

Neue Version des Local Positioning Radar von Symeo

# Präzise Kranortung mit Millimeter

Wenn es um Warenverfolgung, Kollisionsvermeidung oder Einhalten von Sperrbereichen geht, ist die exakte Kenntnis der absoluten Kranposition erforderlich. Im industriellen Umfeld stellen Schmutz, Dampf oder Hitze, aber auch der Wechsel zwischen Innen- und Außenbereichen eine besondere Herausforderung an die Messtechnik dar. Besonders geeignet sind deshalb Mikrowellensysteme, da sie keinerlei bewegte Teile enthalten und wartungsfrei arbeiten. Die neueste Version des Local Positioning Radar von Symeo (LPR-1D HP) arbeitet mit Wellenlängen im Millimeterbereich, wodurch erstmals eine Messgenauigkeit von  $\pm 1$  cm möglich ist.

■ Sven Röhr

Das Local Positioning Radar (LPR) nutzt sowohl in den Versionen im 5,8-GHz-Bereich wie auch in der neuesten Version mit 61 GHz (Bild 1) jeweils linear frequenzmodulierte Radarsignale, sog. FMCW-Radarsignale, zur Entfernungsmessung. An der Messung sind mindestens zwei Stationen beteiligt.

Alle Stationen verfügen über eine identische Hardwareausstattung. Mithilfe der Software wird jedoch eine Station als Basisstation (BS) und die andere Station als Transponder (TS) konfiguriert. Die Basisstation misst ihre Entfernung zum Transponder in zwei Schritten. Während der Synchronisation sendet die Basisstation zunächst FMCW-Radarsignale aus. Der Transponder synchronisiert sich auf diese Signale, indem der auftretende Zeitversatz und Frequenzversatz zwischen den Stationen korrigiert wird. Anschließend sendet der Transponder ein synchronisiertes Antwortsignal zurück. Weil die zur Synchronisation er-



1 Arbeitet hochgenau und wartungsfrei: das neue 61-GHz-System LPR-1D HP mit integrierter Antenne

forderliche Rechenzeit exakt bekannt ist, können anhand des Eintreffzeitpunktes des Antwortsignals in der Basisstation die Laufzeit und damit die Entfernung zwischen den Einheiten bestimmt werden.

Dieses Verfahren lässt sich auf mehrere Transponder erweitern, d. h., dass eine Basisstation die Entfernung zu mehreren Transpondern gleichzeitig misst. Dadurch erschließt sich neben der 1D-Abstandsmessung eine Vielzahl neuer Anwendungen, wie beispielsweise die 2D-Ortung oder die Überwachung mehrerer Krane durch eine Basisstation.

### Stand der Technik: Zentimeterwellensystem LPR-1D, LPR-2D

Das bisher bekannte System LPR-1D/2D auf 5,8-GHz-Basis nutzt den Bereich der Zentimeterwellen. Es sendet Signale mit einer Bandbreite von 150 MHz und einer Sendeleistung von 25 mW EIRP, d. h. inklusive Antennengewinn, aus. Für den Frequenzbereich bei 5,8 GHz gibt es kommerziell erhältliche Antennen und Kabel, so dass verschiedene Konfigurationen des Systems möglich sind (Bild 2). Beispielsweise kann eine Einheit mit zwei Antennen abwechselnd weitere Einheiten abfragen, oder eine

mobile Einheit kann mehrere wandmontierte Einheiten gleichzeitig abfragen, um die eigene 2D-Position zu bestimmen.

Das System lässt sich je nach Anwendungsfall mit verschiedenen Antennen kombinieren, die sich in Öffnungswinkel und Richtgewinn unterscheiden. So werden zur 1D-Abstandsmessung richtscharfe Antennen verwendet, um den Umgebungseinfluss zu minimieren und große Reichweiten von bis zu 1 800 m zu erzielen.

