

Allgemeine Technische Bedingungen für Optimierer

Grundlagen der Optimierung

Jeder Betreiber eines industriellen Prozesses ist bestrebt, seinen Prozess optimal zu betreiben. Dies geschieht meist unbewusst und unsystematisch. Ziel dieser Anmerkungen ist es, dem Betreiber zu helfen, die Ziele typischen Fahrverhaltens zu erkennen und zu formulieren.

Die übliche Methode eines solchen Vorgehens besteht darin, alle wichtigen Ziele des Prozessbetreibers in Form einer Zielfunktion und Schranken genau zu beschreiben.

Es ist wichtig zu erkennen, dass jede Produktionsanlage vom Betreiber einer Zielfunktion und einer oder mehreren Schranken unterworfen wird. Eine andere Frage ist es, ob der Betreiber diese Zielfunktion und die Schranken explizit kennt oder ob er diesen nur unbewusst folgt. Dieses „unbewusste“ Vorgehen ist sehr verbreitet und führt zu erheblichen ökonomischen Verlusten. Diese Verluste resultieren einerseits aus unwirtschaftlichem Betrieb, andererseits aber auch daraus, dass jeder Anlagenfahrer bei derartigen Anlagen einer anderen „Strategie“ folgt.

Regel 1: Jeder technische Prozess hat eine Zielfunktion und Schranken

Tatsächlich gibt es keinen gesteuerten oder geregelten Vorgang, in dem nicht immer Zielfunktionen und Schranken gegeben sind. Sind diese nicht bekannt, sind sie aber dennoch immer unbewusst vorhanden. Sogar ein einfacher Regler, ein Auto, sowie die meisten unserer alltäglichen Handlungen sind diesem Gesetz unterworfen.

Beispiel: Jeder Autofahrer hat immer eine Zielfunktion und Schranken – auch wenn er sich dessen selten bewusst ist. Er möchte sein Ziel schnell (Ziel1), sicher (Ziel2) und preiswert (Ziel3) erreichen. Dabei ist zunächst fest zu stellen, dass die Verringerung der Wahrscheinlichkeit eines Unfalles (Ziel2) und das schnelle Erreichen eines Zieles sich widersprechen; beide können umso wahrscheinlicher erreicht werden, je weniger wichtig das Ziel 3 ist. Dieser Widerspruch muss durch Gewichtungen der drei Teilziele in der Zielfunktion gelöst werden. Die Schranken bestehen aus den Gesetzen der Physik, Geschwindigkeitsbegrenzungen und anderen stehenden und rollenden Hindernissen auf der Straße.

Erkennt man Zielfunktionen und Schranken für einen Prozess und kann sie genau formulieren, kann man einen Prozess gezielt ökonomisch optimieren. Ohne diese genaue Kenntnis ist eine Optimierung eines Prozesses nicht möglich, egal, welchen Ansatz man verwendet.

Zudem vermeidet man durch explizite Benennung dieser Ziele, dass mehrere Anlagenfahrer ihre privaten Ansichten über die Ziele der Produktion verwirklichen oder eventuell schädliche Ziele angestrebt werden, wie die Minimierung des Aufwandes für die Anlagenfahrer.

Schranken

Schranken sind von den Betreibern am ehesten klar zum Ausdruck zu bringen. Es gibt in jedem technischen System Grenzwerte einzelner Messgrößen, die niemals über- oder unterschritten werden dürfen.

Technische Systeme können ohne die Beachtung von Schranken nicht zuverlässig betrieben werden. Schranken bestehen immer aus Ungleichungen, mit welchen definiert wird, dass ein Term nicht größer oder kleiner sein darf, als ein anderer Term. Die allgemeine Form von Schranken sieht folgendermaßen aus:

$$X > Y$$

wobei die Variablen jeweils Prozessvariablen, reale Zahlen oder zusammengesetzte Variablen sein können.

