

PROJEKTARBEIT

Digitalisierung der Einstelldatenblätter in der Kunststoffproduktion

im Rahmen von F4DIA
von November 2018 – April 2019

von

Andreas Wetzel

Adolf Föhl GmbH + Co.KG
Wieslaufstalstraße 135, 73614 Haubersbronn



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Ist – Zustand	1
3	Aufgabenstellung	2
4	Umsetzung	3
4.1	Tablet	3
4.2	Einstelldatenblatt	4
4.2.1	Temperiergerät	4
4.2.2	Düsenbohrung	4
4.2.3	Umschaltung	5
5	Bewertung und Kritik	6
6	Fazit	7
7	Anhang	8
7.1	Einstelldatenblatt leer	8
7.2	Einstelldatenblatt Beispiel	9



1 Einleitung

Einstelldatenblätter dienen der Dokumentierung der Einstellparameter einzelner Prozesse im Kunststoffspritzguss. Das Ziel sollte dabei sein, bei auftretenden Prozessproblemen auf ein aussagekräftiges Einstelldatenblatt zurückzugreifen. Da es in der Realität oft vorkam und immer noch vorkommt, dass sich die Einstellparameter Produktion für Produktion ein Stück weiter von den Ursprungsdaten entfernen und deshalb mehrere stark voneinander abweichende Einstelldatenblätter in Papierformat an der Maschine vorzufinden sind, wird mit dieser Projektarbeit versucht diese Thematik zu vereinheitlichen.

2 Ist – Zustand

Der Ablauf einer neuen Spritzgussform bis zur Serienproduktion ist in mehrere Schritte unterteilt. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Bemusterung, bei der die Prozessdaten für die spätere Serienproduktion ermittelt werden. Werden am Ende dieser Bemusterung die Teile vom Kunden freigegeben, sind die Prozessparameter zukünftig nur noch geringfügig zu verändern. Der Kunststoffspritzgussprozess unterliegt mehreren Einflüssen, die zu leichten Veränderungen führen können. Diese Veränderungen können über einen tolerierten Eingriffsbereich ausgeglichen werden. Bei größeren Abweichungen ist stets der Prozess als Ganzes zu untersuchen, da diese Abweichungen immer eine größere Ursache als Grund haben.

Als Beispiel sei hierfür der nicht dokumentierte Zustand des Temperiergeräts genannt, das entscheidenden Einfluss auf die Qualität und Prozessstabilität hat. So wird zwar die Vorlauftemperatur dokumentiert, jedoch nicht die ebenfalls entscheidenden Werte des Durchflusses, Rücklauftemperatur und des Drucks. Bei einer neuen Produktion kann es dann auf Grund veränderter Durchflussmengen vor allem zu Maßabweichungen kommen, die dann meistens über die Prozessparameter ausgeglichen werden, da keinerlei Vergleichswerte vorhanden sind.

Dies entspricht oftmals der Praxis, dass durch gravierende Eingriffe in den Prozess durch Verstellen der Prozessparameter eine Symptom- statt Ursachenbekämpfung stattfindet. Kurzfristig kann dies den Prozess wieder in den Toleranzbereich führen, auf lange Sicht ist dies jedoch der falsche Weg, um eine ausreichende Prozessstabilität zu erlangen.

Da die Einstelldatenblätter aktuell im Papierformat in den Prozessunterlagen abgeheftet werden, ist es oftmals schwierig auf das Ursprungsdatenblatt zurückzugreifen, da dieses gar nicht mehr auffindbar bzw. gar nicht als solches gekennzeichnet ist. In mehreren Fällen wurde dabei beobachtet, dass sich in einer Prozessmappe mehrere Einstelldatenblätter mit teilweise komplett verschiedenen Einstellungen befinden. Dies macht es selbstredend für die Produktionsmitarbeiter äußerst schwierig



bei Prozessproblemen das hilfreichste Datenblatt herauszufiltern. Zudem wurde festgestellt, dass die vorgefundenen Einstelldatenblätter teilweise einen Prozess dokumentieren, der eher der Theorie des Formfüllens als der Praxis des Spritzgießens entspricht.

3 Aufgabenstellung

Die digitale Version des Einstelldatenblatts soll oben beschriebene Probleme zu einem großen Teil eindämmen. Zukünftig sollen durch ein bereits komplett neu gestaltetes Einstelldatenblatt die Prozessparameter an der Maschine in ein Tablet eingetragen und schreibgeschützt abgespeichert werden können. Somit ist ein späteres Aufrufen der entsprechenden Prozessparameter problemlos möglich.

