

Galvanotechnik

Älteste Fachzeitschrift für die Praxis der Oberflächenbehandlung

Mit den ständigen redaktionellen Teilen:

Zusammenhänge zwischen Steuerungstechnik,
Anlagentopologie, Technologie und Durchsatz

Möglichkeiten und Grenzen moderner Steuerungs-
und Leittechnik für Galvanikautomaten

Anforderungen an Flexibilität bei maximalem
Durchsatz beherrschen

Vergleich zwischen taktgesteuerten und frei
programmierbaren Anlagensteuerungen

Tauchprozesse intelligent steuern



Wenn bei der Veredelung von Oberflächen sowohl Flexibilität
als auch Effizienz gefragt sind, dann macht die Leistungsfähigkeit
der Anlagensteuerung den entscheidenden Unterschied.

- GalvaCom Galvaniken effizient steuern
- AwaCom Abwasser ressourcenschonend behandeln
- LawaCom Software für Analyse und Wartung

An der Krebswiese 5 - 98693 Ilmenau - Tel. +49 3677 84880

ICOM
AUTOMATION

www.icom-automation.de

11

November 2013
Seiten 2162 - 2168
104. Band

ISSN 0016-4232
B 20696



Der Widerspruch von Flexibilität und hohem Produktionsdurchsatz

Dr. Bernd Henfling, Stefan Gosda; Icom Automation GmbH Ilmenau

Jeder Galvanikbetreiber – ob in der Lohnveredelung oder als innerbetrieblicher Dienstleister – kennt die Problematik sich zunehmend verändernder technologischer Bedürfnisse. Ob „nur“ Schichtstärken und damit Stromdichten und Verweilzeiten oder komplette Behandlungsabläufe geändert werden müssen, in jedem Fall passt der Bedarf nicht mehr zur Kalkulation. Dieser Widerspruch zwischen flexiblen Anforderungen und geplanter Kapazität hat in gleichzeitig mehreren Bereichen Folgen. Die zu erzielenden Produktionsmengen sinken, aber die Betriebskosten bleiben annähernd gleich hoch. Der Effekt wird in der Betriebswirtschaft als Kostenremanenz bezeichnet. Die Auslastung insgesamt oder zumindest einzelner Bereiche sinkt mit Folgen für Stoffkreisläufe und den Einsatz von Chemikalien und Betriebsstoffen. Der Energieaufwand für Heizung, Kühlung und auch Antriebe wird unetwiger, selbst bei insgesamt geringerem Verbrauch können erhöhte Spitzenbelastungen auftreten. Die Anforderungen an personelle Ressourcen hinsichtlich der Be- und Entstückung, aber auch der chemisch-technologischen Anlagenpflege werden unetwiger. Die vielfältigen Konsequenzen, die selbst ohne Veränderung der Prozessparameter allein aus variierten Teiledimensionen erwachsen können, bleiben hier noch unberücksichtigt.

Als Fazit dieser kurzen Vorbetrachtung muss festgestellt werden: Flexibilität kostet Anlagenleistung und Geld! Da auch der Kostendruck in der Oberflächenbranche stetig steigt, sind natürlich Fragen nach konkreten Mehrkosten und Möglichkeiten dem generellen Problem entgegen zu treten von großem Interesse. Ohne eine realistische Einschätzung aller Konsequenzen entsteht leicht ein falscher Preis, Aufträge gehen verloren oder werden unwirtschaftlich.

Kapazitätsbestimmende Faktoren

Der vorliegende Beitrag wird, um es vorweg zu nehmen, keine umfassenden Antworten im Sinne

Everyone involved in metal finishing, whether in contract plating or as an in-house service provider, is only too familiar with the problems of increasing demands for customised finishes. Whether it is “only” a change in deposit thickness (and thus a change in current density and/or tank times) or a complete change in the treatment sequence, the result is always a change in production schedules. This inherent contradiction between flexibility in terms of product requirements and planned production capacity, has multiple consequences. Planned production rates fall while operating costs remain constant. This is a well-known situation in management accountancy. Total loading, or at least that in parts of the operation, falls with implications for closed-loop systems and the use of chemicals and operating materials. The demand for energy for heating and cooling and mechanical systems becomes unstable and even though overall demand decreases, peaks in loadings can be experienced. In the same way, demands on operators in terms of loading and unloading as well as supervision of the chemical technological aspects, can become erratic. Even if the process parameters themselves are unchanged, there can be multiple consequences simply if component dimensions are changed, a problem too seldom recognised.

von einfachen Lösungen des Widerspruchs geben können. Vielmehr soll versucht werden, die Problematik dadurch transparenter und beherrschbarer zu machen, dass grundlegende Zusammenhänge zwischen Steuerungstechnik, Anlagentopologie, Technologie und Durchsatz erläutert werden. Darüber hinaus werden Möglichkeiten aber auch die Grenzen moderner Steuerungs- und Leittechnik für Galvanikautomaten zur Beherrschung der Anforderungen an Flexibilität bei maximalem Durchsatz beleuchtet.