Beispiele: Werden Temperaturgrenzen bei empfindlichen Materialien überschritten, werden diese Materialien zerstört oder beschädigt. Daher ist diese kritische Temperatur immer zu unterschreiten. Wird ein Höchstdruck bei einem Behältern nicht eingehalten, explodiert dieser unter Umständen. Maschinen dürfen bestimmte Drehzahlen nicht überschreiten, da sie sonst beschädigt werden. Reaktoren oder Sinteranlagen dürfen bestimmte Durchsätze nicht überschreiten, da die Materialien sonst nicht genügend Zeit zur Reaktion haben.

Regel 2: Jeder Prozess hat eine bestimmte Anzahl von Schranken, die in Form von einer oder mehreren Ungleichungen formuliert werden können

Um die gültigen Schranken eines Prozesses zu identifizieren, geht man am besten so vor, dass man alle wichtigen Prozessgrößen zusammenstellt, welche regelmäßig erfasst werden. Dann legt man für jede dieser Größen einzeln fest, welchen Minimalwert und welchen Maximalwert diese haben dürfen.

Sofern man zusammengesetzte Größen (wie relativer Energieverbrauch, Wirkungsgrad, Ausbeute etc.) betrachtet, sollten auch für diese Rechengrößen Minimal- und Maximalwerte festgelegt werden.

Zielfunktionen

Die Zielfunktion ist schwieriger zu gestalten, da die hier zu beschreibenden Zusammenhänge erheblich komplexer sind. Während Schranken harte Grenzen darstellen, die auf keinen Fall über- oder unterschritten werden dürfen, ist die Zielfunktion immer mit der Vorgabe versehen, „so gut wie möglich“ erfüllt zu werden.

Regel 3: Es gibt keinen Prozess, der ohne Zielfunktion betrieben wird

Eine Zielfunktion besteht aus einer mathematischen Funktion, welche mindestens eine Prozessgröße beinhaltet, von der das Ergebnis dieser Zielfunktion abhängt. Zusätzlich besteht die Zielfunktion aus einer Zielvorgabe; sie kann minimiert oder maximiert werden.

Beispiel: Eine Zielfunktion kann sehr einfach sein, z.B. der Spritverbrauch pro Kilometer eines Autos. Diese wird zu minimieren sein, wobei die Schranken immer zu beachten sind. Wenn z.B. diese Zielfunktion fordert, man solle den Wagen ausrollen lassen, um Sprit zu sparen, so kann diese Vorgabe nicht erfüllt werden, wenn ein anderer stehender Verkehrsteilnehmer das Ausrollen verhindert.

Oft ist dem Betreiber einer Anlage nicht klar, dass er immer schon nach unbewussten Zielfunktionen den Prozess betreibt. Wäre das nicht so, würde es den Betreiber nicht interessieren, ob die Anlage nun gerade produziert oder steht. Zumindest will er die produzierte Menge am Endprodukt maximieren oder dessen Herstellung möglichst preiswert gestalten.

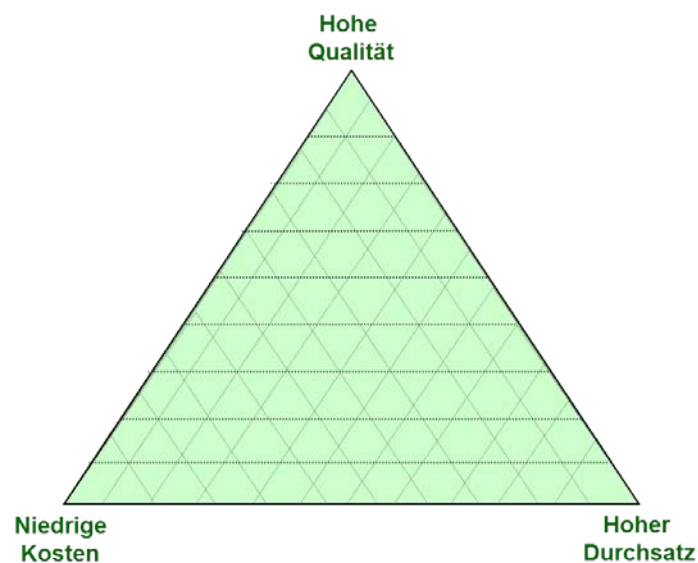
Ein weiteres Problem ist, dass den Betreibern nur selten klar ist, dass Ziele sich oft und gerne widersprechen. Oft wird auf die Frage nach der Zielfunktion geantwortet, man wolle Produkte mit hoher Qualität zu günstigsten Preisen und in großer Zahl produzieren. Diese drei Ziele lassen sich aber nicht gleichzeitig in vollem Umfang erreichen. Daher hat der Betreiber immer die Wahl zwischen mehreren Zielen. Erreicht er ein Ziel in Perfektion, werden die anderen Ziele vernachlässigt.

