



# IoT-Technologie und digitale Zwillinge

## Intelligente Elektropumpen

**caprari**

# IoT-Technologie und digitale Zwillinge

## Intelligente Elektropumpen



IoT und digitale Zwillinge: Makrotrend oder Revolution? Wahrscheinlich beides, wenn wir daran denken, wie schnell sich diese Brücke zwischen der physischen und virtuellen Welt verbreitet und welch zunehmend transformative Wirkung sie auf verschiedene Industriebranchen haben wird.

Die Welt der Elektropumpen ist direkt davon betroffen, da die Übertragung und die intelligente Analyse der Daten in Echtzeit unzählige Vorteile in der Planung, Überwachung und Handhabung von Maschinen und Systemen bieten. Caprari spielt mit einer Innovation, die eine auf konkreten Daten basierende Entscheidungsfindung ermöglicht, eine Vorreiterrolle. Diese Innovation bringt eine Verbesserung der Arbeitseffizienz bei gleichzeitiger Optimierung des Energieverbrauchs mit sich, während eventuelle Störungen im Voraus verhindert werden können. In diesem Szenario gibt die datengetriebene Entscheidungsfindung den Impuls für den wahren Wandel und macht den Umstieg von einem reaktiven Management auf einen immer effizienteren, nachhaltigen proaktiven Ansatz möglich.

### IOT und digitale Zwillinge: die Zahlen eines wachsenden Trends

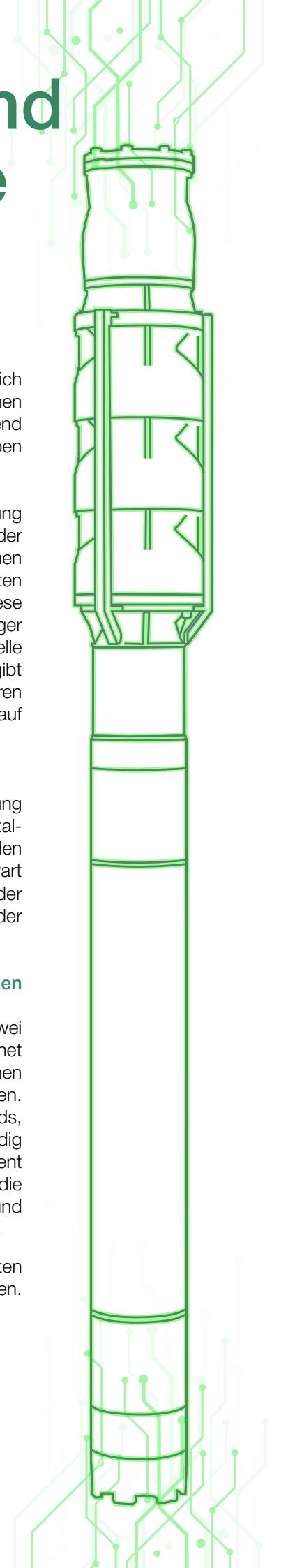
Die Daten zeigen, wie der Trend zu einer zunehmenden Digitalisierung Fuß gefasst hat und weiterwächst. Laut Prognosen wird der Digital-Twin-Markt bis 2032 einen Wert zwischen 125 und 150 Milliarden Dollar erreichen. Werfen wir hingegen einen Blick auf die Gegenwart und insbesondere auf die Fertigungsbranche, haben bereits 29 % der Unternehmen weltweit Strategien für digitale Zwillinge vollständig oder teilweise implementiert.

### Aber was ist mit IoT (Internet of Things) und digitalen Zwillingen gemeint?

In erster Linie ist es wichtig, klarzustellen, dass es sich um zwei verschiedene, aber komplementäre Konzepte handelt. Das Internet der Dinge (IoT) ist ein Netzwerk aus mit dem Internet verbundenen physischen Geräten, die Daten in Echtzeit sammeln und austauschen. Ein digitaler Zwilling ist eine virtuelle Nachbildung eines Gegenstands, Systems oder physischen Prozesses. Diese digitale Kopie wird ständig mit Daten aktualisiert, die am entsprechenden physischen Element mit IoT-Sensoren erfasst werden. Mit dem digitalen Zwilling kann die Funktionsweise des tatsächlichen Gegenstands simuliert, analysiert und optimiert werden, ohne direkte Eingriffe daran vornehmen zu müssen.