Zunächst soll auf die kapazitätsbestimmenden Faktoren einer Galvanikanlage eingegangen werden. Danach werden die heute üblichen Steuerungsstra-

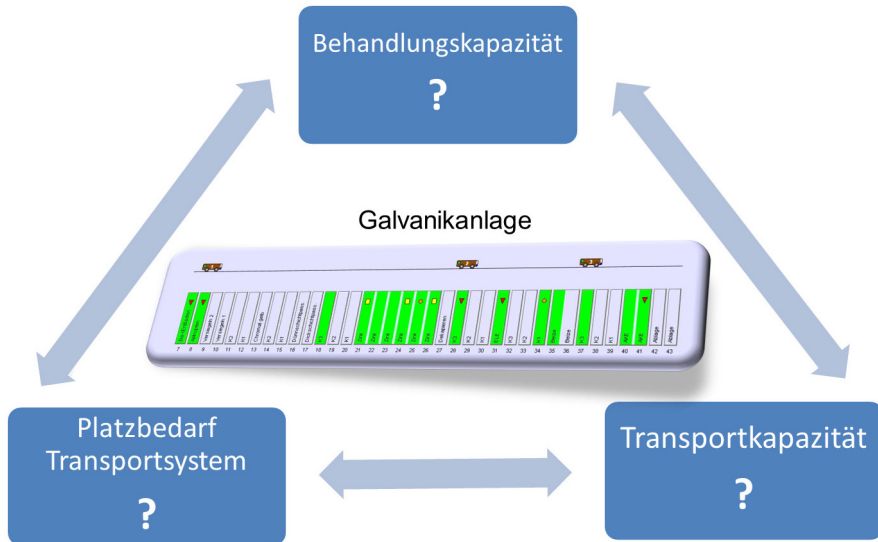


Abb. 1: Kapazitätsbestimmende Faktoren einer Galvanikanlage

tegien dargestellt und deren Auswirkungen auf sich ändernde Anforderungen an Beispielen betrachtet. Dies wird anhand typischer Fragestellungen, Durchsatzauswirkungen von Veränderungen betreffend, weiter ausgebaut. Zur generellen Vorgehensweise ist zu sagen, dass jegliche Thesen anhand kleiner, vereinfachter Beispiele erläutert werden, die für sich genommen natürlich nicht die gesamte Komplexität eines Galvanikautomaten erfassen. Am Ende wird ein Plädoyer für eine faktororientierte Herangehensweise an das Durchsatz-Flexibilitäts-Problem stehen. Es liegt auf der Hand, dass die grundsätzliche Kapazität eines Galvanikautomaten absolut begrenzt wird durch die Behandlungskapazität, also die insgesamt verfügbare Badzeit im Verhältnis zur geforderten Expositionszeit und die Transportkapazität, also die Anzahl der innerhalb eines Zeitraumes möglichen im Verhältnis zu den notwendigen Umschritten (Abb. 1).

Weniger beachtet und oft bei überschlägigen Betrachtungen – mit manchmal schwerwiegenden Folgen – vernachlässigt, wird der Platz- oder Raumbedarf für Warenträger und Transportwagen. Welcher der begrenzenden Faktoren letztlich wirkt, ist von der konkreten Situation bzw. Anforderung abhängig. Einigermaßen einfach berechenbar ist dies nur für eine feste technologische Anforderung und Anlagentopologie. Wobei schon das, wie an folgendem Beispiel gezeigt werden soll, nicht trivial ist.

In einer Anlage betrachte man eine Reinigung (nur ein Bad vorhanden) mit einer Sollzeit von 8 min und ein Aktivbad mit 4 Absetzstellen und einer Expositionszeit von 36 min. Vereinfacht käme man zum Schluss, das Aktivbad bestimmt den Anlagentakt von 9 min ($36 : 4 = 9$). Praktisch muss allerdings berücksichtigt werden, dass selbst bei ausreichender oder überdimensionierter Transportkapazität, ein Austausch der Warenträger erfolgen muss. Nimmt man im Beispiel einmal an, dass ein Umschvorgang (Fahren von der aktuellen zur umzusetzenden Position, Heben, Tropfen, Fahren zur Zielposition, Pendeln, Senken) eine Minute benötigt, ergibt sich ein anderes Bild.

