Prophet Analytics

Whitepaper

Demings langer Schatten - Warum wir noch immer mit dem PDCA Zyklus kämpfen

Autor: Dr.-Ing. Stefan Prorok

Datum: 27.03.2023

Mehr als 70 Jahre sind seit William Edwards Demings berühmter Japanreise vergangen, die den Grundstein für den sogenannten PDCA-Zyklus (Plan Do Check Act) legte. Der PDCA-Zyklus ist die wahrscheinlich bekannteste Methode zur systematischen Problemlösung und ein zentrales Werkzeug zur kontinuierlichen Verbesserung in der Qualität. Trotz unzähliger Erfolgsgeschichten gibt es in der Praxis viele Probleme mit der korrekten Anwendung des PDCA-Zyklus. Ziel dieses Artikels ist es, theoretische und praktische Herausforderungen zusammenzuführen und zu zeigen, wie diese bewältigt werden können.

Eines der am weitesten verbreiteten Werkzeuge zur systematischen Problemlösung ist der PDCA-Zyklus. Er wurde von Toyota nach Edward Demings Japanreise im Jahr 1950 entwickelt. Man findet heute in nahezu jedem Industrieunternehmen Beispiele für die Anwendung des PDCA-Zyklus. Der Zyklus hat auch Eingang in verschiedene Normen und Standards gefunden[1, 2]. Eine typische Darstellung des PDCA-Zyklus finden Sie in Abbildung 1.

Der PDCA-Zyklus beschreibt vier Phasen der Problemlösung:

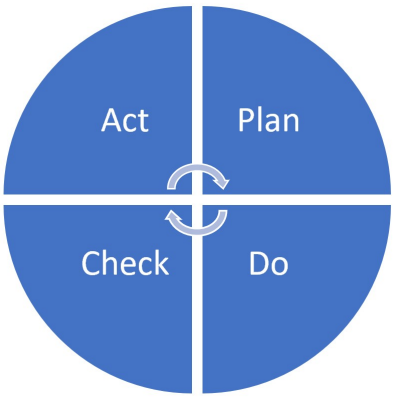

Abbildung 1: Zeigt eine einfache Darstellung des PDCA-Zyklus.

- **Plan**: Beschreibung des Problems, des gewünschten Ergebnisses und möglicher Einflussfaktoren
- **Do**: Durchführen von Tests um mögliche Einflussfaktoren zu bestätigen oder zu Widerlegen
- **Check**: Auswertung der Tests und Festlegung der Korrekturmaßnahmen
- **Act**: Umsetzung der Korrekturmaßnahmen und Prüfung auf langfristige Wirksamkeit

In diesem Artikel werden häufige Probleme im PDCA-Zyklus für jede Phase beschrieben. Es ist anzumerken, dass Deming selbst lieber vom

PDSA-Zyklus sprach, bei dem die dritte Stufe STUDY und nicht CHECK genannt wird. Da den meisten Menschen der Begriff PDCA-Zyklus besser bekannt ist, wird er in diesem Artikel durchgehend verwendet. Der Austausch der CHECK-Stufe durch STUDY scheint ein kleines Detail zu sein. Allerdings ist Demings Unterscheidung eng mit vielen Missverständnissen bei der Anwendung des PDCA-Zyklus verbunden. Einige dieser Missverständnisse werden in diesem Artikel beschrieben.

Die meisten praktischen Probleme bei der Anwendung des PDCA-Zyklus beginnen in der PLAN-Phase. Oft findet man Beispiel für PDCA-Zyklen, bei denen die PLAN-Phase aus einer einfachen Aussage wie „Fehler beim Heißprägeprozess“ besteht. Diese Problembeschreibung ist zu allgemein. Es liegen keine Angaben dazu vor, ob es beim Heißprägeprozess nur ein Fehlerbild gibt oder ob es verschiedene Fehlerausprägungen gibt. Es wird auch kein erwartetes Ergebnis als Ziel formuliert.

