



WHITEPAPER:
Leitungsführung unter widrigen Bedingungen:
Der e-loop als vielseitiger Problemlöser

Oktober 2021

igus®



Bild 1
Die bisher übliche Lösung: Service Loops für die Energiezuführung an Tiefbohranlagen in „Top Drive“-Bauweise.
Quelle: igus® GmbH



Bild 2
Die robuste und langlebige Alternative: der e-loop.
Quelle: igus® GmbH



Bild 3
Ein wesentliches Konstruktionsprinzip des e-loop – ein hochzugfestes Kunststoffseil als Zugentlastung – bewährt sich bereits bei einer Heavy-duty-Energiekette für Offshore-Windkraftanlagen.
Quelle: igus® GmbH

Einleitung

Wie kreativ Konstrukteure des Schwermaschinenbaus sind und wie schnell sie neue Ideen ihrer Zulieferer umsetzen, zeigt beispielhaft eine Energie- und Signalzuführung für Heavy-Duty-Applikationen. Ursprünglich für einen ganz speziellen Einsatzfall in Tiefbohranlagen entwickelt, kommt sie nur kurze Zeit nach der Markteinführung z. B. auch in Schaufelradbaggern, Schiffsentladern und beim Bau von Offshore-Windkraftanlagen zur Anwendung. Denn auch in diesen Anlagen benötigt man Energieführungen, die extrem widerstandsfähig gegenüber Wind, Stöße, Schläge und Zugkräfte sind.

Die Aufgabenstellung war klar umrissen: Der Anwender wünschte eine deutlich robustere und langlebigere Alternative zu den bis dahin üblichen „Service Loops“ in Tiefbohranlagen (Bild 1).

Bei diesen Loops handelt es sich um umwickelte und vergossene Leitungspakete, die an einem Fixpunkt des Bohrerüsts, d. h. frei im Mast, aufgehängt sind. Bei Bohranlagen in „Top Drive“-Bauweise sorgen sie für die Zuführung von Energie, Signalen und flüssigen Medien zum beweglichen Kraftdrehkopf, der das Bohrgestänge antreibt. Das geschieht unter extrem widrigen Bedingungen wie Vibrationen, unregelmäßigen mechanischen Beanspruchungen (Schlag- und Stoßbelastungen) und starker Verschmutzung im 24/7-Betrieb.

Entwicklungsziel: Höhere Zuverlässigkeit von hängenden Energieketten

Zielrichtung der gewünschten Neuentwicklung, die igus® im Jahr 2019 erstmals auf einer Messe präsentierte, war insbesondere die Langlebigkeit und Zuverlässigkeit der Energiezuführung. Denn die Bohranlagen arbeiten im 24/7-Betrieb, und jeder außerplanmäßige Stillstand hat Einbußen bei der Verfügbarkeit und der Produktivität der Anlage zur Folge.

Langlebig und dreidimensional beweglich: der e-loop

Exakt für dieses Anwendungsprofil haben die igus® Konstrukteure ein grundsätzlich neues System der Energieführung entwickelt: den e-loop (Bild 2). Zu seinen Hauptmerkmalen gehört die Trennung der Führungs- bzw. Gehäuseelemente von der Aufnahme der Zugkräfte. Dabei konnten die Konstrukteure gedankliche „Anleihen“ bei der e-kette für Offshore-Anwendungen machen, die sich bereits in anspruchsvollen Applikationen von Offshore-Windparks und bei großen Leitungslängen bewährt (Bild 3). Bei dieser Energiekette mit rechteckigem Querschnitt befindet sich in der Mitte ein hochzugfestes Kunststoffseil als Zugentlastung.

Dieses Grundprinzip wurde beim e-loop übernommen. Das Seil nimmt die Zugkräfte auf und leitet sie über die Anschlüsselemente in die Trägerstruktur. Die (in diesem Fall runde und hängende) Kette hängt also nicht bei jeder Bewegung mit ihrem gesamten Gewicht an den Aufhängungspunkten (Bild 4).

Hohe mechanische Belastbarkeit

Der e-loop eignet sich für dreidimensionale Bewegungen und kann dabei hohe Kräfte aus allen Richtungen aufnehmen. Das ist (ebenso wie die wirkungsvolle Zugentlastung) nötig, weil die Leitungspakete beachtliche Gewichte von 20 bis 30 kg/m erreichen können. Entsprechende Belastungen muss die Kette in der dreidimensionalen Bewegung aushalten: Auch große Einzeladerleitungen mit Querschnitten von 400 mm² werden von der Kunststoffkette mit hochzugfestem Seil als „Seele“ sicher geführt – in drei Dimensionen.