Wie *Abbildung 2* zeigt, muss das Reinigungs- als Einzelbad in jedem Zyklus ausgetauscht werden (je

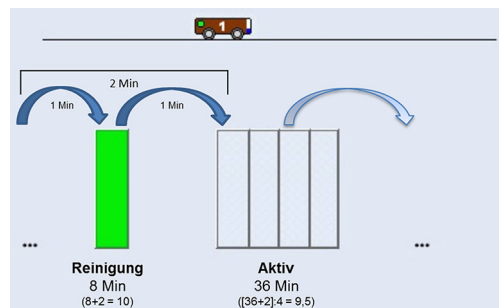


Abb. 2: Reinigung als Durchsatz-bestimmendes Element

ein Umsetzvorgang zum Räumen und Wiederbefüllen). Somit steht es zwischen zwei Belegungen für 2 min leer. Dies gilt zwar für die Aktivpositionen sinngemäß, jedoch muss jede der vier Absetzstellen auch nur in jedem vierten Zyklus ausgewechselt werden: $(36 + 2) : 4 = 9,5$. Die Taktzeit bestimmt also die Reinigung auf 10 min, obwohl 9,5 min durch das aktive Verfahren möglich wären.

Wieder anders stellt sich die Situation dar, wenn das Aktivbad mit einem sogenannten Pilgerschritt zur Rückführung von Verschleppungen betrieben wird. Dies bedeutet, ein neuer zu behandelnder Warenträger wird in der ersten Spüle nach dem Aktivbad vortgetaucht (Abb. 3). Selbst wenn man verlängerte Fahrwege nicht berücksichtigt, also weiter vereinfacht eine Minute je Umsetzvorgang ansetzt, stünde ein Aktivbad beim Austausch für 4 min leer. Die Taktzeit beträgt $(36 + 4) : 4 = 10$ min, identisch zur Reinigung. Man könnte sich also diesen Pilgerschritt problemlos leisten (wenn er, was natürlich nicht immer der Fall ist, sinnvoll wäre) sofern die Transportkapazität dafür ausreicht.

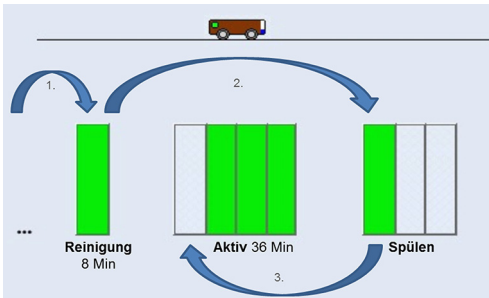


Abb. 3: Aktivgruppe mit Vortauchen als Durchsatz-bestimmendes Element

Damit soll die Transportkapazität als absolute Begrenzung eines Galvanikautomaten etwas näher beleuchtet werden. Um prinzipiell beim begonnenen Beispiel zu bleiben, sei angenommen, die Reinigung wird von einem Beladestand über einen Speicher angefahren, ihr sind 3 Spülen (Kaskade) nachgeschaltet, dann folgt das Aktivbad mit ebenfalls einer 3-fach Kaskade, danach wird ein Querumsetzer angefahren. Wie *Abbildung 4* veranschaulicht, würde ein kompletter Zyklus ohne Pilgern somit 10 Umsetzvorgänge, respektive mindestens 10 min Taktzeit für einen Transportwagen erfordern.

Würde man im genannten Fall also die Reinigungszeit auf 7,5 min verkürzen, wäre keinerlei Effekt zu erzielen. Jedoch wäre dann das Transportsystem das Durchsatzbeschränkende, nicht mehr die Badzeit in Reinigung oder Aktivbad. Führt man jetzt das Pilgern und damit einen weiteren Umsetzvorgang ein, steigt die Taktzeit sofort auf minimal 11 min. Hinzu käme ein neues Phänomen (abhängig vom später noch zu betrachtenden Steuerungsprinzip): die Zeitvorgaben in Reinigung und Behandlung würden nicht mehr eingehalten, sondern überzogen, weil der eine Transportwagen nicht mehr „hinterher kommt“. Trotz Vorgabe 7,5 oder 8 min in der Reinigung ergäbe sich eine Verweildauer von 9 min, weil der Wagen nur alle 11 min einmal austauscht (was angenommene 2 min dauert). Nimmt man jetzt noch zusätzliche Speisefahrten (Beladen – Speicher – Beladen), wie in der Praxis oft vorkommend (z. B. Ablage Leerträger) ins Kalkül, kommen weitere extrem taktzeitrelevante Schritte hinzu. Die Taktzeit wird unbestimmt länger (abhängig von der Anzahl solcher Sonderschritte).