Oft hört man die Forderung, dass ein bestimmtes Fehlerbild vollständig eliminiert werden soll. Für die meisten technischen Prozesse ist dies eine sehr anspruchsvolle (manchmal unmögliche) Aufgabe. Eine bessere Fehlerbeschreibung wäre: Die Anzahl der Teile mit Graten beim Heißprägeprozess sollte von 30 Einheiten (3%) auf weniger als 10 Einheiten (1%) pro Schicht reduziert werden. Beachten Sie, dass wir einen messbaren Indikator für die Leistung des Produktionsprozesses definiert haben. Dieser Leistungsindikator wird während des gesamten PDCA-Zyklus verwendet. Bei einer Änderung des Indikators muss der PDCA-Zyklus neu gestartet werden.

Neben dem Indikator selbst und dem Ziel ist es notwendig, die Einflussfaktoren zu identifizieren, die den Leistungsindikator beeinflussen können. Ursache-Wirkungs-Diagramme sind praktische Hilfsmittel, um Einflussfaktoren zu visualisieren. Abbildung 2 zeigt dies am Beispiel des Heißprägeprozesses. Dabei ist zu beachten, dass in der Planungsphase ein hohes Maß an Kreativität und technischem Fachwissen erforderlich ist. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Problemlösung im Team durchzuführen. Die oben genannten Anforderungen sind zwingend erforderlich, um den PDCA-Zyklus ordnungsgemäß durchzuführen.

Nachdem das Problem in der PLAN-Phase umfassend definiert wurde, kann mit der DO-Phase des PDCA fortgefahren werden. In dieser Phase wird der zu optimierende Produktionsprozess gezielt verändert und die Veränderung des Leistungsindikators erfasst. Im Gegensatz zur PLAN-Phase ist die DO-Phase nicht kreativ. In dieser Phase werden systematische Tests durchgeführt, um die Wirkung verschiedener Einflussfaktoren auf die Leistung des Produktionsprozesses zu messen. Bei diesen Tests handelt es sich in der Regel um statistische Standardverfahren.
Die systematische Prüfung von Einflussfaktoren ist eine der größten Herausforderungen im PDCA-Zyklus. In der Statistik werden diese Tests Hypothesentests genannt. Es gibt vordefinierte Tests für Fehleranteile (manchmal auch p-Test genannt), Mittelwert (t-Test) oder die Variation (F-Test). Hypothesentests folgen im Allgemeinen der in Abbildung 3 gezeigten Struktur. Ein Aufbau für einen Hypothesentest für das Beispiel Heißprägen könnte wie folgt aussehen:

- H_0 Hypothese: 3% Fehleranteil (Ausgangszustand)
- H_1 Hypothese: <1% Fehleranteil (Ziel)
- Konfidenzniveau 95% (gängiger Standardwert)
- Stichprobemumfang: 494 (Berechnet aus der Problembeschreibung mit Minitab V18)

Ein mögliches Ergebnis ist in Abbildung 4 zu sehen. In diesem Beispiel wurde das Wartungsintervall verkürzt. Die Abbildung zeigt, dass die Ausfallzahl bei erhöhtem Wartungsaufwand unter dem kritischen Wert fällt. Aufgrund des definierten Konfidenzniveaus ist es unwahrscheinlich, dass dies zufällig geschieht. Somit ist nachgewiesen, dass für kurze Wartungsintervalle eine statistisch signifikante Reduzierung der Ausfälle zu beobachten ist.
Es wird deutlich, dass die Hypothesen H_0 und H_1 aus der starren Fehlerbeschreibung in der PLAN-Phase stammen. Ohne diese Beschreibung ist es nicht möglich, die notwendigen Stichprobenumfänge zu bestimmen. Oft werden statistische Tests entweder mit zu kleinen Stichprobenumfängen (unzuverlässiges Ergebnis und Risiko falscher Schlussfolgerungen) oder mit zu großen Stichprobenumfängen (kostspielig) durchgeführt. Dies ist ein häufiges Problem bei der praktischen Anwendung des PDCA-Zyklus.

