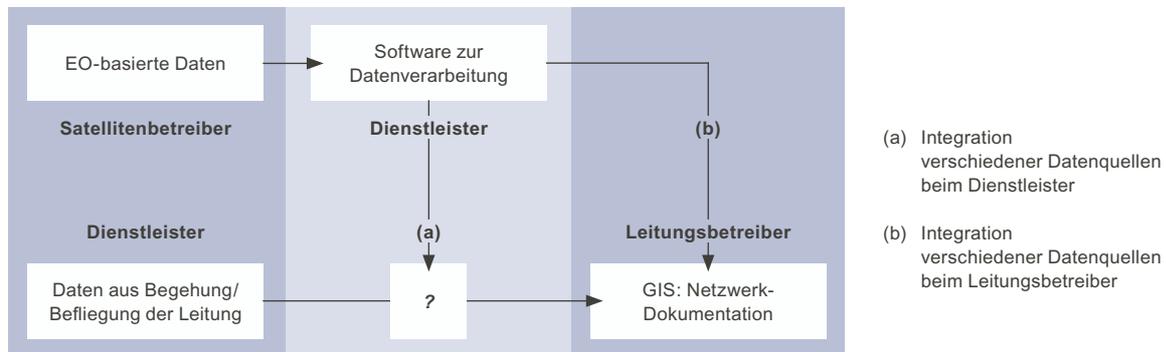


Beim Aufbau einer entsprechenden Dienstleistung ist außerdem zu berücksichtigen, dass der bereitgestellte Service in vorhandene Strukturen integriert werden muss. So ist vor allem kurzfristig zu erwarten, dass EO-basierte Dienste konventionelles Monitoring nur partiell substituieren werden. Das bedeutet: EO-Daten und Daten aus Begehung und Befliegung müssen integriert durch die Systeme der Pipeline-Betreiber, insbesondere die GIS/Netzwerkdokumentation, verarbeitet werden können. Umso wichtiger ist daher eine enge Kooperation

Integration in bestehende Architekturen

zwischen den Beteiligten entlang der Wertschöpfungskette (Datenanbieter, Dienstleister, Pipeline-Betreiber).

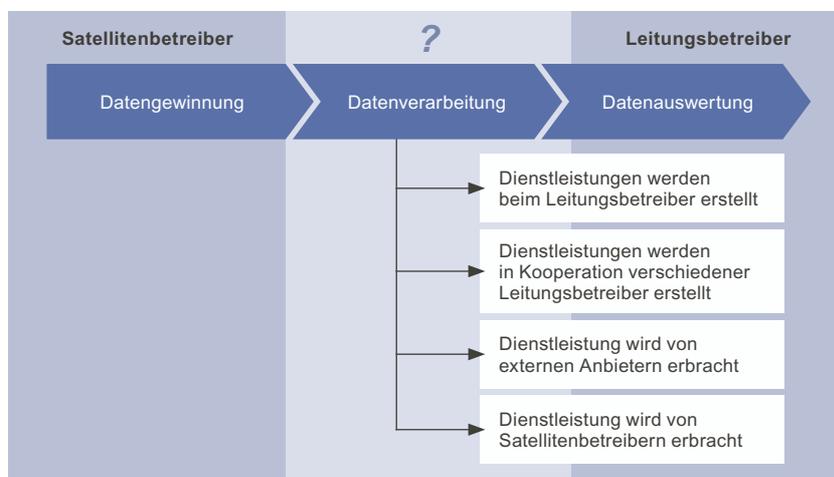
Integration von Datenquellen entlang der Wertschöpfungskette



Die Kernfrage im Hinblick auf ein geeignetes Geschäftsmodell ist: Wer soll die EO-basierte Dienstleistung anbieten? Vier Basismodelle kommen in Frage:

Geschäftsmodelle

- (1) Jeder Pipeline-Betreiber erstellt diese Dienstleistung selbst
- (2) Pipeline-Betreiber erstellen diese Dienstleistung in Kooperation
- (3) Die Dienstleistung wird von einem externen Anbieter erbracht (z. B. Software-Hersteller)
- (4) Datenanbieter stellen diesen Dienst zur Verfügung



Darüber hinaus können diese Basismodelle miteinander kombiniert werden, z. B. vertikale Kooperation zwischen Datenanbieter und Dienstleister. Aus der Sicht der Pipeline-Betreiber sind grundsätzlich alle Varianten möglich. Entscheidend ist vielmehr die Frage: Unter welchen Bedingungen werden die Pipeline-Betreiber eine EO-basierte Dienstleistung akzeptieren?