Schnell bewährt – aus guten Gründen

Der e-loop bewährte sich zunächst im igus® Testfeld (siehe unten), dann in Pilot-Anwendungen und wenig später auch in Serien-Top-Drive-Tiefbohranlagen. Dass das System rasch auf großes Interesse im Zielmarkt stieß, hat gute Gründe, denn bei der Energieführung an Bohranlagen gab es eindeutig Verbesserungspotential: Die bis dahin vorherrschenden Service Loops haben keine Führung und besitzen keinen definierten Biegeradius. Sie können sich unkontrolliert bewegen und im schlimmsten Fall brechen. Außerdem bewegen sich die einzelnen Leitungen im Innern der Schläuche zueinander. Auch das führt zu vorzeitigem Verschleiß, bis hin zum Kabelbruch. Darüber hinaus können sich die lose hängenden Service Loops bei extremen Windbedingungen im Mast, an der Sensorik sowie der Lichtanlage oder auch miteinander verhaken und abreißen. In diesen Fällen muss das komplette Leitungs- bzw. Schlauchpaket getauscht werden, weil die einzelnen Leitungen mit dem Schlauch vergossen sind. Das mag zwar die Lebensdauer der Leitung(en) erhöhen, bedeutet aber auch, dass der komplette Loop z. B. bei einem Kabelbruch nur als Ganzes getauscht werden kann.



Bild 4:
Der e-loop besteht aus kreisförmigen Grundelementen. In der Mitte gut sichtbar: die Führung für das Seil.
Quelle: igus® GmbH

Anwendungsfälle in unterwarteten Einsatzgebieten

In der ersten Serien-Anwendung kommt eine 300 mm-Kette mit einem Fahrweg von 34 Metern zum Einsatz, die mit einer Geschwindigkeit von maximal 2,2 m/s verfährt und eine Zusatzlast von 19 kg/m trägt.

Für eben diese Anwendungen hatten die igus® Konstrukteure den e-loop entwickelt. Überraschend waren aber die zusätzlichen Einsatzfälle, die sich innerhalb weniger Monate nach der Markteinführung ergaben – in ganz unterschiedlichen Anwendungsbereichen

Anwendungsfall 1: Schifflader

Schifflader für Schüttgut sind mit einem teleskopierbaren, mehrdimensional beweglichen Saugrüssel ausgestattet, mit dessen Hilfe der Laderaum komplett entleert werden kann. Sensoren am Saugorgan verhindern u.a. Kollisionen mit Streben und Stützen im Laderaum. Üblicherweise sind die Leitungspakete, die zur Sensorik führen, lose verlegt, weil es keine Energiezuführung für diese Anwendung gab. Ein Betreiber hat nun einen ersten Schifflader mit mehreren e-loops ausgerüstet und ist mit dieser Lösung vollkommen zufrieden. (Bild 5)

Anwendungsfall 2: Schaufelradbagger

Semi-mobile Schaufelradbagger im Tagebau werden über ein groß dimensioniertes Leitungspaket („Powerleitung“) mit Elektrizität versorgt. Im hier beschriebenen Fall werden die Leitungen an einem Förderband zur Materialabfuhr geführt. In der Praxis sorgte dies vor allem bei Frost für Probleme und Ausfälle. Dann kann das am Boden liegende Leitungspaket festfrieren und bei Bewegung beschädigt werden.

In einer Pilot-Anwendung in Norddeutschland wurde ein Tagebau-Bagger mit einem e-loop umgerüstet, wobei der Loop hier nicht (nur) hängend angeordnet ist, sondern zeitweise – je nach Standort des Baggers – auch auf dem Boden liegt. Das System bewährt sich so gut, dass in Kürze zwei weitere schwere Schaufelradbagger mit e-loops ausgerüstet werden sollen. (Bild 6)

Anwendungsfall 3: Errichterschiffe von Offshore-Windparks

Beim Bau von Offshore-Windparks kommen Errichterschiffe mit so genannten „Pile Grippers“ zum Einsatz. Diese komplexen und schweren Greifer führen und halten den Mast unter Extrembedingungen (Wellengang, Salzwasser, Starkwind etc.) während er im Fundament fixiert wird. Dabei müssen sie Wellenbewegungen und Drift kompensieren. Aus diesem Grund sind die Gripper mit einer automatisierten „heave compensation“ ausgestattet, die das Greiforgan entsprechend ausrichtet – in allen

beweglichen Achsen. igus® projiziert aktuell maßgeschneiderte e-loops für zwei Hersteller dieser „Pile Gripper“-Errichterschiffe. (Bild 7)