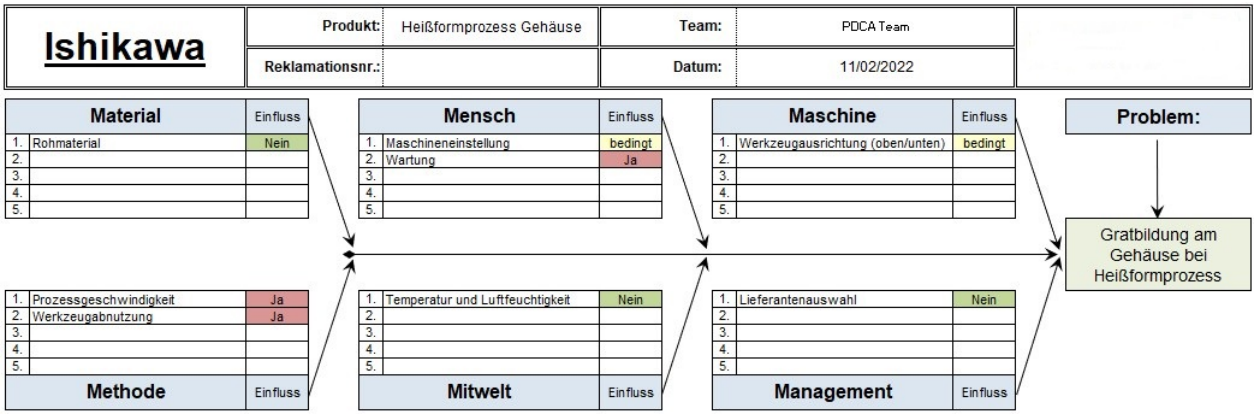

Abbildung 2: Zeigt ein Beispiel eines Ursache-Wirkungs-Diagramms.

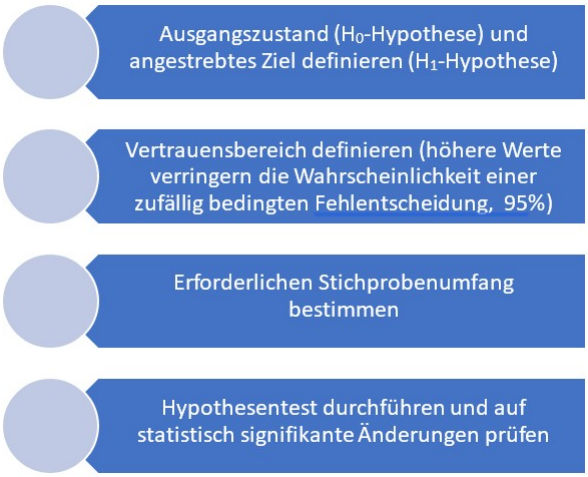

Abbildung 3: Zeigt den allgemeinen Aufbau eines statistischen Hypothesentests.

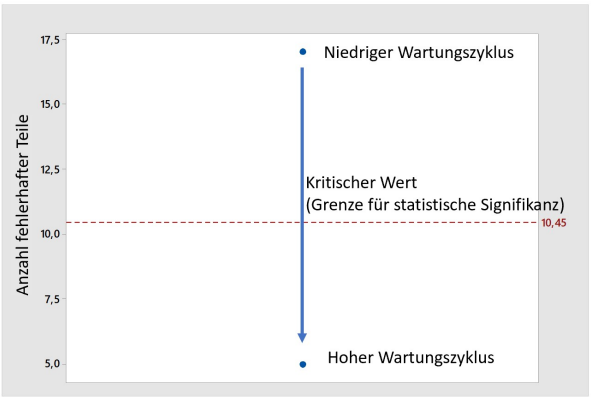

Abbildung 4: Zeigt eine mögliche grafische Darstellung eines statistischen Hypothesentests. Die gestrichelte Linie gibt den kritischen Wert an ab dem eine statistisch signifikante Änderung festgestellt wird.

Aus statistischer Sicht ist die Durchführung eines Hypothesentests die beste Lösung, um Einflussfaktoren zu bestätigen oder auszuschließen. Dieses Vorgehen gewährleistet einen minimalen Stichprobenumfang und hält somit die Kosten für den einzelnen Test niedrig. Es gibt jedoch eine praktische Herausforderung: Die Durchführung eines Hypothesentests erfordert umfangreiche statistische Kenntnisse und in manchen Fällen auch Statistiksoftware. Diese Art von Wissen ist nicht Teil der üblichen technischen oder ingenieurwissenschaftlichen Lehrpläne. Es wird normalerweise in speziellen Seminaren zur Problemlösung wie beispielsweise der Six Sigma Ausbildung gelehrt. Experten mit solchen statistischen Kenntnissen sind in den meisten Unternehmen eine knappe Ressource. Diese Tatsache stellt eine erhebliche Herausforderung für den Einsatz des PDCA-Zyklus in praktischen Anwendungen dar.