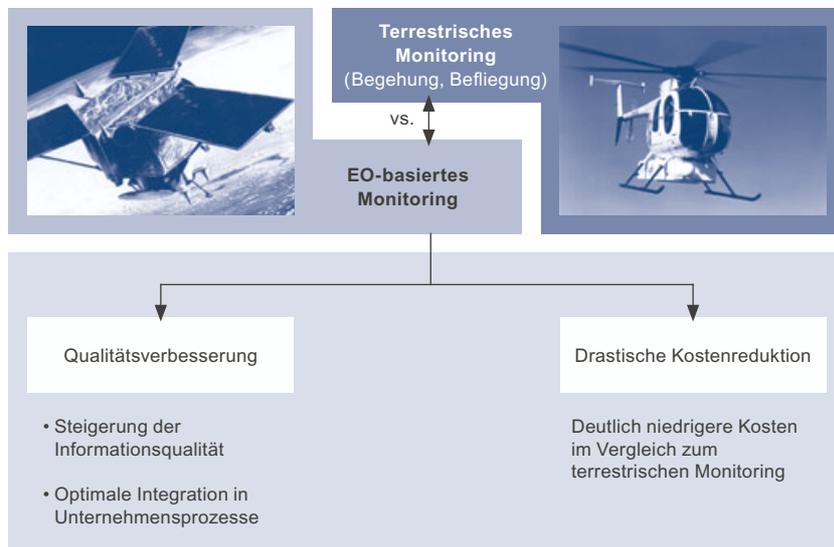
Darauf gibt es zwei Antworten:

- (1) EO-basierte Dienstleistungen werden dann nachgefragt, wenn sie eine Qualitätsverbesserung gegenüber konventionellem Monitoring ermöglichen.
- (2) EO-basiertes Monitoring wird sich dann durchsetzen, wenn es Kostenvorteile mit sich bringt.

Notwendigkeit von Kostenvorteilen

Die Betrachtung der heutigen Sensortechnologien hat gezeigt, dass EO-basierte Lösungen kurzfristig keine substantiellen qualitativen Verbesserungen im Vergleich zur Begehung/Befliegung ermöglichen werden. Daher müssen die EO-Services erhebliche Kostenreduzierungen mit sich bringen.

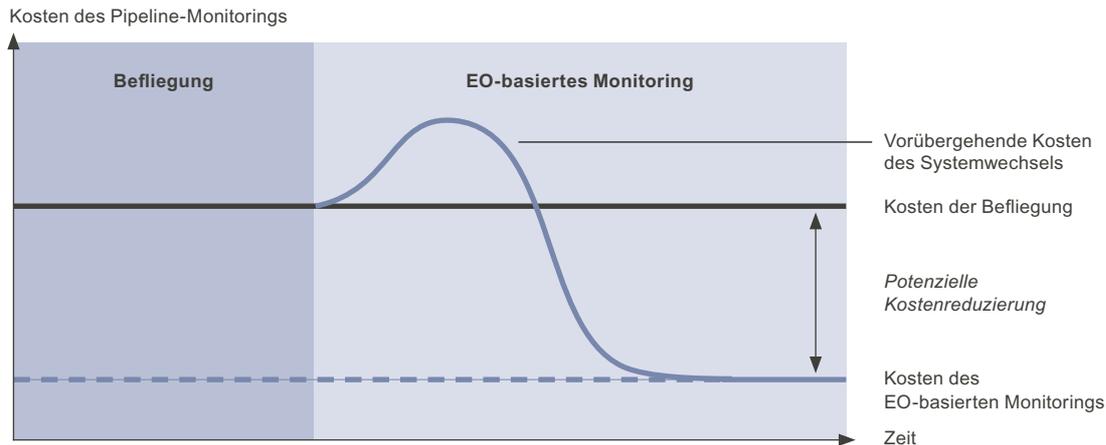
EO-Technologien werden sich nur dann erfolgreich sein, wenn sie erhebliche Vorteile gegenüber konventionellem Pipeline-Monitoring bieten