Hier würde ein zweiter Transportwagen sofort Abhilfe schaffen, die Transportkapazität wäre reichlich überdimensioniert und allein die Badzeiten bestimmen wieder den Takt. Reduziert man diese

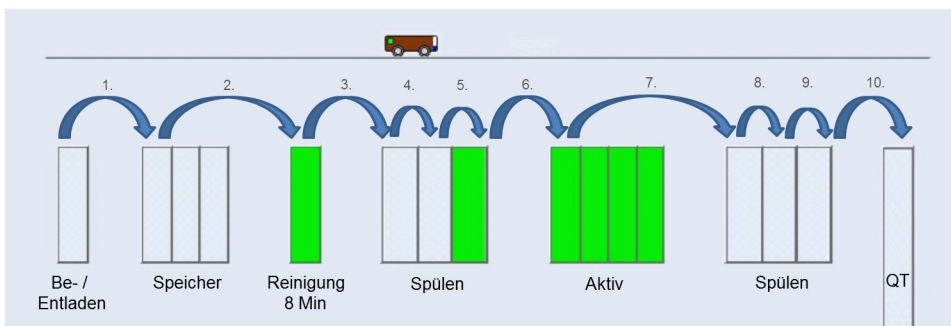


Abb. 4: Transportkapazität als Durchsatz-bestimmendes Element

aber gedanklich einmal extrem und baut immer mehr Wagen hinzu, gelangt man schnell zur dritten Kapazitätsvariable, der Platzbeschränkung. Nimmt man beispielsweise eine Aktivbadzeit von 10 min an, $(10 + 2) : 4 = 3$ min, wären ohne Pilgern theoretisch 3 min Taktzeit denkbar, wenn man der Reinigung nur 1 min plus Austauschzeit zugesteht. Allerdings wären für 10 Umsetzschritte dann 4 Wagen zwingend erforderlich und das wird mit notwendigen Mindestabständen nicht mehr umsetzbar sein.

Steuerungsvarianten

Ausgehend von den erörterten Zusammenhängen kapazitätsbestimmender Faktoren wird nun die Gedankenbrücke zu den prinzipiellen Steuerungsvarianten eines Galvanikautomaten geschlagen. Der Begriff des Taktes ist schon gebraucht worden und taktgebundene Steuerungen sind die ältesten automatischen Anlagensteuerungen. Dabei wird die gewünschte Ablauffolge der Behandlung eines Warenträgers im Automaten (häufig als „Perlschnurdiagramm“ bezeichnet) in ein Fahrprogramm für den oder die Transporter überführt. Dabei wird davon ausgegangen, dass alle Warenträger zumindest örtlich und zeitlich identisch behandelt werden (Weg-Zeit-Diagramm). Dieses Fahrprogramm führt jeder Transportwagen zyklisch wiederkehrend aus. Die Dauer eines solchen Zyklus (bei mehreren Wagen die längste Dauer) bestimmt den Takt der Anlage und damit den theoretisch maximal möglich Durchsatz. Gleichzeitig ist mit diesem Ablaufschema festgelegt, wie viele Warenträger permanent im System vorhan-

den bzw. auch für einen lückenlosen Ablauf notwendig sind. In *Abbildung 5* sind die jeweils am Taktende belegten Positionen grün markiert.

Die technische Lösung, mit der die Zwangsabfolge der Umsetzschritte der Warenträger erzeugt wird, ist letztlich unerheblich. Das gleiche Weg-Zeit-Diagramm kann mit einer mechanischen Vorrichtung (umlaufende Schaltmatte) oder einem modernen Steuerungssystem aktuellster Technologie realisiert werden. Für genau einen Fall einer vorbestimmten Technologie wird damit das optimale Ergebnis erreicht, dieses stellt zugleich das Maximum an Durchsatz dar. Selbstverständlich sind mit einer modernen Anlagensteuerung über das Bediensystem leicht Variationen von Parametern, z.B. Veränderung von Tropf- und Pendelzeiten oder Fahr- und Hubgeschwindigkeiten bis zu komplexeren Eingriffen in die Schrittfolgen möglich. Die kann dann Auswirkungen auf die Taktlänge haben, je flexibler die Handhabung, umso weniger fixiert ist die Taktdauer. Darauf soll später nochmals eingegangen werden. Aber das grundsätzliche Prinzip einer taktorientierten Steuerung sichert reproduzierbare Zyklen und damit größtmöglichen Durchsatz.