Regel 4: Teilziele einer Zielfunktion widersprechen sich meistens

Sehr oft bestehen in Zielfunktionen drei Teilziele:

1. Hoher Durchsatz, Geschwindigkeit
2. Hohe Qualität / Wertigkeit / Reliabilität
3. Geringer Preis / geringe Kosten

Sehr gerne werden die drei Zielkategorien im folgenden ternärem Diagramm dargestellt. Man kann in einem solchen Diagramm sehr gut erkennen, dass die perfekte Erreichung eines Zieles die anderen beiden stark einschränkt, die gute Erreichung zweier Ziele das Dritte nicht erreichen lässt und die perfekte Erreichung aller dreier Ziele überhaupt nicht möglich ist. Letztlich muss der Betreiber einer Anlage in diesem Diagramm einen Punkt auswählen und dabei in Kauf nehmen, dass die bessere Erreichung eines Zieles die anderen Ziele einschränkt.



Formuliert wird eine Zielfunktion gerne in Form eines Polynoms der Form:

$$Z = \text{Faktor_Q} \times \text{Qualität} + \text{Faktor_K} \times 1 / \text{Kosten} + \text{Faktor_S} \times \text{Durchsatz}$$

Die Faktoren und die Parameter müssen nun auf einen bestimmten Wertebereich skaliert werden, also z.B. alle auf den Wertebereich von 0 bis 1 umgerechnet werden. Die Kosten sind invertiert, da diese als einziger Parameter minimiert werden sollen, während Durchsatz und Qualität maximiert werden sollen.

Diese Zielfunktion soll insgesamt maximiert werden. Gesteuert wird die Lage des Punktes in dem Dreieck nun über das Verhältnis der drei Faktoren. Sind alle Faktoren gleich 1, befindet sich der Punkt in der Mitte. Ist der Faktor für Kosten und Durchsatz gleich 1 und der für Qualität gleich 0, befindet sich der Punkt auf der Mitte der unteren Kante, usw. Jedes technische Problem findet eine Kodierung in diesem Format. Die drei Teilziele sind immer inhärent gegeben, so dass einfach die drei Terme abgefragt und eingesetzt werden können.

Vereinbarungen über Manipulierbare Variablen

Manipulierbare Variablen sind die Variablen, welche der Optimierer am Prozess verändern kann und darf, um sein Optimierungsziel zu erreichen. Die Manipulierbaren Variablen sind zu definieren und festzulegen und bei der Betrachtung von Schranken vollständig zu berücksichtigen. Festgelegt wird hier vor allem, in welchen Wertebereichen diese Variablen verändert werden dürfen und mit welcher Schrittweite pro Zeiteinheit.

Vereinbarungen über Zielfunktionen und Schranken

Vor der endgültigen Vereinbarung des Lastenheftes oder Pflichtenheftes zwischen dem Auftraggeber und ats vereinbaren beide Seiten verbindlich alle Zielfunktionen und Schranken für den Optimierer und die manipulierbaren Variablen.

Beide Seiten unterzeichnen vor der Online-Inbetriebnahme des Optimierers ein **schriftliches Dokument**, in welchem beide verbindlich alle manipulierbaren Variablen, die Zielfunktion und Schranken festlegen. Spätere Änderungen an den Vorgaben dieses Dokumentes berechtigen den ats zu mehrungsrelevanten Arbeiten.

ats garantiert, dass Ziele und Schranken aus dem Lastenheft und der schriftlichen Vereinbarung der Optimiererziele so genau eingehalten werden, wie es die Messgenauigkeit der installierten Messsysteme und die installierte Verfahrenstechnik ermöglichen.