Fotos: Ruhrgas

Dass die Einführung neuer Technologien zunächst zusätzliche Kosten verursacht, verdeutlicht folgendes Beispiel: Wenn ein Pipeline-Betreiber zu einem anderen Befliegungsdienstleister wechselt, so ist in der Anfangszeit mit einer hohen Fehlalarmrate zu rechnen, die den Verarbeitungsaufwand auf seiten des Pipeline-Betreibers erhöht. Mit der Zeit stellen sich jedoch Lerneffekte ein, so dass irrelevante Informationen durch den Dienstleister wirksamer gefiltert werden und so die Kosten wieder sinken. Ein entsprechender Effekt ist auch bei einem Wechsel von konventionellem zu EO-basiertem Monitoring zu erwarten. Dies verdeutlicht, dass die Pipeline-Betreiber die neue Dienstleistung nur dann akzeptieren werden, wenn sie dadurch mittelfristig deutliche Kostensenkungen erwarten.

Vorübergehende Kosten des Systemwechsels



Die Diskussion möglicher Kostenvorteile verdeutlicht, dass ein zentrales Erfolgskriterium EO-basierten Monitorings das zu Grunde liegende Preismodell sein wird. Hier ist eine Anpassung der Preispolitik der Anbieter von Satellitendaten erforderlich: So werden heute standardisierte Kacheln von 121km² (Ikonos) bzw. 64km² (Quickbird) zu einem Festpreis von rund 25 Euro pro km² angeboten. Gerade für Pipeline-Monitoring ist diese Preispolitik wenig nachfrageorientiert, da hier jeweils nur Informationen zum relevanten Beobachtungskorridor benötigt werden und keine flächendeckenden Daten. Insgesamt sind die Preise noch sehr hoch: Selbst dann, wenn die Pipeline-Betreiber lediglich für den 200m breiten Beobachtungskorridor bezahlen müssten, würden bei 200.000km Pipelinenetz in Europa und 14-tägigem Datenbezug noch immer 26 Mio. Euro an jährlichen Kosten anfallen (die Beispielrechnung für Befliegung ergab den Vergleichswert 15 Mio. Euro). Hier ist noch nicht berücksichtigt, dass bei EO-basiertem Monitoring voraussichtlich mehrere Datenquellen genutzt werden müssen sowie Kosten für die Datenauswertung und -aufbereitung durch einen Dienstleister anfallen.

Preismodelle

Nachfrageorientierte Preisgestaltung bedeutet, dass die Festlegung der Preise für satellitenbasierte Informationen sich nach der Zahlungsbereitschaft der Endabnehmer richtet. Preismodelle, wie sie für internetbasierte Dienstleistungen verwendet werden, können hier als Vorlage dienen. So könnten Pay-Per-Use Angebote für Pipeline-Betreiber, die nur einen begrenzten Anteil der Daten benötigen, entwickelt werden. Alternativ könnten mit Dienstleistern, die permanenten Bedarf an EO-basierten Informationen haben, Flat-Rate-Modelle vereinbart werden – im Sinne von Zugangs- und Nutzungsberechtigungen zu den EO-Datenbanken.