Die eben verwendeten Begriffe Perlschnur- und Weg-Zeit-Diagramm sind in der Galvanobranche sehr verbreitet. Die schematischen Darstellungen dazu können unterschiedlich sein, manchmal wird auch von Weg-Zeit-Ablauf gesprochen und der Sollablauf gemeint. Wichtig ist nur, dass Ersteres, kombiniert mit Sollzeiten und weiteren Parametern (Gleichrichtervorgaben etc.) die geforderte Technologie der Behandlung eines Warenträgers bestimmt,

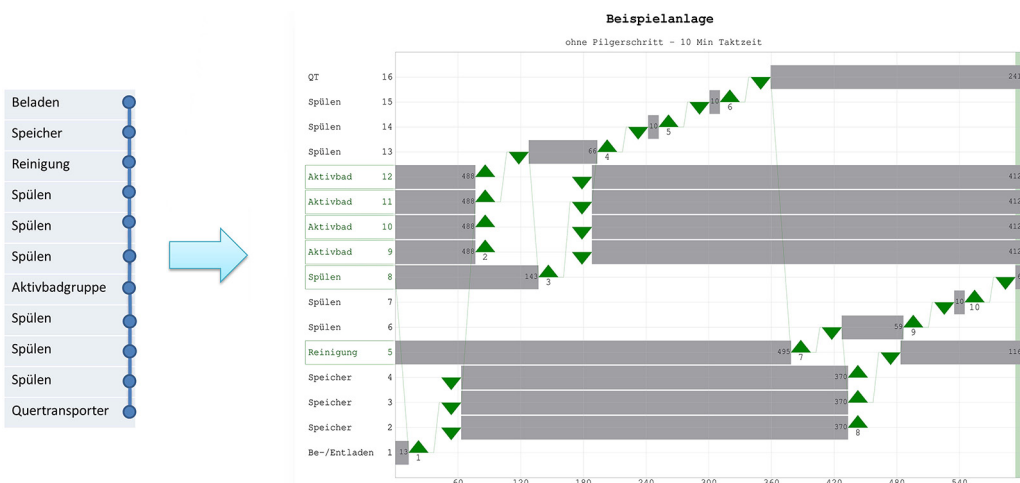


Abb. 5: Überführung einer Warenträger-Ablauffolge in ein Fahrprogramm

während das Zweite die Abfolge der Transport-schritte beschreibt, wovon normalerweise immer mehrere Warenträger betroffen sind. Reduziert man z. B. die Eintauchgeschwindigkeit, um zum Aufschwimmen neigenden Teilen gerecht zu werden, wirkt sich das ggf. auch auf Warenträger mit diesbezüglich unkritischem Besatz aus. Selbst wenn, wie in einer modernen Steuerung die Möglichkeit besteht, nur der betroffene Träger so behandelt wird, werden sich zumindest zeitliche Folgen für die anderen ergeben. Auch darauf wird später nochmals eingegangen. Mit der eben erfolgten nochmaligen Klarstellung der begrifflichen Zuordnung soll im Folgenden dem taktgebundenen ein alternatives Steuerungsprinzip gegenüber gestellt werden. Mit der Einführung rechnergestützter bzw. komplexer speicherprogrammierbarer Steuerungen für Galvanikautomaten eröffnete sich die Möglichkeit, jedem einzelnen Warenträger sein komplettes Ablaufprogramm, also seine Technologie inkl. aller Behandlungsparameter und zulässigen Toleranzen datentechnisch permanent zuzuordnen, also quasi im „Rucksack auf die Reise durch die Galvanikanlage“ mitzugeben. Während sich bei einer Steuerung per Weg-Zeit-Diagramm die Verweildauer eines Trägers in einer Behandlungsposition ergibt, kann jetzt mit Ende der Exposition ein Transporter gerufen, quasi „ein Taxi bestellt“ werden, der dann in die nächste Position umsetzt. Dieses neue Steuerungsprinzip hat zunächst sehr viele Vorteile:

- eine neue Technologie ist sofort nach Eingabe ablauffähig
- die aufwändige Entwicklung eines Weg-Zeit-Diagramms entfällt
- beliebige Schrittfolgen und Sollzeiten werden einfach ausgeführt