Da das neue Einstelldatenblatt als Excel-Datei existiert, sind dort sämtliche Formeln hinterlegt, die zu große Toleranzen oder potentielle Prozessrisiken ausschließen. Außerdem zwingt es die Einsteller teilweise dazu, den Prozess nach den Lehren des Spritzgießens einzustellen und prozessrelevante Grundvoraussetzungen nicht zu ignorieren.

Mittel- bis langfristig soll diese Umstellung dazu dienen, durch prozessrelevante Werte Abweichungen schneller zu bemerken, da die Maschine mit engeren Toleranzen eingestellt ist. Als Folge daraus sollten längere Prozessunterbrechungen durch Werkzeugreparaturen und Reklamationskosten gesenkt werden.

Da das neue Einstelldatenblatt nur noch in Details abgeändert werden muss, liegt das Augenmerk nunmehr auf der sinnvollen und praxisgerechten Umsetzung. Diese beinhaltet die Auswahl eines geeigneten Tablets, den Aufbau entsprechender digitaler Strukturen sowie kleinere Änderungen im Aufbau des Einstelldatenblatts, die die Bedienbarkeit so einfach wie möglich machen sollten. Dazu gehört auch eine Bedienungsanleitung für das Einstelldatenblatt.

4 Umsetzung

4.1 Tablet

Als ersten Schritt muss ein passendes Tablet herausgesucht werden. Als entscheidende Faktoren sind dabei die Robustheit und die Bedienbarkeit hervorzuheben. Das Tablet soll weitestgehend geschützt sein vor äußeren Einflüssen wie Feuchtigkeit, Staub und Vibration sowie gewisse Schutzmechanismen besitzen, die bei einem Sturz auf den Boden das Gerät schützen sollen.

Ebenfalls sollte es einen USB-Anschluss besitzen, um Screenshots vom Bedienbildschirm der Maschine direkt aufs Tablet zu übertragen. So sollen später qualitätsentscheidende Grafiken wie der Hydraulikdruckverlauf und die Prozessstabilität über das Massepolster dokumentiert werden. Dies bedarf einer gewissen Speicherkapazität, wobei diese im unteren zweistelligen Gigabyte-Bereich



völlig ausreichend erscheint. Die Akkulaufzeit ist nur bedingt ausschlaggebend, da sich die Bedienzeit in den meisten Fällen auf einen Zeitraum von max. 1-2 Stunden beläuft.

Ein entscheidendes Auswahlkriterium dagegen wird die Bedienbarkeit mit Handschuhen sein, da diese zur Standardausrüstung der Einsteller gehören. Ebenfalls als Zubehör sollte ein Schultergurt o.ä. dabei sein, da der Mitarbeiter auch Eingaben an der Maschine vornehmen muss, wo eventuell ein dauerhaftes Halten des Tablets umständlich und hinderlich sein könnte.

Eine Kamera wäre insofern hilfreich, als dass man z.B. Prozessprobleme am Werkzeug dokumentieren, die erforderlichen Maßnahmen beschreiben und auf lange Sicht einen Fehlerkatalog erstellen könnte. Daher sollte die Kamera vor allem für detaillierte Nahaufnahmen geeignet sein. Ein weiteres Zubehör, das sich in der Vergangenheit oftmals als sehr nützlich herausgestellt hat, ist die Option Videos in Slow-Motion aufzunehmen.

Damit können parallel und schnell ablaufende Vorgänge, wie z.B. der Auswerfvorgang, detaillierter betrachtet und die nötigen Schlüsse daraus gezogen werden. Durch diese hilfreichen Möglichkeiten sollte es in Zukunft möglich sein, bei einer Ursachenforschung nicht immer bei Null anzufangen, sondern bereits erforschte Ursachen schneller auffindig zu machen. Allerdings besteht die Gefahr, dass durch ähnliche oder identische Symptome, die durch unterschiedliche Ursachen auftreten, die falschen Ursachen „bekämpft“ werden. Dies kann nur durch ausreichende Schulung der Mitarbeiter vermieden werden.

4.2 Einstelldatenblatt

Mit einzelnen Beispielen soll gezeigt werden, wie das neue Einstelldatenblatt aufgebaut ist und wo die Vorteile gegenüber dem alten zu finden sind.

