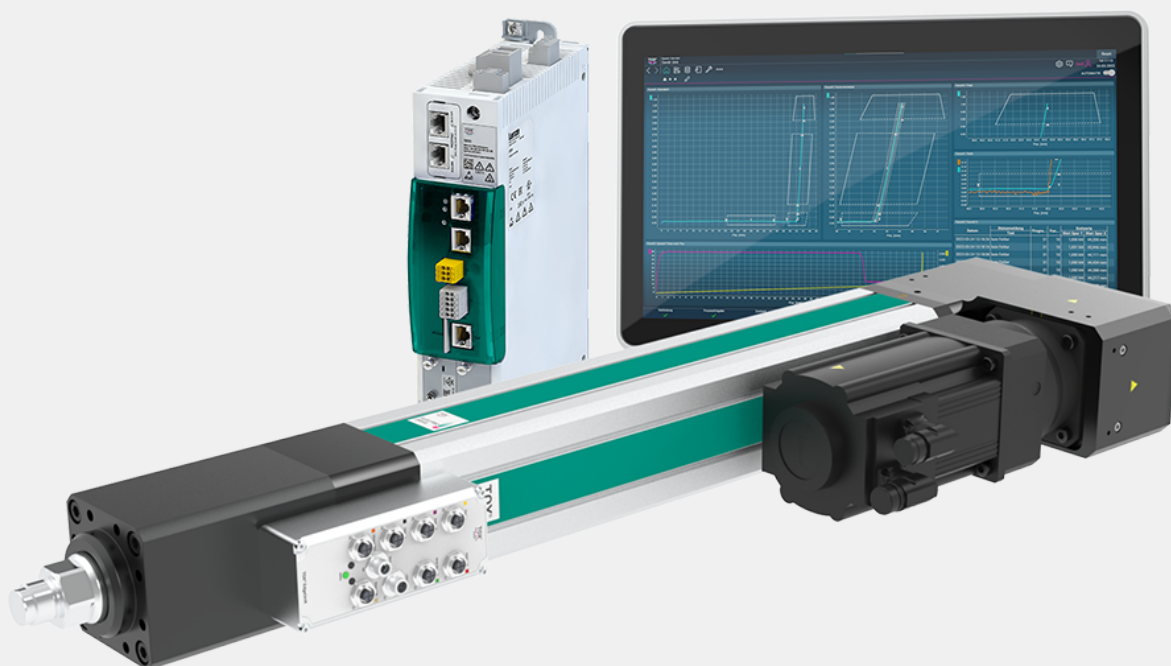


Whitepaper

Flexible Servopressen in der modernen Produktion



Flexible Servopressen in der modernen Produktion

Inhalt

Abstract	3
Executive Summary	4
1. Die Realität moderner Pressprozesse	5
2. Warum klassische Presssysteme hier an Grenzen stoßen	6
3. Das TOX® System im Überblick	8
4. Große Kraftbandbreiten: nicht zwischen zwei Produkten, sondern im Prozess selbst	9
5. Haltezeiten und stabile Kraftsignale	10
6. Präzision von Weg und Position.....	11
7. Hohe Dynamik: warum Beschleunigung auf kurzen Wegen so wichtig ist	12
8. Frei definierbare Überwachungsfenster statt unklarer Prozessfenster	13
9. Flexibilität bedeutet nicht beliebiges Nachrüsten jeder Eigenschaft	14
10. Wirtschaftlicher Nutzen für Anlagenbauer und Produzenten.....	15
11. Partnerschaftlich unterstützen statt nur liefern.....	16
12. Fazit	17

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

Abstract

Wie modulare Fügemodule komplexe Pressprozesse beherrschbar machen und Produktionsflexibilität ermöglichen

Worum es in diesem Whitepaper geht

Dieses Whitepaper zeigt, warum Flexibilität in modernen Pressprozessen nicht nur ein Ausstattungsmerkmal ist, sondern eine technische und wirtschaftliche Notwendigkeit.

Im Fokus stehen große Kraftbandbreiten, kurze Verfahrwege mit hoher Dynamik, längere Haltephasen, externe Sensorintegration und die Frage, wie sich Prozesse im Anlagenalltag anpassen und sicher überwachen lassen.