- bei Teilausfällen können andere Bereiche weiter arbeiten
- vor allem sind beliebige Abläufe beliebig mischbar. Allerdings – wie beim Taxi – kann es zu ungewollten Verzögerungen kommen, weil kein Transporter zur Verfügung steht oder das nächste Zielbad noch belegt ist. Darüber hinaus bringen die neuen Freiheitsgrade und Möglichkeiten weitere neue Risiken und Nebenwirkungen mit sich. Ist zum Beispiel der Weitertransport an einer Stelle aus irgendeinem Grund nicht mehr gewährleistet (gesperrtes Bad, zu lange Sollzeit, Defekt) wird ohne ein übergeordnetes Eingreifen davor alles angestaut (während eine Taktsteuerung sofort stehen bliebe). Was im Zweifel besser ist, kann nicht pauschal beantwortet werden, sondern ist abhängig von den konkreten galvano-chemischen Umständen, der konkreten Stelle in einer Anlage, der Dauer der Störung usw.

Um nochmals das schon genutzte Beispiel zur Illustration zu nutzen: wenn der angenommene Quersetzter ausgefallen wäre, bliebe eine einfache konventionelle Taktsteuerung spätestens beim Befüllversuch des noch vollen QT stehen und alle Warenträger würden aus der aktuellen Position nicht mehr befördert (Abb. 6).

Die Auftragssteuerung hingegen würde ohne übergeordnete Regeln weiter ausführbare Umsetzungsvorgänge realisieren, bis die gesamte Strecke voller Träger gestellt wäre. Sie würde also noch 8 Takte weiterarbeiten, bevor kein Transport mehr möglich wäre. An dieser Stelle wird sehr bewusst das Wort „Takte“ für das weitere Abnehmen von Trägern vom Beladestand benutzt, weil sich darin eine wesentlich grundsätzliche Erkenntnis widerspiegelt. Unabhängig von der internen Organisation der Steuerung, also ob explizit

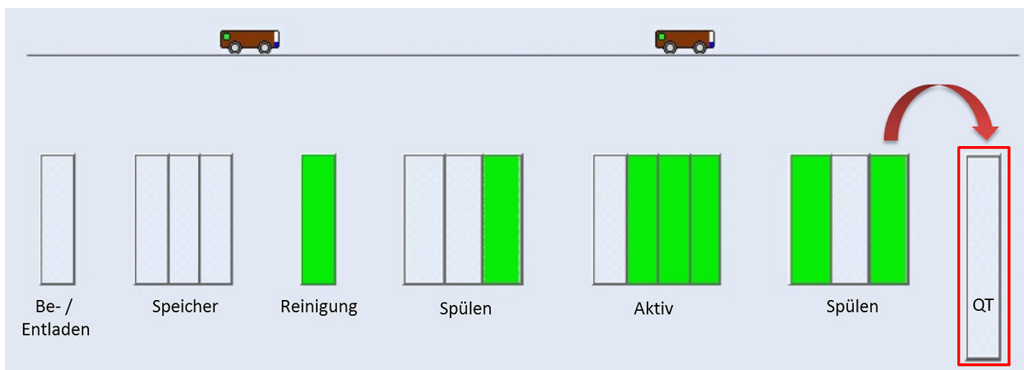


Abb. 6: Vor- und Nachteile unterschiedlicher Steuerungssysteme

als Taktsteuerung oder freiprogrammierbar angelegt, taktet ein Galvanikautomat immer in Bezug auf die Be- und Entladung. Die Anzahl Warenträger, die in einer bestimmten Zeit in die Anlage ein- und/oder ausfahren, bestimmen die durchschnittliche Taktzeit (selbst wenn der Einzeltakt zeitlich extrem schwankt) und damit die Durchsatzleistung eines Automaten.