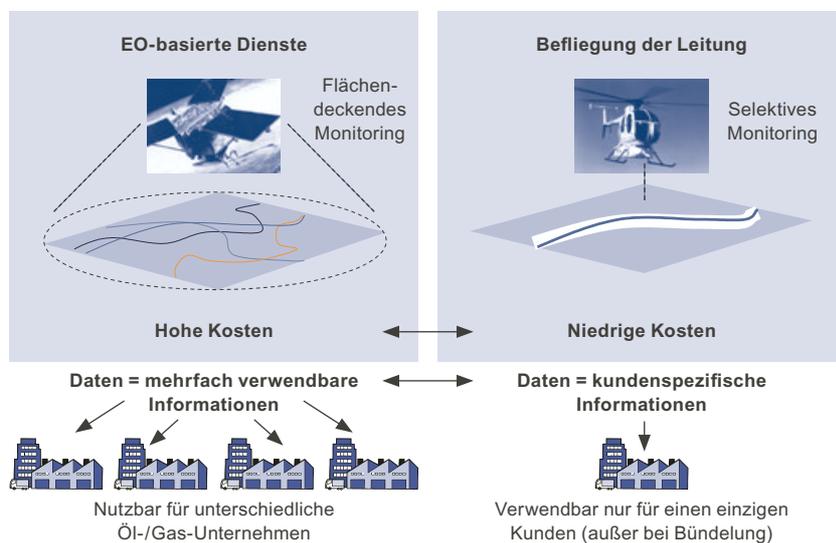
Pay-per-Use/Flat-Rate

Doch wie kann angesichts der hohen Investitions- und Betriebskosten für satellitenbasierte Technologien ein tragfähiges Geschäftsmodell bei dennoch moderaten Preisen entstehen?

Ein wesentlicher Vorteil der EO-basierten Daten liegt darin, dass sie ein flächendeckendes Monitoring ermöglichen, während die Daten der Befliegung zwar zu vergleichsweise niedrigen Kosten erstellt werden, aber auch nur ein selektives Monitoring für eine ausgewählte Trasse ermöglichen. Die EO-Daten sind daher mehrfach verwendbar, während es sich bei Befliegungsdaten um kundenspezifische Daten handelt. Ein tragfähiges Geschäftsmodell für EO-basierte Dienstleistungen muss daher auf einer Multi-Customer-Strategie aufbauen: aus einem Datenbestand können mehrere Pipeline- oder Trassen-Betreiber bedient werden.

Multi-Customer-Strategie

Kostenvorteile können durch Mehrfachnutzung der EO-Daten erzielt werden

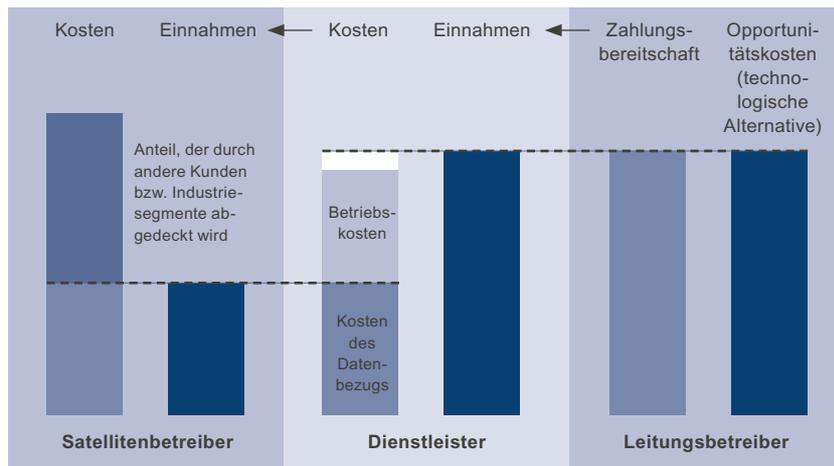


Fotos: Ruhrgas

Ein marktgerechtes Geschäftsmodell muss sich an der Zahlungsbereitschaft der Kunden orientieren. Diese ist durch die Opportunitätskosten des jeweiligen Pipeline-Betreibers – das heißt seinen aktuellen Befliegungskosten – definiert. Damit sind die maximal erzielbaren Umsätze des EO-Dienstleisters beschränkt, mit denen er seine Betriebskosten sowie die Kosten des Bezugs von EO-Daten decken muss. Für die Anbieter von Satellitendaten sind folglich die Einnahmen pro Kunde begrenzt. Dies verdeutlicht, dass für den Anbieter der Satellitendaten ein Mehrfachvertrieb der Daten für unterschiedliche Kunden erforderlich sein wird.