Moderne Fügeprozesse müssen heute deutlich mehr leisten als reines Pressen. Sie müssen Kräfte und Wege präzise regeln, Prozessqualität nachweisen, unterschiedliche Bauteilvarianten abbilden und sich an neue Anforderungen anpassen lassen. Genau hier setzen elektromechanische Servopressen an.

TOX® ElectricDrive Core kombiniert Antrieb, Controller, Sensorintegration und Software zu einem durchgängigen Servopressen-System.

Der technische Wert dieses Systems liegt nicht nur in der maximalen Kraft, sondern in seiner Fähigkeit, anspruchsvolle Prozesse über einen großen Bereich reproduzierbar, anpassbar und überwacht abzubilden.

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

Executive Summary

Produktionsprozesse in der industriellen Fertigung werden zunehmend komplexer. Neue Technologien wie Elektromobilität, Batteriefertigung, Wasserstoffsyste me oder Elektronikmontage stellen steigende Anforderungen an Füge systeme.

Pressprozesse müssen heute häufig hohe Kräfte, große Hubbereiche, präzise Kraftregelung, hohe Dynamik bei kurzen Verfahrwegen, lange Haltezeiten und vollständige Prozessüberwachung gleichzeitig erfüllen. Außerdem ist der Pressprozess zu Beginn eines Projekts oft noch nicht vollständig definiert.

Materialverhalten, Bauteiltoleranzen, Haltezeiten oder zusätzliche Qualitätsmerkmale zeigen sich häufig erst während Inbetriebnahme, Erprobung und Serienanlauf. Genau deshalb ist Flexibilität der eingesetzten Fügetechnologie so wichtig.

TOX® ElectricDrive Core ist als Servopressen-System ausgelegt, das diese Unsicherheit konstruktiv auffängt: mit modularen Antriebsvarianten, integrierter Prozessüberwachung, externer Sensorintegration über die TOX® EdgeUnit und einer Software, mit der Kunden ihre Prozesse selbst parametrieren und optimieren können.

Technische Einordnung

Presskraftbereich des Systems:

0,02 bis 1000 kN

Wegwiederholgenauigkeit:

0,01 mm

Hohe Dynamik:

Geschwindigkeit bis 800 mm/s und Beschleunigung bis 8000 mm/s² je nach Baureihe

Sensorik:

integrierter Kraft/Wegsensorik, externe Kraft-/Wegsensorik über TOX® EdgeUnit

Haltezeiten:

von Millisekunden bis zu längeren Haltephasen, je nach Auslegung auch bis in den Stundenbereich

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

1. Die Realität moderner Pressprozesse

In vielen Industrien verändern sich Produktionsanforderungen schneller als früher. Kürzere Produktlebenszyklen, steigende Variantenvielfalt, neue Materialien und engere Qualitätsanforderungen führen dazu, dass Pressprozesse heute wesentlich differenzierter betrachtet werden müssen als noch vor wenigen Jahren.

Was das für Anlagenbauer und Produzenten bedeutet?

Der Pressprozess ist in der Konzeptphase oft nur teilweise bekannt. Die grundsätzliche Fügeaufgabe ist klar, nicht aber jedes Detail zu Bauteiltoleranzen, Materialverhalten, Zusatzschritten oder den späteren Qualitätskriterien.

Ein gutes Servopressensystem muss deshalb nicht nur zur ersten Anforderung passen, sondern auch Spielraum für Weiterentwicklung bieten.

Typisch anspruchsvoll sind Kombinationen aus Presskräften von wenigen hundert Newton bis zu mehreren hundert Kilonewton, Verfahrenswegen von wenigen Millimetern bis über einen Meter und Haltezeiten von Millisekunden bis hin zu längeren Phasen von Minuten oder – je nach Auslegung – Stunden. Gerade diese Kombination macht moderne Anwendungen technisch interessant.

Was bedeutet das für TOX® Servopressensysteme?