Zunächst soll noch etwas auf das Beispiel der „vollgestauten“ Reinigungsstrecke eingegangen werden. Diese Betriebsweise erscheint sinnlos, keine Sollzeit wird eingehalten und die Dauerbelegung aller Positionen ist auch nicht gewünscht. Jedoch hat die Anlage im Takt Warenträger abgenommen und nicht die Einfahrt blockiert, was u.U. ein Vorteil sein kann. Ob der Vorteil zum Tragen kommt, ist, wenn die Anlage wieder normal funktioniert, also der QT Ware „abnimmt“, davon abhängig, ob ein Aufholen möglich ist. Dafür sind zwei Bedingungen relevant. Zum einen muss die nachfolgende Behandlung in der Lage sein, Warenträger schneller abzunehmen als der Belade-Einfahrtakt. Zum anderen müssen die notwendigen Transporte in der Reinigungsstrecke ebenfalls schneller erfolgen. Letzteres wird bei unserem Beispiel sicher nur dann einigermaßen gut möglich sein, wenn die Strecke mit min. zwei Transportwagen ausgestattet ist. Darin zeigt sich eine weitere grundsätzliche Eigenschaft von dieserart freien Steuerungssystemen, sie funktionieren besser, bei einer Überkapazität an Transportern, nutzen diese aber diskontinuierlich. Selbst wenn es gelungen ist aufzuholen, bleibt die Frage, ob die Zeitüberschreitungen qualitätsrelevant sind. Meist wird dies der Fall sein, aber es ist auch vorstellbar, dass dies tatsächlich unkritisch ist (US-Vorreinigung mit Aktivbad „Entfettung“ sowie unkritische Standardmaterialien als Ware). Die Anlage – hier konkret die freie Steuerung – hat den Anlagendefekt ohne Durchsatzverlust überbrückt, indem sie die Vorreinigung als Puffer benutzt hat!

Wirklich praxisrelevant ist dieses letzte Beispiel aber sicher nicht. Weder die Aufholkapazität noch die galvano-chemische Toleranz sind im Normalfall so hoch, eher geht der Trend dazu, Galvanikautomaten enger toleriert und unter optimaler Auslastung der vorhandenen technischen Kapazitäten zu fahren. Dennoch geschehen die im Beispiel überhöht verdeutlichten Effekte in einem komplexen Galvanikautomaten kaum mehr einzeln erkennbar verteilt und auf einzelne Warenträger bezogen permanent. Um die Vorteile von freien Steuerungen praxisgerecht nutzen zu können, müssen übergeordnete Regeln vorhanden

sein. Um z. B. einen Pilgerschritt dahingehend sicher zu gestalten, dass keine Verriegelung – sprich zwei Träger haben jeweils als Ziel die aktuelle Position des anderen – eintritt, muss dafür gesorgt werden, dass ein Umsetzungsvorgang nur erlaubt ist, wenn auch der nachfolgende noch möglich ist. In einer Strecke mit typischerweise kurzen, aber sehr zeitkritischen Expositionen (wie einer Chromatierung bzw. Passivierung nach dem Verzinken) muss dafür gesorgt werden, dass alle dazugehörigen Umsetzungsschritte möglichst von einem Transportwagen und ohne Unterbrechung ausgeführt werden (bei mehreren muss das zweite „Taxi“ schon in Bereitschaft gehalten werden).

Neben solchen einfachen, selbstverständlichen Regeln ist natürlich die Gesamtsicht auf alle Transportvorgänge innerhalb eines Galvanikautomaten erforderlich. Dies insbesondere dann, wenn völlig unterschiedliche Abläufe und/oder zeitliche Anforderungen durch die einzelnen Warenträger gestellt werden. Für diese „selbstoptimierenden“ Galvaniksteuerungen ist die Abarbeitung komplexer mathematischer Algorithmen in der Vorausberechnung erforderlich, die nur von übergeordneten Rechnern geleistet werden können. Ziel der Vorausberechnung ist es, aus dem Auftragspool (nur ein Warenträger auf dem Beladeplatz, alle Träger im Einfahrtspeicher oder ein virtueller Speicher in Form von demnächst anstehenden Aufträgen) und der aktuellen Anlagenbelegung für alle Warenträger ein optimales Zeitfenster für die Einfahrt zu ermitteln. Alle auf Galvanikanlagen spezialisierten Steuerungsanbieter haben hier ihr spezifisches Know-how entwickelt, hüten dieses im Detail und arbeiten an der weiteren Verbesserung. Heute gelingt es unterschiedlich, aber bereits meist gut eine richtige und optimierte Vorausberechnung durchzuführen, also ein Weg-Zeit-Diagramm aller Warenträger für mehrere Stunden im Voraus. Jedoch überfordert die Reaktion auf Störungen, wie z. B. tatsächliche oder online Parameteränderungen, kurze Handschaltungen, Kontrollen, verspätete Bedienhandlungen etc. und die nachfolgend notwendige Synchronisation in Echtzeit noch immer viele Systeme.