Kostendeckung durch Übertragung auf andere Marktsegmente

Kostendeckung kann durch Mehrfachvertrieb von Rohdaten erreicht werden

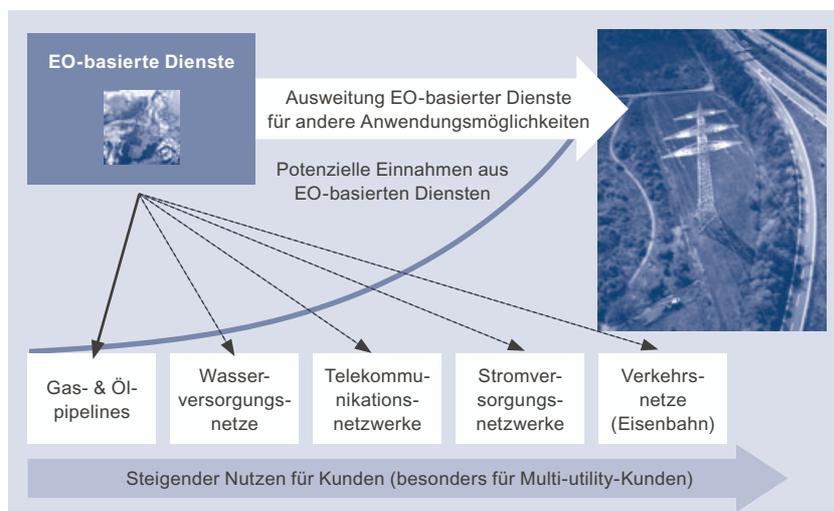


Es ist zu erwarten, dass mit nur einem Nachfragesegment keine dauerhafte Kostendeckung erzielt werden kann. Daher empfiehlt es sich, die für Gas- und Öl-Pipelines entwickelten Geschäftsmodelle mittelfristig auf andere Segmente zu übertragen, z. B.:

- Leitungen zur Beförderung von flüssigen Chemikalien (z. B. Ethylen)
- Wasserversorgungsnetze
- Telekommunikationsnetzwerke (z. B. Glasfasernetzwerke)
- Stromversorgungsnetzwerke
- Verkehrsnetze (z. B. Eisenbahnnetzwerke)

Durch eine branchenübergreifende Vertriebsstrategie kann eine Win-win-Situation für Anbieter, Dienstleister aber auch die Nutzer entstehen und eine dauerhafte wirtschaftliche Nutzung von EO-basierten Informationen ermöglicht werden.

Übertragung von EO-basierten Diensten auf andere Netzwerktypen bietet eine Win-win-Situation für Anbieter und Nachfrager



Fotos: Ruhrgas

7. Ausblick

Insgesamt hat die Untersuchung verdeutlicht, dass satellitengestütztes Pipeline-Monitoring bereits heute möglich ist, wenn

Bereits heute realisierbare Anwendungsbereiche

- die Kosten des Datenbezugs gering sind bzw. ein nachfragegerechtes Preismodell existiert
- mehrere Pipeline- oder Trassenbetreiber aus einem Datenbestand bedient werden können
- durch konventionelle terrestrische Methoden kein sicheres Monitoring möglich ist (z. B. in Krisengebieten oder in abgelegenen Regionen mit schlechter Infrastruktur)
- es ergänzend zu konventionellen terrestrischen Methoden eingesetzt wird

Zu diesem Zweck sind geeignete Geschäfts- und Betreibermodelle zu entwickeln – unter Mitwirkung nationaler und internationaler Unternehmen und Organisationen.

Was sind nun die nächsten Schritte zur Entwicklung eines EO-basierten Pipeline-Monitorings? Folgende strategische Ansätze sollten – unabhängig von der notwendigen Weiterentwicklung bestehender Sensortechnologien sowie der Objekterkennungs- und Analysesoftware – verfolgt werden:

Die nächsten Schritte

- (1) Eine marktfähige Lösung, basierend auf den heute verfügbaren Daten entwickeln
- (2) Die Wertschöpfungskette durch Einbeziehung von Satellitenbetreibern/Anbietern von Satellitendaten sowie Dienstleistern definieren
- (3) Nachfrageorientierte Preismodelle entwickeln
- (4) Ein Detailkonzept für das Geschäftsmodell entwickeln
- (5) Best-practice Beispiele realisieren

Die vorliegende Marktstudie fand große Beachtung seitens der ESA aber auch diverser value-adding companies. Aufbauend auf dieser Untersuchung wurde im weiteren Projektverlauf eine Kurzfrist-Strategie entwickelt, in der konkrete Handlungsempfehlungen für öffentliche Einrichtungen (ESA/EU) und Dienstleister/Softwareanbieter dargestellt wurden, um den Aufbau eines EO-basierten Pipeline-Monitorings technisch und wirtschaftlich voranzutreiben.⁵⁾

⁵⁾ Eine Zusammenfassung der Strategie findet sich unter www.eomd.esa.int/events/pevents131.asp