- Abdeckung großer Arbeitsbereiche mit einem System
- Anpassbarkeit an variierende Bauteile und Materialien
- Auslegung mit Reserven für zukünftige Anforderungen
- Sicherstellung stabiler Prozesse trotz Komplexität

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

2. Warum klassische Presssysteme hier an Grenzen stoßen

Pneumatische, hydraulische oder rein mechanische Pressen haben weiterhin ihren Platz. Sie stoßen jedoch dort an Grenzen, wo ein Prozess gleichzeitig präzise, flexibel und vollständig überwachbar sein muss.

Häufig sind sie auf einen engeren Kraftbereich ausgelegt, schwerer an neue Bewegungsprofile anzupassen oder nur begrenzt für zusätzliche Sensorik vorbereitet.

Wenn sich Anforderungen im Projektverlauf ändern, entstehen dadurch schnell zusätzliche Pressstationen, mechanische Umbauten oder aufwendige Sonderlösungen.

Das erhöht Kosten und Komplexität – insbesondere dann, wenn die Anlage später mehrere Produktvarianten oder Prozessschritte mit derselben Station abdecken soll.

Was bedeutet das für TOX® Servopressensysteme?

- Auslegung für variable Kraft- und Bewegungsprofile
- Parametrierbare Anpassung an geänderte Prozessanforderungen
- Erweiterbarkeit zur Integration zusätzlicher Sensorik
- Unterstützung durchgängiger Prozessüberwachung
- Reduzierung konstruktiver Anpassungen und zusätzlicher Stationen

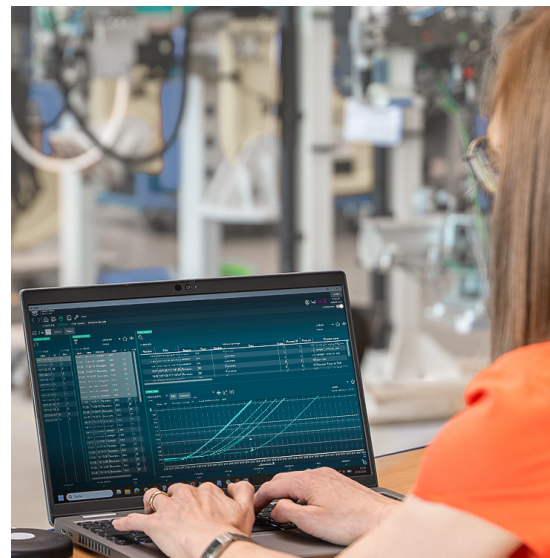


Abbildung 1: Digitale Prozessüberwachung in der Fertigung

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

3. Das TOX® System im Überblick

TOX® ElectricDrive Core ist kein einzelner Aktor, sondern ein abgestimmtes Servopressen-System. Der TOX® ElectricPowerDrive erzeugt über Servomotor, Getriebe und Gewindespindel die lineare Pressbewegung.

Das TOX® PowerModule Core regelt Kraft, Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung. Die TOX® EdgeUnit bringt zusätzliche Sensorik und dezentrale Signalerfassung direkt an den Antrieb. Die TOX® Software dient zur Parametrierung, Visualisierung, Datenspeicherung und Prozessüberwachung.