Das IoT liefert Echtzeitdaten, während der digitale Zwilling diese Daten verwendet, um Szenarios zu simulieren und Entscheidungen zu treffen. Auf diese Weise bestehen folgende Möglichkeiten:

- ▶ Verbesserung der vorausschauenden Wartung;
- ▶ Optimierung der Produktionsprozesse;
- ▶ risikofreies Testen der Innovationen.



# BEST EFFICIENCY POINT

ist die digitale Vorrichtung, die Caprari entwickelt und patentiert hat, um die Fernkontrolle und Fernüberwachung aller Elektropumpen auch anderer Marken auf dem Markt mit dem Ziel der Leistungsoptimierung zu ermöglichen. Das Projekt entstand in der Forschungs- und Entwicklungsabteilung von Caprari, die sich seit jeher besonders für neue Lösungen zur Verbesserung der Effizienz der Prozesse einsetzt. Der Schwerpunkt auf der Produkteffizienz war auch für die Forschung und die Einbindung der digitalen Welt ausschlaggebend: Mit einem bahnbrechenden Ansatz wollte die Firma dedizierte Softwares und IoT in das Management von Pumpensystemen einführen.

Das Projekt Green Box ist das Ergebnis einer strategischen Zusammenarbeit mit zwei wichtigen Partnern, die jeweils in den Hardware-Komponenten bzw. in der Erstellung des Internetportals spezialisiert sind. Im Mittelpunkt des Projekts stand die Firma Caprari, die eine äußerst detaillierte Leistungsbeschreibung liefert und vor allem ihr ganzes Know-how in der Elektropumpenbranche zur Verfügung gestellt hat.



## Ein System, das mit dem Ziel der maximalen Energieeffizienz entstand

Der große Wert, der auf die Energieeffizienz gelegt wurde, war das Herzstück des Projekts und bei der Anwendung des Wissens von Caprari in drei wesentlichen Bereichen grundlegend: der Software des Portals, der Hardware (elektronische Leiterplatte) und der Firmware, das heißt der in die Leiterplatte integrierten Software, die für die korrekte Übertragung der Daten in die Cloud wesentlich ist.

Das Streben nach der maximalen Energieeffizienz **durch die ständige Überwachung des Betriebspunkts der Elektropumpe ist das Unterscheidungsmerkmal, durch das sich Green Box von allen anderen Systemen auf dem Markt abhebt**. Bei der Installation einer Pumpe zielt man darauf ab, sich möglichst der idealen Betriebskurve  $\Delta$  die im Katalog gezeigte, die auf der im Testraum ausgearbeiteten tatsächlichen Prüfkurve beruht  $\Delta$  anzunähern. Dabei

müssen auch unvermeidliche Druckverluste berücksichtigt werden, die sich auf die tatsächliche Kurve der Anlage auswirken. Das ist der Kontext, in dem der digitale Zwilling ins Spiel kommt, ein virtuelles Modell der Pumpe auf der Grundlage der im Testraum ausgearbeiteten tatsächlichen Prüfkurve.

Die installierten Sensoren erfassen ständig die Anlagendaten, die dann in Echtzeit mit dem **digitalen Zwilling** verglichen werden. Mit diesem Verfahren kann überprüft werden, ob der Arbeitspunkt der Pumpe in der Nähe des BEP (Best Efficiency Point) ist. Sollte dies nicht der Fall sein, **können die Betriebsparameter** (wie Geschwindigkeit und Fördermenge) **automatisch in Echtzeit geändert werden, damit die Pumpe stets bei optimalen Bedingungen arbeitet**.

# BEST EFFICIENCY POINT

Der Bestpunkt (BEP - Best Efficiency Point) einer Elektropumpe ist der Betriebspunkt, an dem die Pumpe die bestmöglichen Leistungen erbringt, das heißt mit dem besten Verhältnis zwischen absorbiertener Energie und auf das Fluid übertragener hydraulischer Energie arbeitet.

### Merkmale des BEP:

- **Maximale hydraulische Effizienz:** Mindestmaß an internen Verlusten (Reibung, Turbolenz, Ableitung).
- **Minimaler Verschleiß:** Die Pumpe ist weniger von mechanischer Beanspruchung und Kavitation betroffen und hält länger.
- **Optimaler Energieverbrauch:** Bei gleicher Fördermenge und -höhe wird weniger Strom verbraucht.