Insbesondere wird garantiert, dass die zur Führung durch den Optimierer freigegebenen manipulierbaren Variablen im Rahmen der vorgegebenen Schranken jeweils alle 5 Minuten so auf optimal Zielsollwerte geführt werden, dass eine bessere Fahrweise durch manuelle Anpassen der Manipulierbaren Variablen nicht möglich ist.

Eingeschränkt werden diese Garantien nur durch Sicherheitsabstände, welche aber durch den Auftraggeber durch freie Parameter beeinflusst werden können. Der Auftraggeber erhält einen Parameter, mit dem er den Optimierer anweisen kann, einen Sicherheitsabstand von dem Grenzwert zu vereinbaren, um Spielraum für Anpassungen des Betriebspunktes und die dadurch verursachten kurzzeitigen Fluktuationen des Prozesses zu haben und mit absoluter Sicherheit dabei nicht die Grenzwerte für kritische Schranken zu verletzen. Die Nutzung dieser Parameter zur Erhöhung der Sicherheit und zur Minderung der optimierten Fahrweise obliegt jedoch den zugriffsberechtigten Betriebsführern.

Eingriffsgrenzen und Regeln für Eingriffe und manuelle Abschaltung des Optimierers

Oft gibt es technische Gründe, einen Optimierer zu beschränken, die nicht mit Schranken ausgedrückt werden können. Solche Gründe können Explosionsgrenzen oder Emissionswerte sein, die nicht in die Modelle eingeflossen sind und bei deren Erreichen der Optimierer ausgeschaltet werden muss oder bei deren Erreichen die Wirksamkeit des Optimierers eingeschränkt wird.

Solche Regeln führen zu einer Einschränkung der Verfügbarkeit des Optimierers, was der Auftraggeber als nicht gewährleistungsrelevant akzeptiert.

Der Auftraggeber erklärt, dass er alle diese Regeln kennt und diese als in einer eindeutigen und vollständigen Anweisungsliste oder in Form eines widerspruchsfreien Betriebshandbuches übergeben hat, so dass als diese in das System einfließen lässt.

Der Auftraggeber weist sein Betriebspersonal zudem an, nur nach diesen bekannten und widerspruchsfreien Regeln zu handeln und den Optimierer auch nur dann abzuschalten, wenn dieser sich nicht an diese vereinbarten und bekannten Regeln hält. Schaltet ein Leitstandsfahrer den Optimierer ab, obwohl er gegen keine der Regeln verstößt, die als schriftlich bekannt gegeben wurden, geht diese Abschaltung zu Lasten des Auftraggebers, ist nicht verfügbarkeitsrelevant und damit auch nicht gewährleistungsrelevant.

Kommen Auftraggeber und als nach einiger Betriebszeit des Optimierers zu der Schlussfolgerung, dass die Eingriffsregeln der Leitstandsfahrer nicht konsistent sind, bietet als die Ertüchtigung der Regelbasen und die Anpassung des Systems gegen Aufpreis an. Hierzu stehen als neuartige Werkzeuge zur Wissensakquisition zur Verfügung.

Bewertung des Optimierers durch Leitstandsfahrer

Der Auftraggeber stimmt zu, dass er zwecks Abnahme oder Bewertung niemals den Optimierer zur Bewertung mit einem Leitstandsfahrer vergleicht, sofern dieser nicht nachweislich eindeutigen und messbaren Kriterien entsprechend handelt, die vorher schriftlich vereinbart worden sind.

Bewertungskriterium des Optimierers ist die objektive Verbesserung der Zielfunktion in den Zeiträumen, in denen der Optimierer in Betrieb ist im Vergleich mit Zeiträumen, in denen der Optimierer nicht in Betrieb ist.