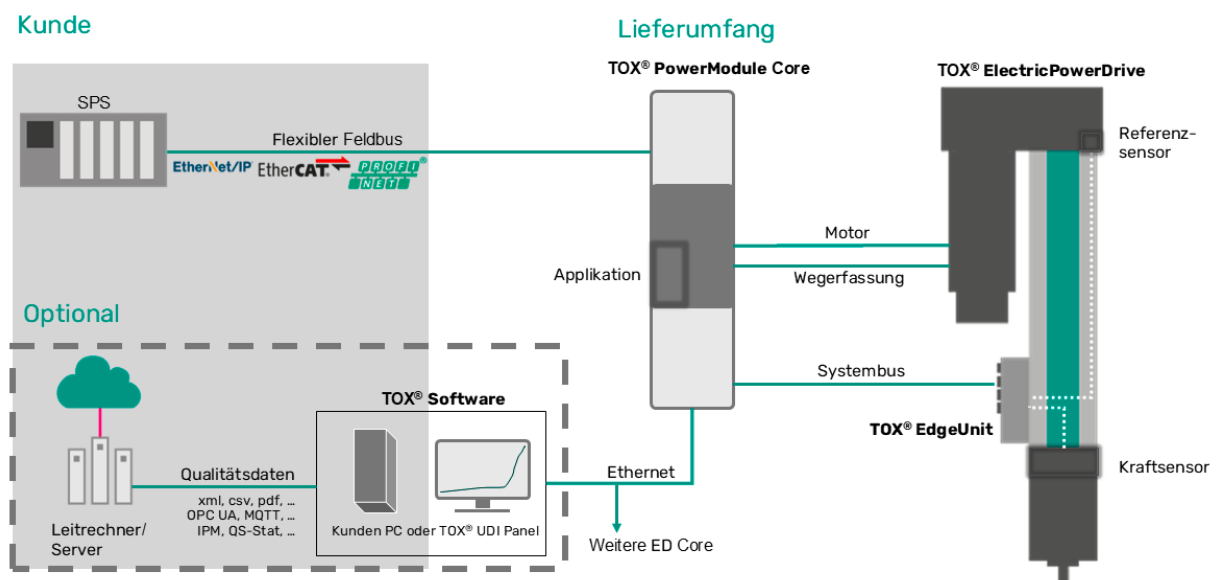
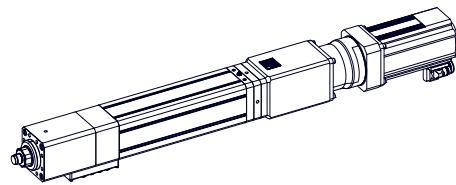


Abbildung 2: Systemübersicht

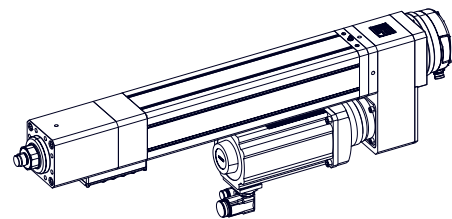
Flexible Servopressen in der modernen Produktion

Je nach Aufgabenstellung stehen unterschiedliche Antriebscharakteristiken zur Verfügung: EQe-K für kosteneffiziente Standardanwendungen, EXe-K für flexible Fügeaufgaben, EXe-F für besonders hohe Dynamik und EXe-L für sehr hohe Presskräfte.

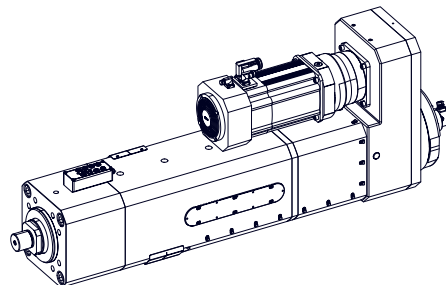
Ergänzt wird das System durch applikations-spezifische Ausführungen, etwa für längere Hübe, IP65, Reinraum, extra kurze oder extra schmale Bauformen sowie zusätzliche Sensorik.



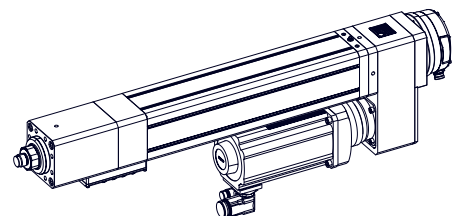
Typ EXe-F



Typ EXe-K



Typ EXe-L



Typ EQe-K

Abbildung 3: Typenübersicht ElectricDrive

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

4. Große Kraft-Bandbreiten: nicht zwischen zwei Produkten, sondern im Prozess selbst

Ein Punkt wird in der Praxis oft missverstanden:

Große Kraft-Bandbreiten entstehen nicht nur dadurch, dass heute ein filigranes Elektronikbauteil und nächste Woche ein massives Fügeteil produziert wird. Häufig treten sehr unterschiedliche Kraftniveaus innerhalb desselben Pressprozesses auf.

Ein typisches Beispiel ist ein Einpressprozess, der in der Hauptphase etwa 100 kN benötigt, bei dem aber zusätzlich ein Einschnäbeln, Einclipsen oder Setzen im Bereich um 1 kN sicher erkannt und ausgewertet werden muss.