4.2.1 Temperiergerät

Um auf das oben genannte Beispiel mit der Dokumentation der Temperierung einzugehen, bedarf es nur einem kurzen Überblick, um zu erkennen, worin die Vorteile im neuen Einstelldatenblatt liegen. Beim neuen Datenblatt werden der Durchfluss, der Pumpendruck und sowohl die Vorlauf- als auch die Rücklauftemperatur dokumentiert.

Temperatur Heiz-Kühlgerät		
Temp. feste Seite	°C	80
Temp. bew. Seite	°C	80
Schieber	°C	KW
Schieber	°C	
Kerne	°C	

Form	
DS	5,0 l/min
1,8bar	80/76°C

4.2.2 Düsenbohrung

Beim bisherigen Einstelldatenblatt wurde lediglich die Düsenbohrung von Hand eingetragen. Ist die Düsenbohrung allerdings im Vergleich zum Durchmesser der Angussbuchse deutlich zu klein,



treten Probleme auf, die einen guten Prozess massiv erschweren können. Eben auf diese Thematik wurde im alten Einstelldatenblatt keinerlei Rücksicht genommen.

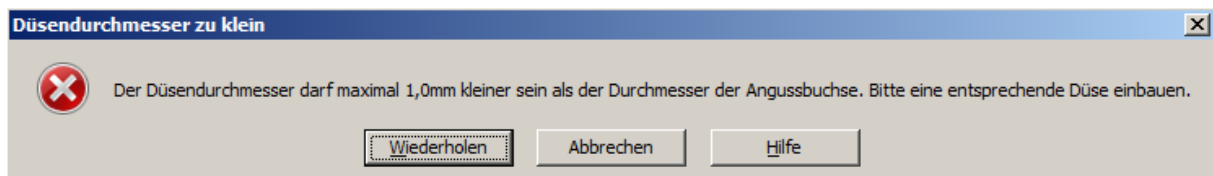
Düsenbohrung:

3mm

Beim neuen Einstelldatenblatt werden sowohl die Düsenbohrung als auch der Durchmesser der Angussbuchse dokumentiert.

Düsenbohrung	4,5mm	Durchmesser Angussbuchse	5,0mm
---------------------	-------	---------------------------------	-------

Sollte eine Düse mit einer Düsenbohrung, die kleiner als 1,0mm im Vergleich zum Durchmesser der Angussbuchse sein, tritt folgende Fehlermeldung auf.



Somit kann der Einsteller, der das Einstelldatenblatt ausfüllt, in diesem Fall keine falsche Düse einbauen. Voraussetzung ist natürlich, dass die Einstelldatenblätter im Nachgang kontrolliert werden.

4.2.3 Umschaltung

Die Umschaltung von Einspritzen auf Nachdruck sollte nach den Lehrbüchern bei 98% der Nestfüllung erfolgen. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass auf Nachdruck umgeschaltet wird, wenn die Teile optisch voll sind. Da auch folgendes in unserer Produktion häufig nicht berücksichtigt wird, bietet das neue Einstelldatenblatt die Möglichkeit, den Einsteller darauf hinzuweisen, dass dieser den Umschaltpunkt falsch gewählt hat.

Umschaltgewicht		Spritzgewicht		Umschaltung 88,5%
Formteile	23,00g	Formteile	26,00g	
Anguss	3,00g	Anguss	3,40g	
Gesamt	26,00g	Gesamt	29,40g	

So müssen sowohl das Umschaltgewicht als auch das Spritzgewicht der Formteile separat gewogen und das Gewicht entsprechend eingetragen werden. Aus diesen Werten errechnet Excel den prozentualen Wert der Umschaltung. Sollte dieser Wert unter 95% liegen erscheint ein gelber Hintergrund, bei einer Umschaltung unter 90% ein roter. Lediglich eine Umschaltung über 95% lässt



den Hintergrund wieder frei werden und gibt dem Mitarbeiter zu erkennen, dass die Einstellungen den Regeln des Spritzgießens entsprechen.

5 Bewertung und Kritik

Als Tablet wird das schon vorhandene „iPad Air“ mit 32GB Speicherplatz und einem 9,7" Bildschirm verwendet.

Bei den ersten Versuchen in der Produktion bemängelten die Einsteller die umständliche Auswahl der Teilenummer. Diese ist über die Listenfunktion der Datenübertragung programmiert. Um jedoch die Liste zu öffnen und zur entsprechenden Nummer zu scrollen, ist das iPad nicht praxistauglich, da die entsprechenden Bedienelemente nicht vergrößert werden können. Daher wird in der überarbeiteten Version sowohl die Teilenummer als auch die Maschine über das Zahlenfeld manuell eingegeben.