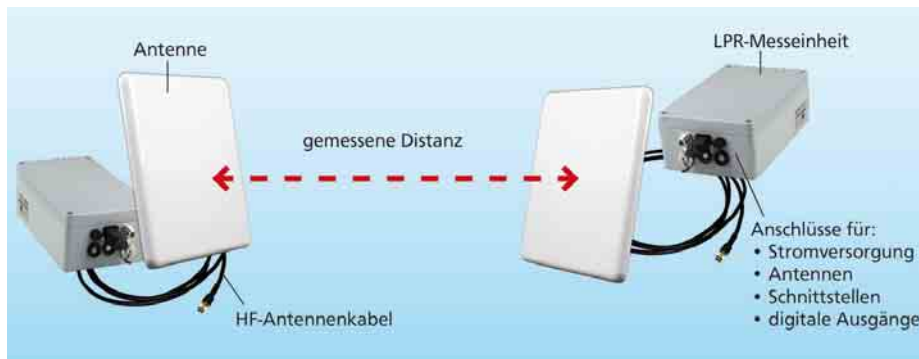
### Parallele Datenübertragung ist möglich

Neben der reinen Entfernung- und Geschwindigkeitsmessung bietet das System LPR-1D/2D eine Vielzahl weiterer Funktionen. So kann die Hardware der Stationen dazu genutzt werden, um Informationen zwischen den Stationen zu übertragen. Dazu werden FSK-modulierte Signale bei ebenfalls 5,8 GHz verwendet. Ohne zusätzliche Infrastruktur ist es möglich, Daten zwischen allen LPR-1D/2D-Einheiten auszutauschen. So stehen beispielsweise die Entfernungswerte nicht nur an der Basisstation, sondern auch am Transponder zur Verfügung. Sind mehrere Stationen beteiligt, sind die Daten an allen Stationen abrufbar. Außerdem lassen sich Nutzerdaten – z. B. die Messwerte einer Wiegezelle an der Krantraverse – zwischen den Stationen mit übertragen, ohne dass ein zusätzliches Kommunikationsnetz eingerichtet werden muss.

Weiterhin können die gemessenen Entfernungen direkt in den LPR-Einheiten ausgewertet werden. Mithilfe einer einfach zu nutzenden Parametriersoftware, die mit dem System ausgeliefert wird, lassen sich entfernungsabhängig Ereignisse auslösen. So können beispielsweise eingebaute Relais geschaltet werden, wenn zulässige Mindestabstände zwischen zwei Kranen unterschritten werden. Dadurch ist das System vor allem zur autarken Kollisionsvermeidung optimal geeignet.

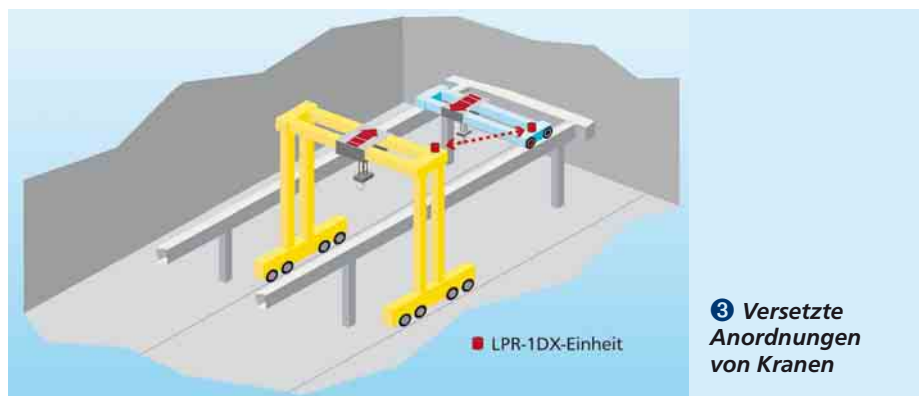
### Kollisionsvermeidung, Warenverfolgung und andere Applikationen

Das System LPR-1D lässt sich zur Kollisionsvermeidung bei Kranen vielfältig nutzen. Besonders vorteilhaft ist die permanente gegenseitige Überwachung der Systeme über den gesamten Mess- und Verfahrbereich, wodurch sicherheitsrelevante Störungen schon vor dem Erreichen einer Warndistanz erkannt werden können. Ebenfalls wichtig ist die Möglichkeit, Montageoffsets zu parametrieren und das System so an die gewählte Antennenposition anzupassen. Von Bedeutung ist auch der Einsatz von unterschiedlichen, an die Applikation angepassten Antennen. So