Technisch reicht es dann nicht, nur die maximale Presskraft zu beherrschen. Die Servopresse muss auch kleinere Ereignisse im Kraftverlauf sauber erkennen, bewerten und reproduzierbar vom Rest des Prozesses unterscheiden können.

Genau dafür ist die Mess- und Regelarchitektur entscheidend. TOX® nutzt integrierte Kraftsensoren auf Basis von Dehnungsmessstreifen (DMS). Diese Sensorik ist für statische und dynamische Kraftmessungen geeignet und bietet eine stabile Basis für Prozesse, in denen nicht nur der maximale Kraftwert, sondern der vollständige Verlauf relevant ist.

Über die TOX® EdgeUnit können zusätzlich externe Kraftsensoren, Wegsensoren und Encoder eingebunden werden. Das ist vor allem dann interessant, wenn die Messung näher am Werkzeug oder direkt am Bauteil, unabhängig der Aufbiegung (von einem C-Gestell, 2/4 Säulen-Gestell) und Temperatur, erfolgen soll oder wenn der Prozess zusätzliche Genauigkeit im unteren Kraftbereich verlangt.

Die Stärke des Systems liegt damit nicht nur in der Presskraft selbst, sondern in der Möglichkeit, die Messstrategie an die Anwendung anzupassen.

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

5. Haltezeiten und stabile Kraftsignale

In vielen Anwendungen endet der Prozess nicht mit dem Erreichen der Zielkraft. Häufig müssen Kräfte über eine bestimmte Zeit gehalten werden – von sehr kurzen Phasen im Millisekundenbereich bis hin zu längeren Haltezeiten von Sekunden, Minuten oder in speziellen Anwendungen darüber hinaus.

Für solche Aufgaben ist die Sensorik entscheidend. DMS-basierte Kraftsensoren sind gerade deshalb verbreitet, weil sie sich für statische und dynamische Messaufgaben gut eignen. Im TOX®-System ist die integrierte Kraftmessung so ausgelegt, dass auch längere Haltephasen mit stabilem Kraftsignal überwacht werden können.

Gleichzeitig gilt technisch sauber: Das tatsächliche Langzeitverhalten hängt immer vom Gesamtsystem ab – also auch von Temperatur, Mechanik, Materialrelaxation und Regelstrategie.

Wichtig ist außerdem die Unterscheidung zwischen Kraft halten und Kraft regeln. Wird Kraft aktiv geregelt, bleibt der Antrieb im Regelkreis. Wird eine Kraft über Brems- oder Haltefunktionen gehalten, handelt es sich dabei um einen anderen physikalischen Zustand. Für die richtige Auslegung muss deshalb immer betrachtet werden, welche Stabilität der konkrete Prozess über welche Dauer wirklich benötigt.

Kraft halten:

Kraft wird nach Erreichen des Sollwerts über Sicherheits- oder Motorhaltebremse gehalten. Energie zwischen Regler und Motor kann abgeschaltet werden.

- ✓ sicher und energieeffizient.
- ! Keine permanente Nachregelung; leichter Kraftabbau ist applikationsabhängig.

Kraft regeln:

Antrieb bleibt in Regelung und führt bei Last-oder Materialänderungen aktiv nach.

- ✓ stabile Kraft über definierte Zeiträume.
- ! Auslegung von Getriebe, Motor, Regler und Thermik muss zur Anwendung passen.

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

6. Präzision von Weg und Position

Neben der Kraft ist die Positionsinformation ein zentraler Prozessparameter. TOX® arbeitet je nach Systemkonfiguration mit Resolvern und optional mit externer Wegsensorik. Typische Wegwiederholgenauigkeiten liegen im thermisch eingeschwungenen Zustand bei etwa 0,01 mm. Für viele Fügeprozesse ist genau diese Kombination aus wiederholgenauem Weg und sauberem Kraftsignal die Grundlage für reproduzierbare Qualität.

Externe Wegsensoren, die über die TOX® EdgeUnit integriert werden können, sind immer dann sinnvoll, wenn die Messung direkt am relevanten Prozesspunkt erfolgen soll oder wenn sich Bauteiltoleranzen, Nachgiebigkeiten, Temperatureinflüsse oder das Verhalten von Werkzeug und Aufbau nicht ausreichend über die interne Systemwegmessung abbilden lassen.