### Wie wird der BEP ermittelt?

Der BEP ist im Pumpenleistungsdiagramm zu finden, das

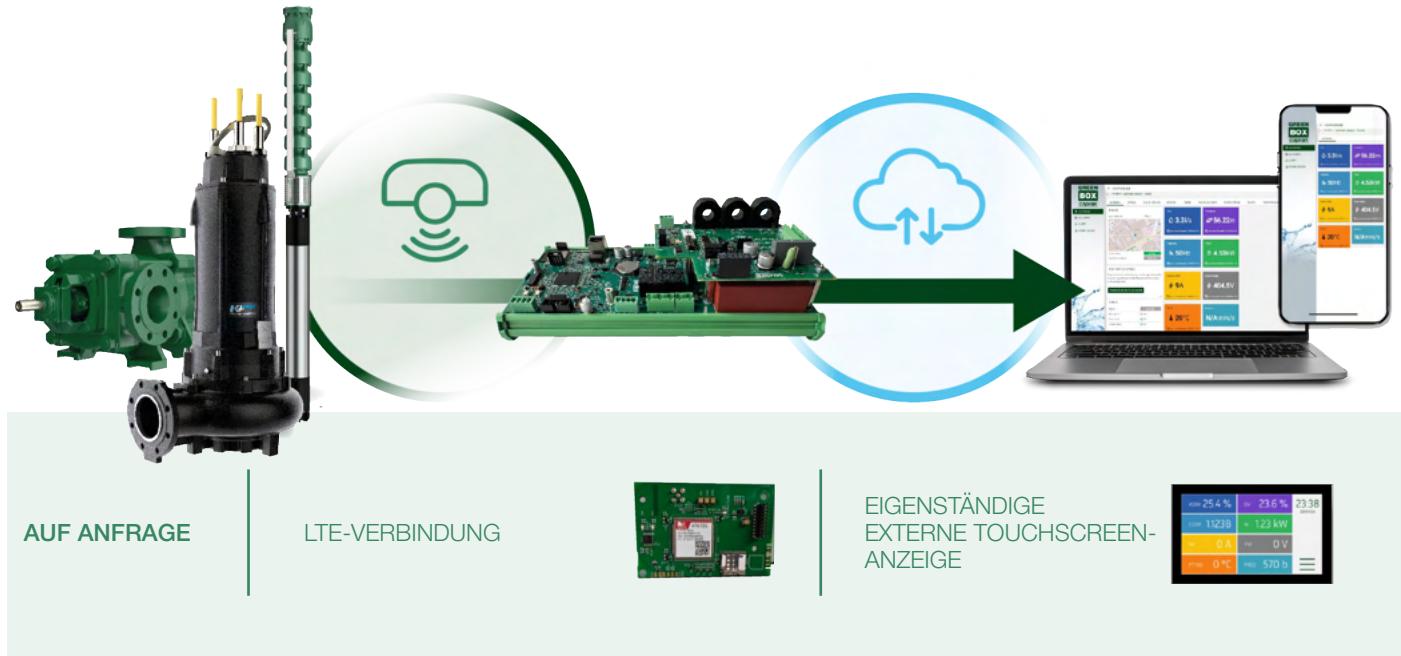
die Effizienzkurve im Verhältnis zur Fördermenge anzeigt. Der Wert ist der Punkt, an dem die Effizienz den Höchstwert erreicht, der normalerweise vom Hersteller angegeben wird.

### Bedeutung des BEP

- Arbeitet man in der Nähe des BEP, hält die Pumpe länger und die Betriebskosten werden reduziert.
- Eine zu große Abweichung vom BEP kann Probleme verursachen, wie etwa:
  - zu starke Vibrationen
  - Kavitation
  - Überhitzung
  - Verkürzung der Lebensdauer der Pumpe.

Um den bestmöglichen Betrieb zu gewährleisten, müssen die Elektropumpe so bemessen und reguliert werden, dass sie möglichst nahe am BEP arbeiten.

# Ein näherer Blick auf das System Funktionsweise von Green Box



Eine weitere Stärke der Green Box besteht darin, dass es sich um eine **besonders vielseitige und an alle Bedürfnisse anpassbare Plug&Play-Lösung handelt**.