Anwendungsfall 4: Heavy-Duty-Regalbediengerät

Ein Hersteller von Betonfundamenten und –fertigteile lagert die produzierten und ebenso schweren wie großformatigen Bauteile in einem Regal der Größe XXL im Außenbereich. In bzw. oberhalb der rund 40 Meter langen Regalgasse verfährt ein Regalbediengerät, das ähnlich aufgebaut ist wie ein Portalkran. Die Energie- und Signalführung auf der z-Achse zum Lastaufnahmemittel übernimmt ein e-loop, der frei hängend unterhalb des RBG montiert ist. Eine Energiekette kann hier nicht eingesetzt werden, weil es keine Führungsmöglichkeit gibt. Der e-loop erlaubt eine zuverlässige Energieführung auf langen Fahrwegen und ohne zusätzliche Komponenten wie Führungsrinnen oder -schienen.

Anwendungsfall 5: Offshore-Solaranlage

Diese vier Projekte wurden bereits realisiert, weitere und nicht weniger spannende befinden sich aktuell in der Projektierungsphase. Ein Beispiel: Um zusätzliche Flächen für die Gewinnung von Solarstrom zu gewinnen, könnten die Solarmodule offshore auf schwimmenden Pontons montiert werden. Die Module sind jeweils miteinander verbunden. Da sie durch den Wellengang Relativbewegungen zueinander ausführen, werden – so der Plan eines Herstellers – die Energie- und Signalleitungen durch e-loops verbunden.

Der e-loop genau betrachtet: Sicherer und wetterbeständiger Leitungsschutz

Bei allen fünf Anwendungen, die hier kurz beschrieben sind – plus der ursprünglichen Ziel-Applikation in Tiefbohranlagen – handelt es sich um Außeneinsätze unter unterschiedlichen, aber immer widrigen Bedingungen.

Das passt, weil die gesamte Konstruktion des e-loop durch und durch „wetterfest“ ist. Der Kettenwerkstoff ist korrosionsfrei und chemikalienbeständig. Auch die beweglichen Verbindungen der Kettenglieder sind mit Blick auf lange Lebensdauer unter Extrembedingungen konstruiert. Das Seil im Zentrum besteht aus einer synthetischen Kunststofffaser und ist ebenfalls extrem langlebig, wetterbeständig, flexibel und korrosionsfrei.



Bild 5
Schifflader
Quelle: www.istock.com



Bild 6
In dieser Anwendung ist der e-loop, je nach Auslegerzustand des Baggers, zeitweise hängend und zeitweise liegend angeordnet.
Quelle: Fa. Holcim/Igus® GmbH



Bild 7
Ein weiteres Anwendungsgebiet für den e-loop sind „Pile Grippers“ an Errichterschiffen von Offshore-Windparks.
Quelle: www.istock.com

Sicherer Leitungsschutz, einfache Montage

Auch gegen mechanische Belastungen ist der e-loop bestens geschützt. Er besteht aus einzelnen Kettengliedern, die einen stoßunempfindlichen Außenkörper-Aufsatz (Protektoren) aus PU-Schaum und ein leitungs-schonendes Innenleben aus dem igumid Hochleistungspolymer besitzen (siehe Bild 4).

Die modulare Energiekette lässt sich von außen öffnen und gut befüllen. Einzelne Leitungen können schnell eingesetzt und im Wartungsfall getauscht werden. Die Kettenglieder sind außerdem jederzeit wechselbar.

„Tried and tested“: Crashtest für Energiekette

Typisch für alle igus® Produkte sind die umfassenden Tests in der Entwicklungsphase, die im eigenen Prüfczentrum stattfinden. Beim e-loop wurde zum Beispiel ein komplett konfektionierter e-loop mit Leitungsbe-füllung für einen 500 t-Top Drive im Dauerversuch gefahren – unter freiem Himmel mit allen Umwelteinflüssen sowie zusätzlicher Simulation von Wind und Vibrationen. Mittlerweile hat die Kette rund 120.000 Doppelhü-be absolviert. Das Ergebnis: Sämtliche witterungsbedingten Einflüsse ha-ben keinen Einfluss auf die Funktion des e-loops. Auch seitliche Schläge, Stöße und konstante Vibrationen beeinträchtigen nicht die Funktion der Energiekette und der Leitungen.