Zusätzlich kann während des Prozesses flexibel zwischen internem Wegsignal des Resolvers und externem Wegsensor umgeschaltet werden. Beide Signale lassen sich dabei parallel erfassen und im Diagramm darstellen. Das schafft Transparenz im Prozess und erweitert die Möglichkeiten der Analyse und Optimierung.

Darüber hinaus kann das TOX® ElectricDrive Core System auch Einflussgrößen wie die elastische Aufbiegung des Gesamtsystems berücksichtigen, sofern diese im Vorfeld ermittelt wurden. Das ist beispielsweise bei C-Gestellen, 2-Säulen- oder 4-Säulen-Gestellen relevant. In solchen Fällen wird die anzufahrende Position kraftabhängig in der Applikationslogik korrigiert, sodass trotz Aufbiegung die tatsächlich gewünschte Position am Bauteil erreicht wird.

Ein Beispiel verdeutlicht das Prinzip:

Bei einer Aufbiegungskonstante von 40 kN/mm und einer Prozesskraft von 20 kN ergibt sich eine Verformung von 0,50 mm. Soll am Bauteil eine Position von 100,00 mm erreicht werden, fährt das System auf 100,50 mm.

Dadurch wird die Aufbiegung kompensiert und die reale Position am Bauteil bleibt korrekt. Das erhöht die Reproduzierbarkeit und verbessert die Prozessgenauigkeit insbesondere bei hohen Kräften und engen Toleranzen.

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

7. Hohe Dynamik: warum Beschleunigung auf kurzen Wegen so wichtig ist

Viele Anwendungen fahren keine langen Strecken, sondern nur wenige Millimeter. Genau in diesen Fällen bestimmt die maximale Geschwindigkeit oft nicht die reale Zykluszeit. Entscheidend ist vielmehr, wie schnell der Antrieb beschleunigen und wieder abbremsen kann.

TOX® adressiert diese Anforderung mit unterschiedlichen Antriebscharakteristiken. Während flexible EXe-K Varianten je nach Größe hohe Beschleunigungen bis in den Bereich von 3000 mm/s² ermöglichen, ist der EXe-F auf besonders hohe Dynamik ausgelegt und erreicht bis zu 8000 mm/s² sowie Verfahrgeschwindigkeiten bis 800 mm/s.

Für Prozesse mit sehr kurzen Wegen, hohen Stückzahlen oder engem Takt ist diese Dynamik oft der eigentliche Produktivitätshebel.