So kann sie in einen bereits bestehenden Schaltschrank eingefügt werden, um ein intelligentes System zu erzielen, oder aber in eine komplett neue Umgebung. Die Sensoren in der Pumpe erfassen elektrische, hydraulische und mechanische Parameter: Fördermenge, Druck, Temperatur, Vibration. Das System wurde so konzipiert, dass diese erste Phase bestmöglich optimiert wird, gleichzeitig ist es aber auch in wirtschaftlicher Hinsicht nachhaltiger. So kann die Green Box **mit verschiedenen handelsüblichen Arten von Frequenzumrichtern und Soft Startern kommunizieren** und Daten erfassen oder aber selbstständig mit dedizierten Sensoren arbeiten.

Im einfachsten Modus wird die Green Box als **einfache eigenständige Vorrichtung mit Touchscreen-Anzeige verwendet**.

Im fortgeschrittenen Modus hingegen wird das Potenzial der **Konnektivität** für die Remote-Verwaltung der Elektropumpe genutzt und der digitale Zwilling hinzugezogen, der stets mit den Daten der tatsächlichen Pumpe synchronisiert ist. Die elektronische Leiterplatte ist mit Wifi-Modul und Ethernet-Konnektivität versehen, zudem kann das LTE worldwide Modul eingebunden werden, das eine kontinuierliche, zuverlässige Konnektivität unabhängig von der geografischen Lage und ohne Abhängigkeit von verkabelten oder Wi-Fi-Netzen garantiert. Die Daten können an die **Cloud-Plattform** gesendet werden und über das **Internetportal** und die entsprechende **Caprari App** zur Verfügung gestellt

werden.

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle wurde so konzipiert, dass sie besonders einfach und intuitiv ist und ganz nach den eigenen Bedürfnissen immer speziellere Informationen abgerufen werden können. Durch die Möglichkeit des Datenaustauschs können auch Kundendienst und Kundenbetreuung verstärkt werden, indem unsere Techniker Supportanfragen oder Zweifel bezüglich des optimalen Betriebs der Pumpen noch effizienter und schneller beantworten können.

Green Box kommuniziert über das **API-System oder die Ethernet-Konnektivität** einfach und unter Gewährleistung der vollen Cybersicherheit auch mit **SCADA-Systemen und sonstigen vom Kunden installierten Plattformen** und lässt sich daher perfekt mit **zentralisierten Überwachungssystemen** integrieren.

Green Box kann auch im **aktiven Funktionsmodus** verwendet werden. Standardmäßig ermöglicht die elektronische Leiterplatte die Datenübertragung und jeder Eingriff erfolgt über das Portal. Die Vorrichtung kann aber auch so konfiguriert werden, dass die Leiterplatte als Master funktioniert und direkt auf den Betrieb der Pumpe einwirkt. Die Auswahl dieser Option erfolgt auf Verantwortung des Kunden, der jedoch in der Einstellungsphase von unserer Technikabteilung unterstützt wird. Im aktiven Modus oder Pumpensteuerungsmodus kann die Green Box nach der Einstellung der Parameter für das Abschalten der Maschine sorgen und das System in den Sicherheitszustand versetzen, ohne andere (Warn- und Abschalt-)Vorrichtungen in der Schalttafel installieren zu müssen.

# Kontrolle der Parameter des elektrischen Motors

Mit der Green Box können die Parameter des elektrischen Motors kontrolliert werden, sodass im Fall von Ausfällen rechtzeitig eingegriffen werden kann. Einige Beispiele für die kontrollierten Parameter:

► **Stromasymmetrie:** In diesem Fall besteht die Gefahr von Überhitzungen, anomalen Geräuschen, zu starken Vibratoren und vorzeitigen Störungen. Durch die Erkennung und Berichtigung dieser Asymmetrie kann die Lebensdauer des Motors verlängert werden.

► **Isolierung:** Ein Rückgang dieses Parameters bedeutet eine Verschlechterung des Isoliermaterials der Wicklungsdrähte; in diesem Fall können vorausschauende Wartungsarbeiten geplant werden.

► **Phasenfolge:** Da sie für die Drehrichtung des Motors

ausschlaggebend ist, ist ihre Überprüfung wesentlich, um Schäden und Funktionsstörungen des Systems vorzubeugen.