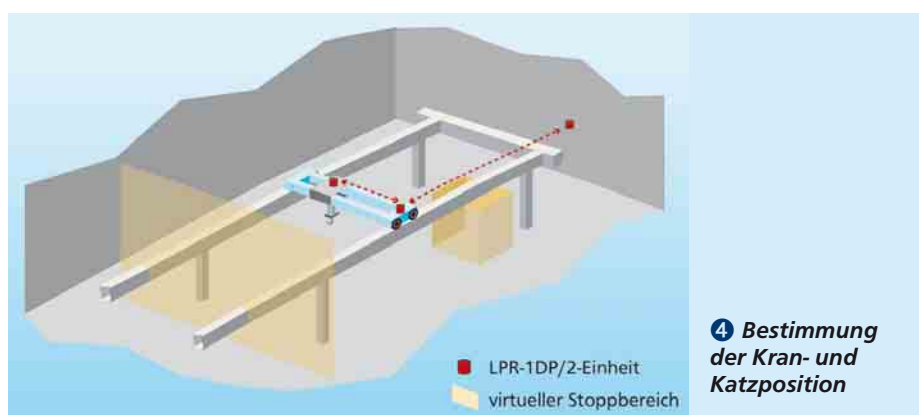


2 LPR-1D-Messsystem mit Richtantennen

# wellen



③ **Versetzte Anordnungen von Kranen**



④ **Bestimmung der Kran- und Katzposition**

können beispielsweise Antennen mit größerem Öffnungswinkel verwendet werden, wenn die Kranbahnen, wie im Bild ③ dargestellt, gegeneinander horizontal und vertikal versetzt sind. Bei Verwendung von zwei Antennen an nur einer LPR-1D-Station lassen sich auch Antikollisionswar-

nungen auf einem Kran in beide Richtungen realisieren.

Neben der Kollisionswarnung wird das System zur Verfolgung der Kranposition in 2D für logistische Anwendungen verwendet. Dazu können drei LPR-1D-Stationen in einer L-förmigen Anordnung verwendet

werden (Bild ④). Eine Station wird dabei mit zwei Antennen ausgestattet. Über die erste Antenne wird längs der Kranbahn die Entfernung zu einer an der Hallenwand montierten Station gemessen. Über die zweite Antenne wird quer zur Kranbahn die Entfernung zu einer Einheit an der Krankatze gemessen. Damit ist die Position der Krankatze in 2D bekannt. Während der Messung kommunizieren die LPR-1D/2D-Stationen mit der jeweils an der Messung beteiligten Partnerstation. Durch die Identifizierung jeder Station mit einer eindeutigen Gruppen- und Stationsidentifikationsnummer wird auch in Anordnungen mit vielen Einheiten sicher gestellt, dass die Messung stets zur gewünschten Partnerstation durchgeführt wird. Damit lassen sich unabhängige parallele Messstrecken in unmittelbarer Nähe zueinander aufbauen oder Anordnungen redundant betreiben.

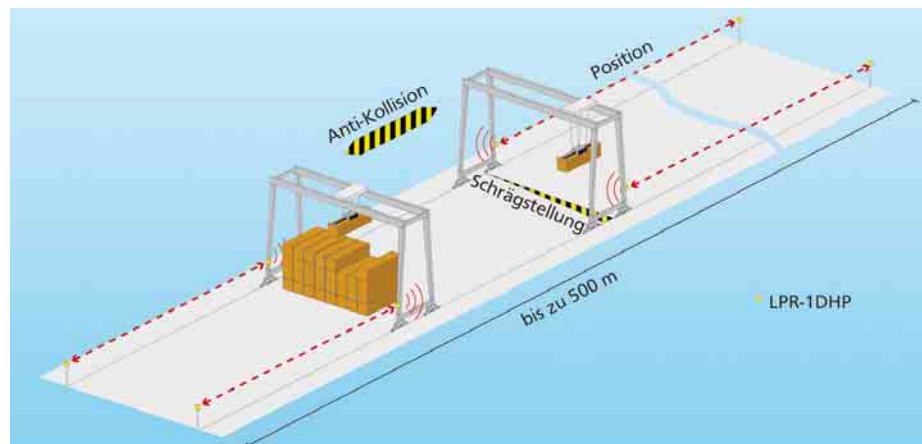
## Hochgenaues Millimeterwellensystem LPR-1D HP

Für das neuartige Messsystem LPR-1D HP wurde der international lizenzfreie Frequenzbereich von 61 bis 61,5 GHz gewählt. Die Wellenlänge der verwendeten Radarsignale beträgt somit etwa 5 mm. Der Vor-