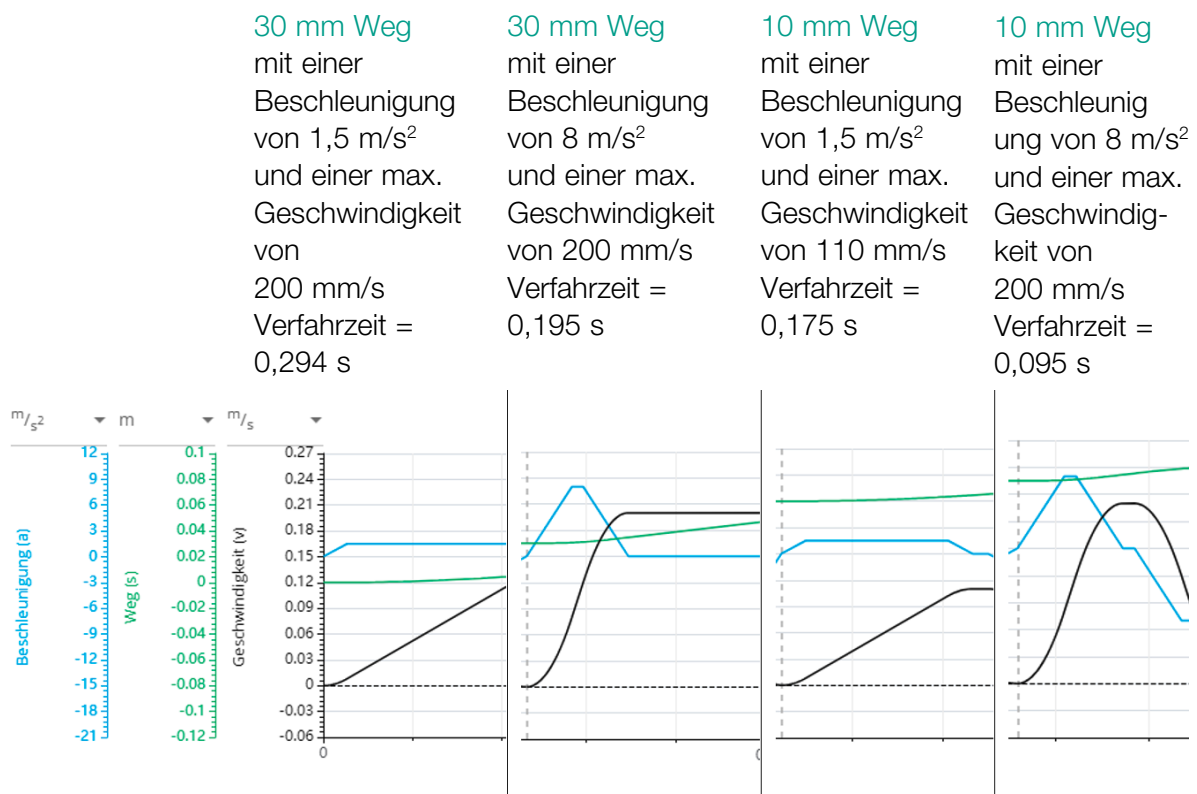


Abbildung 4: Technisches Diagramm

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

8. Frei definierbare Überwachungsfenster statt unklarer Prozessfenster

Der Begriff „Prozessfenster“ wird im Alltag oft unscharf verwendet. Technisch klarer ist die Formulierung "frei definierbare Überwachungsfenster". Gemeint sind damit Toleranzbereiche im Kraft-Weg-, Kraft-Zeit- oder Weg-Zeit-Verlauf, in denen das System prüft, ob sich der Prozess innerhalb der zulässigen Grenzen bewegt.

Beispiele sind ein zulässiger Kraftanstieg in einem bestimmten Wegabschnitt, ein erlaubter Kraftbereich während einer Haltephase oder die Überwachung, ob ein charakteristisches Einclips- oder Setzereignis an der richtigen Position und mit der erwarteten Kraft auftritt.

Solche Überwachungsfenster machen aus einem einfachen Presshub einen qualitätsgesicherten Prozess.

Die TOX® Software unterstützt genau diese Art der Überwachung mit frei definierbarer Fenster- und Hüllkurventechnik sowie zusätzlichen mathematischen Auswertefunktionen und Berechnungsfunktionen.

Für den Kunden bedeutet das: Der Prozess wird nicht nur ausgeführt, sondern nachvollziehbar bewertet.