Nach weiteren Korrekturen wurde von Seiten der Produktionsarbeiter das Einstelldatenblatt als bedienfreundlich eingeschätzt, sodass für die erste Zeit mit der jetzigen Version (Stand: Mai 2019) gearbeitet werden wird.

Für die Bewertung der Praxistauglichkeit wird das Tablet drei verschiedenen Produktionsmitarbeitern ausgehändigt und im Nachhinein eine Bewertung in Bezug auf Übersichtlichkeit, Bedienbarkeit, Verständlichkeit und Nutzen gemacht. Bei der Bewertung kann zwischen 1 (sehr schlecht) und 5 Punkten (sehr gut) ausgewählt werden. Drei Mitarbeiter aus der Produktion haben das neue Einstelldatenblatt bewertet. Auffallend ist, dass die Bewertung relativ unterschiedlich ausfällt. So haben zwei Mitarbeiter (roter Stern, schwarze Raute) die Bedienbarkeit als „gut“ bzw. „sehr gut“ klassifiziert, der dritte Mitarbeiter (grüner Punkt) dagegen mit „sehr schlecht“. Laut eigener Aussage fällt ihm die Bedienung schwer, da das Tablet sehr unterschiedlich auf seine Finger reagiert. Als Abhilfe für die Zukunft wird ein Eingabestift gekauft.

Die sehr schlechte Bewertung für den Nutzen des Einstelldatenblatts kommt laut Aussage des Mitarbeiters (schwarze Raute) durch den vermeintlich geringen Vorteil gegenüber dem alten Einstelldatenblatt.

Die Bewertung hat gezeigt, dass das neue Einstelldatenblatt noch gewisses Verbesserungspotential aufweist, das in Zukunft peu à peu umgesetzt werden muss.

Sobald eine gewisse Routine mit dem neuen Einstelldatenblatt vorhanden ist, werden vermutlich auch gewisse Kritikpunkte nicht mehr so sehr ins Gewicht fallen, wie es aktuell noch der Fall ist.

	1	2	3	4	5	Ø
Übersicht			●		★	4,3
Bedienbarkeit	●			★		3,3
Verständlichkeit			★		●	3,6
Nutzen				●	★	3,3



6 Fazit

Das neue Einstelldatenblatt bietet bei richtiger Verwendung die Chance, zukünftig bessere Spritzprozesse einzustellen bzw. bei auftretenden Fehlern besser nach der Fehlerursache suchen zu können. Da sämtliche prozessrelevante Parameter sowie die Peripherie, wie z.B. Temperiergeräte, mit aufgenommen wurden, ist eine aussagekräftige Referenzeinstellung vorhanden.

Zusätzlich bietet das Einstelldatenblatt die Möglichkeit, sämtliche Sicherheitswerte wie z.B. den maximalen Spritzdruck nicht mehr beliebig einstellen zu können, sondern sind durch hinterlegte Formeln begrenzt in ihrer Eingabe.

Es wird ein zeitlich nicht zu unterschätzender Aufwand sein, sämtliche Einstellparameter in die neuen Einstelldatenblätter zu übernehmen. Jedoch ist der zukünftige Nutzen daraus um einiges höher einzuschätzen.

In erster Linie soll es dazu dienen, dass die aktuelle leichtere Symptombekämpfung von der deutlich aufwändigeren Ursachenbekämpfung abgelöst wird und somit Prozesssicherheit, Ausschussrate und Stillstandzeiten sich zum Besseren wenden.