Aufschlussreich war auch ein Bruchtest. Bei ihm wurde ein e-loop aus einer Höhe von zehn Metern pendelnd gegen einen Tresor geschwungen und trifft diesen mit voller Wucht. Diesen Versuch überstand das Ketten-system ohne Probleme (Bild 8).

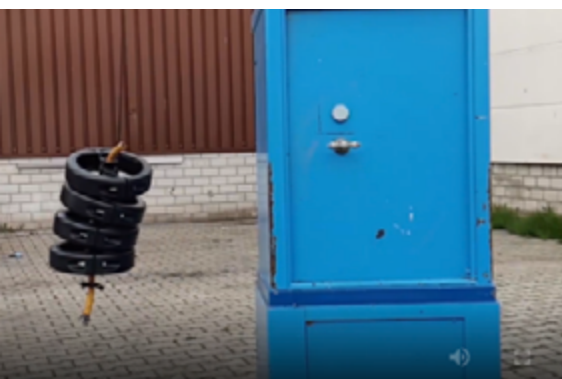


Bild 8
Zu den Tests, denen der e-loop vor der Markteinführung unterzogen wurde, gehörten auch Bruchtests beim Aufschlag auf einen Stahlschrank.
Quelle: igus® GmbH



Bild 9
Ebenfalls neu entwickelt wurden passende CFSPECIAL-Leitungen mit großem Querschnitt (bis 400 mm²) für den e-loop.
Quelle: igus® GmbH

Passende Leitungen, für bewegliche Anwendungen entwickelt

Es versteht sich von selbst, dass die beste bewegliche (und in diesem Fall sogar dreidimensional bewegliche) Energieführung nur dann zielführend eingesetzt wird, wenn auch die Leitungen entsprechend belastbar sind. Diese Anforderungen erfüllen konventionelle Leitungen eindeutig nicht. Deshalb hat igus® – wiederum speziell für diesen Einsatzfall, d. h.

für die Energieversorgung von Top Drive-Antrieben – das Programm der chainflex-Motorleitungen erweitert. Diese Leitungen wurden von Grund auf für bewegliche Anwendungen entwickelt und stehen jetzt auch in größeren Querschnitten zur Verfügung. Zum CFSPECIAL-Programm gehören Einzeladern mit Querschnitten von 240 bis 400 mm² und auch paargeschirmte Leitungen (Bild 9).

Produkt sucht Anwendung: Viele weitere Projekte und Ideen

Der e-loop ist aktuell in verschiedenen Ausführungen und drei Außendurchmessern (220, 300 und 430 mm) verfügbar. Die größte Variante mit 430 mm Durchmesser wurde zusätzlich zu den beiden bestehenden Baureihen aufgrund einer Kundenapplikation entwickelt.

Auch über die hier vorgestellten bereits realisierten bzw. in der Planung befindlichen Anwendungen gibt es viele weitere Ideen für den Einsatz des e-loop als Energie- und Signalführung in Außenbereichen und unter widrigen Bedingungen.

Aus Sicht von igus® zeigt das Beispiel e-loop: Es lohnt sich, auch für Nischenmärkte intensive Entwicklungsarbeit zu betreiben. Wenn die Konstruktion ausgereift ist und das Produkt sich bewährt, können im besten Fall schnell zusätzliche Anwendungsbereiche erschlossen werden. Beim e-loop sieht es sogar so aus, als könnte sich die neue Baureihe im breiten Energieketten-Programm von igus® als Standardlösung für Heavy-duty-Anwendungen etablieren. Das ist letztlich nicht überraschend, denn nicht nur in Tiefbohranlagen benötigt man Energieführungen, die extrem widerstandsfähig gegenüber Wind, Stöße, Schläge und Zugkräfte sind. Die Grundkonstruktion des e-loop – Seilführung als Zugentlastung, robuste und mehrdimensional bewegliche Kette, verschraubte Kettenglieder und Protektoren am Außenmantel – passt perfekt auf dieses Anwendungsprofil und damit für ganz unterschiedliche Einsatzbereiche.

Lesen Sie Whitepaper zu ähnlichen Themen

Leitungsführung in Vertikalbohranlagen: Vom Service Loop zum e-loop

► [Hier lesen](#)

Kontakt

Tim Schneebeck
Industry Manager Offshore, Oil & Gas
igus® GmbH

Tel.: +49 (0) 2203 9649 - 7032

E-Mail: tschneebeck@igus.net

www.igus.de/e-loop