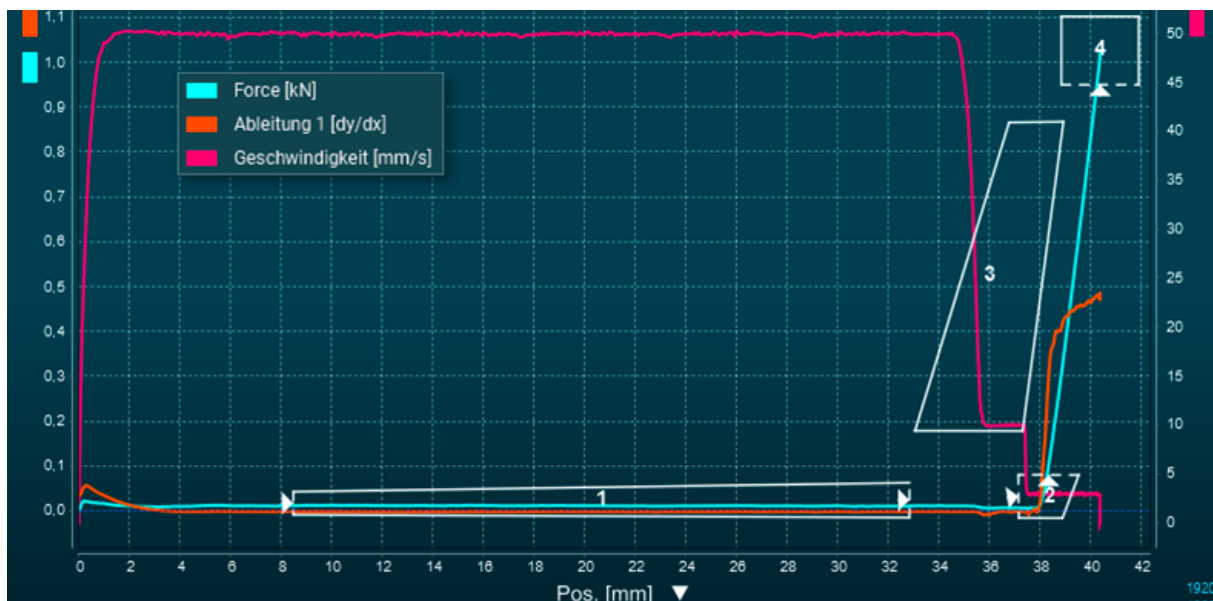


Abbildung 5: Kraft-Weg Diagramm

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

9. Flexibilität bedeutet nicht beliebiges Nachrüsten jeder Eigenschaft

Flexibilität heißt nicht, dass jede Eigenschaft später beliebig aus jedem Grundmodell nachgerüstet werden kann. Schutzarten, Reinraumausführungen oder bestimmte Bauformen müssen von Anfang an passend zur Anwendung gewählt werden.

Flexibilität bedeutet im TOX®-Kontext etwas anderes: Aus einem durchdachten System die richtige Ausführung für die Anwendung auswählen und den Prozess anschließend über Software, Sensorik und Parametrierung weiterentwickeln können. Genau dadurch sinkt das Risiko in frühen Projektphasen deutlich.

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

10. Wirtschaftlicher Nutzen für Anlagenbauer und Produzenten

Die technische Flexibilität wirkt sich direkt wirtschaftlich aus. Ein Servopressensystem kann häufig mehrere spezialisierte Einzellösungen ersetzen oder zumindest in einer Linie unterschiedliche Fügeaufgaben abdecken.

Das reduziert die Anlagenkomplexität, vereinfacht Engineering und Inbetriebnahme und schafft Reserven für spätere Produktanpassungen.

Besonders wertvoll ist dabei, dass Änderungen häufig nicht mechanisch gelöst werden müssen. Oft reichen eine angepasste Parametrierung, zusätzliche Sensorik oder neue Überwachungsfenster.

Damit bleibt die Anlage im Lebenszyklus beweglich, ohne dass bei jeder Produktänderung grundlegend neu geplant werden muss.

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

11. Partnerschaftlich unterstützen statt nur liefern

Gerade bei anspruchsvollen Fügeaufgaben zeigt sich der Unterschied zwischen einem reinen Komponentenlieferanten und einem erfahrenen Partner.

Wer Pressprozesse ernst nimmt, betrachtet nicht nur die Maximalwerte auf dem Datenblatt, sondern auch Sensorik, Regelstrategie, Halteverhalten, Dynamik, mechanische Auslegung und spätere Prozessüberwachung.

TOX® adressiert diesen Anspruch mit einem Systemansatz, der Antrieb, Steuerung, Sensorintegration und Software zusammenführt.

Für den Kunden entsteht daraus ein klarer Vorteil:

Er bekommt nicht nur eine Servopresse, sondern eine Lösung, mit der sich Prozesse technisch sauber aufbauen, absichern und weiterentwickeln lassen.

Flexible Servopressen in der modernen Produktion

12. Fazit

Flexible Servopressen sind dann stark, wenn sie nicht nur hohe Kräfte liefern, sondern Prozesse über einen großen Bereich stabil, überwacht und anpassbar abbilden.

Genau darin liegt die Stärke des TOX® Systems:

- große Kraftbandbreiten
- hohe Dynamik auf kurzen Wegen
- stabile Kraftsignale über Haltezeiten
- externe Sensorintegration
- frei parametrierbare Software in einem durchgängigen Servopressen-System.



Abbildung 6: Beispielhafte Pressstation