► **Phasenausfall:** in diesem Fall wird das Risiko vermieden, dass der Motor im Überlastungszustand betrieben wird.

► **Trockenlaufschutz:** Die Ölstandregler der K+-Pumpen zeigen den Verlust der Gleitringdichtungen an.

## Umkehr der Pumpenrichtung

Zu den Funktionen der Green Box zählt auch das **Anti-Clogging-System**, mit dem der Motor gestoppt und die Drehrichtung umgekehrt werden kann, um zu versuchen, die Pumpe freizugeben. Danach wird sie wieder in der üblichen Drehrichtung eingeschaltet. Diese Sequenz zeigt ihre Wirksamkeit im Fall einer Verstopfung der Pumpe, weil der normale Betrieb automatisch wieder hergestellt werden kann.



## Eine Vorrichtung mit breitem Anwendungsspektrum

Dank der Benutzerfreundlichkeit und des Plug&Play-Systems ist die Green Box für alle Anwendungen ideal. Wirklich einen Unterschied macht sie jedoch vor allem bei besonders energieintensiven Produktionstätigkeiten.

In allen **Industrieprozessen**, in denen Fluide befördert werden müssen – von der Kontrolle von Hydraulik- und Kühlsystemen bis hin zu Wasserkraftwerken und der Öl- und Gasindustrie – stellt die Green Box einen Mehrwert dar. Neben dem Hauptvorteil einer optimierten Energieeffizienz bedeutet die Verfügbarkeit eines digitalen Zwilling für die Kontrolle der Elektropumpen geringere Maschinenausfallzeiten und die Beschränkung der Wartung auf den tatsächlichen Bedarf, höhere Sicherheit, erweiterte Analysen und datenbasierte Entscheidungen. Durch die Integration des Industrie-IoT werden die Anlagen immer selbstständiger und intelligenter und tragen zu einer nachhaltigeren und effizienteren Industrie 4.0 bei.

Auch die **Multiutility-Branche** ist immer stärker von diesem digitalen Wandel betroffen, ganz nach dem Motto „Smart&Digital Water“, das im Weißbuch des „Osservatorio Valore Acqua“ als eine der Schlüsselbotschaften für ein effizienteres und nachhaltigeres Management der Wasserversorgung geführt wird. Laut Schätzungen kann der Energieverbrauch in den Abwasserkanalisations- und -klärphasen, die zu den energieintensivsten Verfahren des Dienstleistungssektors zählen, dank neuer intelligenter Lösungen um -30 % reduziert werden. Allgemein stellt ein Ansatz, der auf der Verwendung von in Echtzeit aktualisierten Daten beruht, zweifellos eine Unterstützung für den Betreiber dar, der die Prozesse ständig verbessern und eine optimale Funktionstüchtigkeit der Anlagen beibehalten möchte.

Einige Überlegungen zur **Landwirtschaft**. IoT und digitale Zwillinge für die Kontrolle der Elektropumpen unterstützen die Präzisionslandwirtschaft und intelligente Bewässerung beachtlich, da sie eine Optimierung des Wasser- und Energieverbrauchs, die Simulation von Bewässerungsszenarien sowie die Reduzierung der Verschwendungen und der Betriebskosten dank der vorausschauenden Wartung und Automatisierung ermöglichen.

## Ein Blick in die Zukunft

Im Bewusstsein der Bedeutung der neuen Technologie für ein nachhaltiges Management der Wasserressourcen agiert Caprari zukunftsgerichtet und beschäftigt sich mit den Gelegenheiten, die die Integration mit **künstlicher Intelligenz** und **Machine Learning** bietet. Digitale Zwillinge werden immer präziser und autonomer werden. Der Weg führt von einer Logik der einzelnen Parameter hin zur Logik des Vergleichs mehrerer Parameter, die zur Entwicklung neuer prädiktiver und präskriptiver Instrumente führen wird. Diese neuen Systeme werden für das Erreichen strategischer Ziele unter Verbesserung der Effizienz und Nachhaltigkeit ausschlaggebend sein.

Quelle:

<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-digital-twin-technology>  
<https://eventi.ambrosetti.eu/valoreacqua2024/wp-content/uploads/sites/262/2024/03/Libro-Bianco-Valore-Acqua-per-Italia-2024.pdf>



**caprari**

in f

[www.caprari.com](http://www.caprari.com)