7 Anhang

7.1 Einstelldatenblatt blanko

FÖHL		21.05.2019	Name	Einstelldatenblatt Kunststoff									
Werkzeug				Hauptmaterial			Materialcode		Mahlgut		Schnecken durchmesser		
Teile bezeichnung				Batch			Materialcode		Fachzahl		Düsenbohrung		Durchmesser Angussbuchse
Einspritzen						Qualität + Überwachungen						Notizen	
Stufe						Einspritzzeit IST				Umschaltgewicht			
Geschwindigkeit						max. Einspritzzeit				Formteile			
Weg						Umschaltspritzdruck				Anguss			
max. zulässiger Spritzdruck						max. Spritzdruck IST				Gesamt			
Nachdruck						Qualität + Überwachungen						Notizen	
Stufe						Massepolster				Spritzgewicht			
Nachdruckhöhe						Nachdruckzeit gesamt				Formteile			
Nachdruckzeit						Restkühlzeit				Anguss			
										Gesamt			
Dosieren							Qualität + Überwachungen						
Dosier verzögerung	Dosiervolumen	Dekompression	Endstellung	Staudruck	Schnecken drehzahl	Dekompressions strom	Dosierzeit	Zykluszeit	L/D	Verweilzeit	Umschaltung		
Zylindertemperaturen							Werkzeugtemperierung						
Düse	2	3	4	5	6	Flansch							
	Q ±3	Q ±3	Q ±3	Q ±3	Q ±3	Q ±5							
Heißkanaltemperaturen													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Werkzeug schließen							Auswerferbewegungen						
Stufe						Schließkraftaufbau				Werkzeug offen		Notizen	
Geschwindigkeit						Überwachungszeit				Auswerfer vorne			
Kraft						Zuhaltekraft				Geschwindigkeit			
Weg										Rütteln			

7.2 Einstelldatenblatt Beispiel

FÖHL		21.05.2019	Name	Einsteller			Einstelldatenblatt Kunststoff			13000217		Arburg 32006			Mungo				
Werkzeug		SG309502			Haupt material	Radilon PA66 natur ARV500 K100-2		PA 6.6	Material code	10002091		Mahl gut	Anguss über Beistellmühle		Schnecken durchmesser	30 mm			
Telle bezeichnung		Fiber-Jet L=32mm M-0083- 00(Mungo-Ausf.) 1801122L			Batch	UN-MB weiß 0003			Material code	10001160		Fach zahl	4	Düsen bohrung	4,0mm	Durchmesser Angussbuchse	5,0mm		
Einspritzen					Qualität + Überwachungen					Notizen									
Stufe	1		Umschaltpunkt			Einspritzzeit IST	1,05s ±0,2		Q	±0,1		Umschaltgewicht							
Geschwindigkeit	35 cm³/s		15 cm³/s		max. Einspritzzeit	1,20s				Formteile	25,64g								
Weg	25,0 cm³		10,0 cm³		Umschaltspitzdruck	850bar ±150		Q	±100		Anguss	2,59g							
max. zulässiger Spritzdruck	1000bar ±200		1000bar ±200		max. Spritzdruck IST	900bar ±200		Q	±100		Gesamt	28,23g							
Nachdruck					Qualität + Überwachungen					Notizen									
Stufe	1				Massepolster	9,20cm³ ±0,5		Q	±0,2		Spritzgewicht								
Nachdruckhöhe	500bar				Nachdruckzeit gesamt	3,0s ±2,0				Formteile	26,02g								
Nachdruckzeit	3,0s				Restkühlzeit	4,5s ±2,0				Anguss	2,95g								
Dosieren							Qualität + Überwachungen												
Dosier verzögerung	Dosiervolumen	Dekompression	Endstellung	Staudruck	Schneckendrehzahl	Dekompressions strom	Dosierzeit	Zykluszeit	L/D	Verweilzeit	Umschaltung								
0,5s	35,0cm³	5,0cm³	40,0cm³	60bar ±15	25 m/min ±5	5,0cm³/s	3,2s ±0,8	Q ±1,0	16,70s ±2,0	1,2	81s	98,5%							
Zylindertemperaturen							Werkzeugtemperierung												
Düse	2		3		4		5		6		Flansch		Form		Form				
290°C	±10	285°C	±10	285°C	±10	280°C	±10	275°C	±10	Q ±5		DS	3,7 l/min	AS	4,3 l/min				
	Q ±3		Q ±3		Q ±3		Q ±3		Q ±3			1,5bar	80/76°C	1,6bar	80/77°C				
Heißkanaltemperaturen																			
1	Anguss buchse	2	Verteiler mitte	3	Düse 1	4	Düse 2	5	6	7	8	9	10	11	12				
290°C	±10	290°C	±10	290°C	±10	290°C	±10												
Werkzeug schließen							Auswerferbewegungen												
Stufe	1		2		3		Schließkraftaufbau	0,2mm		Werkzeug offen		250,0mm		Notizen					
Geschwindigkeit	400,0 mm/s		25,0 mm/s		10,0 mm/s		Dauer Werkzeugsicherung	0,82s		Auswerfer vorne		15,0mm							
Kraft	10 kN		5 kN		5 kN		Überwachungszeit	1,00s		Geschwindigkeit		40mm/s							
Weg	15,0mm		2,0mm		0,5mm		Zuhaltekraft	200kN ±40		Rütteln		1							