**Technische Daten der Systeme LPR-1D/2D (5,8 GHz) und LPR-1D HP (61 GHz) im Vergleich**

	LPR-1D/2D	LPR-1D HP
Mittelfrequenz	5,8 GHz	61,25 GHz
verfügbare Bandbreite	150 MHz	500 MHz
erlaubte Sendeleistung	25 mW EIRP	100 mW EIRP
Reichweite	bis 2 km	bis 500 m
Messrate	bis 30 Hz	bis 30 Hz
Messgenauigkeit	bis ±5 cm	bis ±1 cm
Kommunikation	zwischen allen Stationen ohne zusätzliche Infrastruktur möglich	geplant
Schnittstellen	RS232, TCP/IP, Profibus, potenziell freie Relais	RS232, TCP/IP, Profibus
Temperaturbereich	-40 °C bis +75 °C	-40 °C bis +75 °C

teil dieses Systems liegt in der großen Messbandbreite. Im frei verfügbaren ISM-Band bei 61 GHz steht eine Bandbreite von 500 MHz zur Verfügung. Dadurch wird das Auflösungsvermögen des Systems in Bezug auf Mehrwege gegenüber dem 5,8-GHz-System um etwa den Faktor 3 verbessert und die hohe Messgenauigkeit von ±1 cm erreicht.



**5 LPR-1D HP zur Positionierung, Kollisionsvermeidung und zur Gleichlaufregelung automatischer Containerkrane** (Bilder: Symeo)

messung bzw. bei Verwendung von mehreren Systemen auch zur x-y-Positionserfassung geeignet. Der kleine Öffnungswinkel minimiert den Störeinfluss durch Mehrwegeausbreitung der Signale. Der Öffnungswinkel ist dabei aber wesentlich größer als der Öffnungswinkel von üblichen Lasersystemen, der im Bereich von 0,5° liegt. Damit muss das Radarsystem nicht so genau wie das Lasersystem ausgerichtet werden, ist daher deutlich einfacher zu installieren und ist weniger empfindlich gegenüber Kipp-, Verdreh- und Verwindungsbewegungen der Krane. Es kann vor allem zur Positionierung und Steuerung von Automatikkränen oder auch zur Gleichlaufregelung von Portalkranen eingesetzt werden (Bild 5).

**Resümee**

Das auf der Laufzeitmessung von Mikrowellen basierende Local Positioning Radar (LPR) der Symeo GmbH ermöglicht eine exakte Entfernungsmessung und Positionierung in industriellen Anwendungen. Durch den Einsatz von Millimeterwellen im 61-GHz-Bereich erreichen die Geräte bei sehr robustem Aufbau eine Genauigkeit von ±1 cm. Die Messung wird von extremer Witterung und Schmutz nicht beeinflusst. Einfache Installation und Wartungsfreiheit sichern den technischen und kommerziellen Kundennutzen (s. Tafel). □

Messprinzip und Aufbau des LPR-1D HP ähneln dem 5,8-GHz-System. So wird der gleiche Signalprozessor zur Steuerung des Systems verwendet. Der Signalgenerator besteht wiederum aus einem digitalen Synthesizer mit nachgeschalteter Phasenregelschleife. Allerdings kommt beim 61-GHz-System ein spannungsgesteuerter Oszillator zum Einsatz, der Signale bei einer Frequenz von etwa 5,1 GHz erzeugt. Diesem schließt sich ein Verzwölfacher an, der die Signale in das gewünschte Frequenzband bei 61 GHz hochsetzt. Die erlaubte Sendeleistung beträgt im ISM-Band bei 61 GHz 100 mW EIRP, die Systemreichweite des LPR-1D HP liegt bei etwa 500 m.

Sende- und Empfangsschalter sowie der Mischer sind zusammen mit dem Verzwölfacher auf einem zusätzlichen Modul untergebracht. Diese Einheit wird auf einem neuartigen organischen Substrat aufgebaut. Diese innovative Auf-

bautechnik vermeidet Probleme, wie sie bei konventionellem Aufbau auf keramischen Substraten auftreten können, u. a. mangelnde Temperaturbeständigkeit oder Empfindlichkeit gegenüber mechanischer Belastung. Daher zeichnet sich das System LPR-1D HP durch eine sehr hohe Robustheit aus. Zudem lassen sich auf Grund der kurzen Wellenlänge kompakte Antennen mit großer Richtwirkung, die durch dielektrische Linsen noch unterstützt wird, realisieren. Die Abmessungen einer LPR-1D HP-Station betragen etwa 140 mm × 140 mm × 270 mm (B × H × T). Die Richtantenne (Linse) ist im Gehäuse integriert.

**Genauer und robuster: Millimeterwellen haben viele Vorteile**

Auf Grund des geringen 3-dB-Öffnungswinkels von nur 4° ist das LPR-1D HP vor allem zur hochgenauen 1D-Entfernungs-

**Sven Röhr**  
ist Projektleiter  
bei der Symeo GmbH  
in Neubiberg