Der technische Fortschritt in Form noch höherer Rechenleistungen und schnellerer Algorithmen wird sicher weitere partielle Verbesserungen mit sich bringen. Jedoch erscheint mir dies für die Mehrheit der existierenden Automaten nicht das wichtigste Problem. Dieses präsentiert sich in der Titelfrage des Aufsatzes: der Widerspruch zwischen Durchsatz und Flexibilität spitzt sich durch die Anforderungen der modernen Produktion zu. Wie sich zeigt, wenn heute

in der Produktionswirtschaftslehre (Vorlesung Prof. Souren, TU Ilmenau 2013) das Oxymoron (Wort-Sinn-Widerspruch) Mass Customization (Mass Production = Massenfertigung, Customization = kundenspezifische Fertigung) als zentrale Frage diskutiert wird. Die Fa. Daimler baut demnach heute noch höchstens 2 exakt baugleiche Autos pro Jahr und den VW Golf kann man theoretisch in 2,8 Mrd. Varianten beim Händler bestellen. Mit der Hilfe heute etablierter Hard- und Softwarelösungen kann diese Vielfalt sicher organisatorisch bewältigt, also die Anforderung vom Kunden bis in die Fertigung transparent transportiert und logistisch unterstützt werden. Im Gegensatz zu jeder sonstigen mechanischen Fertigung oder Montage hat unsere Branche innerhalb eines Automaten meist keine variablen Zwischenpuffer oder sonstige Toleranz- und Ausgleichsmöglichkeiten. Aber die Anforderung an flexible Fertigung (Schichtstärken, Farben, Vor- und Nachbehandlungen, Endschichten) bestehen schon lange und verstärken sich. Die Automobilindustrie hat dabei wie fast immer eine Vorreiterrolle und trägt die Anforderung an ihre internen und externen Dienstleister. In diesem Zusammenhang sei nur am Rande erwähnt, dass auch die Dokumentationsanforderungen dadurch erheblich zunehmen und die Steuerungen und Leitsysteme von Galvanikautomaten dem auch entsprechen oder angepasst werden müssen.

Fazit

Wie eingangs erwähnt, dient der vorliegende Beitrag als Einstieg in die Zusammenhänge zwischen Steuerungstechnik, Anlagentopologie, Technologie und Durchsatz. Dementsprechend lassen sich aus dem Thema Widerspruch von Flexibilität und hohem Produktionsdurchsatz folgende grundlegende Schlussfolgerungen für die Praxis ziehen:

Durchsatzbetrachtungen hinsichtlich Anforderungen, Auslegung und Leistungsprüfung für Galva-

nikanlagen müssen immer an Takten pro Zeiteinheit (Stunde, Schicht, Tag) erfolgen.

Die interne Steuerungsorganisation kann taktorientiert oder vermeintlich frei erfolgen, entscheidend für Durchsatz und Flexibilität ist das übergeordnete Regelwerk.

Die Durchdringung jedes einzelnen Problempunktes „von Hand“, also die menschliche geistige Leistung, die früher in die Entwicklung eines klassischen Weg-Zeit-Diagramms eingebracht wurde, kann durch selbstoptimierende Steuerungen nicht vollständig ersetzt werden.

Bei der Konzeption neuer Galvanikautomaten sowie der Modernisierung oder Änderung von Anforderungen an bestehende Anlagen sind sehr weitgehende Kompromisse zwischen Flexibilität und hohem Durchsatz möglich. Wichtigste Bedingung ist dabei die konzeptionelle Durchdringung aller Anforderungen und deren Umsetzung in passende Regeln für das gewählte Steuerungskonzept. Auch eine frei programmierbare, selbstoptimierende Steuerung produziert faktisch eine Anzahl Anlagentakte, die den Durchsatz begrenzen. Bei falschen Regeln oder ungünstiger Nutzung sind dies oft mehr als die expliziten Leertakte eines klassischen Taktautomaten. Der vermeintliche Widerspruch ist oft mit einer gut durchdachten Kombination von Taktorganisation und flexibler Vorgabe/Handhabung lösbar. Allerdings nur im Rahmen des technisch-physikalisch Möglichen (theoretisch maximale Taktanzahl), Wunder gibt es leider weder in der galvanischen Behandlung noch in der Steuerungstechnik.

Wenn Sie Fragen oder Anregungen zum Artikel bzw. rund um das Thema Steuerungssysteme und Optimierung von Galvanikanlagen haben, würden wir uns sehr freuen, wenn sie diese an die Autoren oder die Redaktion der Galvanotechnik stellen, damit wir diese beantworten bzw. gemeinsam mit Ihnen diskutieren können.

- **GalvaCom** Galvaniken effizient steuern
- **AwaCom** Abwasser ressourcenschonend behandeln
- **LawaCom** Software für Analyse und Wartung



An der Krebswiese 5 · 98693 Ilmenau · Tel. +49 3677 84880

➔ www.icom-automation.de