Als Professor für Statistik war sich Deming des fehlenden statistischen Wissens in Unternehmen bewusst. In seinen populären Werken stützte er sich daher stark auf grafische Darstellungen wie Regelkarten, um die Komplexität zu reduzieren und seine Lehren zugänglicher zu machen[3]. Die gängigsten Regelkarten wurden von Walter Shewhart entwickelt. Die sogenannten Shewhart-Regelkarten sind im Wesentlichen grafische Darstellungen von Hypothesentests. Die Idee, statistische Tests grafisch darzustellen, hat bis heute Bestand. Eine ausführliche Diskussion zum Zusammenhang zwischen Regelkarten und Hypothesentests finden Sie in [5].

Um eine Regelkarte zu erstellen, ist keine spezielle Software erforderlich. Es gibt für Regelkarten gute Faustregeln, sodass die Berechnung des

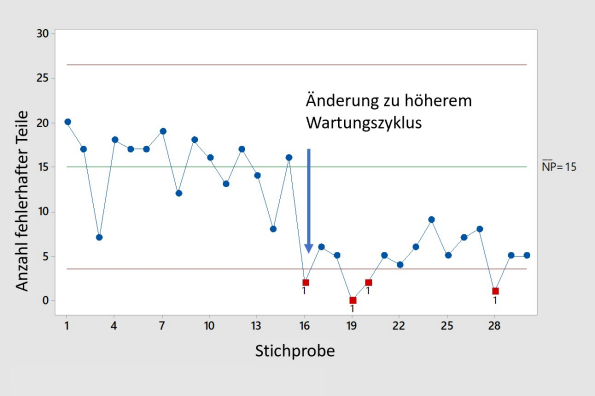

Abbildung 5: zeigt das Beispiel einer Regelkarte. Die roten Linien zeigen die Eingriffsgrenze an. Verstöße gegen die Eingriffsgrenze werden durch rote Markierungen angezeigt.

optimalen Stichprobenumfangs nicht zwingend erforderlich ist. Aus diesem Grund sind auch keine vertieften statistischen Kenntnisse erforderlich. Die kritische Werte des Hypothesentests werden in der Regelkarte durch Eingriffsgrenzen ersetzt. Die grafische Darstellung ist nicht nur einfach zu verwenden, sondern sorgt auch für eine gute Lesbarkeit und ein intuitives Verständnis.

Abbildung 5 zeigt eine Regelkarte für die Fehleranzahl im Heißprägeprozess. Die Anzahl der Fehler wird zwei Mal pro Schicht notiert. Es zeigen sich, dass sich nach der Reduzierung des Wartungsintervalls die Lage des Prozesses hin zu niedrigeren Fehlerzahlen verschiebt. Es werden mehrere Verstöße der untere Eingriffsgrenze beobachtet. Dies weist auf eine statistisch signifikante Reduzierung der Ausfälle hin. Wenn kein statistisch qualifiziertes Personal verfügbar ist, dann ist die Regelkarte die Methode der Wahl, um Einflussfaktoren im PDCA-Zyklus zu ermitteln. Der Versuch, die DO-Phase ohne geeignete statistische Tests oder Regelkarten durchzuführen, führt häufig zu mehrdeutigen Ergebnissen so dass Versuche wiederholt werden müssen.

Nachdem alle Tests der DO-Phase durchgeführt wurden, kann mit der CHECK-Phase fortgefahren werden. In dieser Phase ist es notwendig, auf Demings wichtige Unterscheidung zwischen CHECK und STUDY zurückzukommen. Eine Überprüfung im Sinne eines Hypothesentests ist eine rein mathematische Operation: Werte außerhalb der Eingriffsgrenzen gelten als signifikant. Wenn ein statistisch signifikanter Effekt eines Einflussfaktors nachgewiesen wurde, ergibt sich aus dem Versuch in der Regel auch in welche Richtung der Produktionsprozess korrigiert werden muss. Im Falle der Heißprägung bedeutet dies, dass kürzere Wartungsintervalle erforderlich sind, um die geforderten Qualitätsziele zu erreichen. Um effektiv zu sein, sollte die CHECK-Phase noch einen Schritt weiter gehen. Es könnte zum Beispiel untersucht werden warum kürzere Wartungszyklen erforderlich sind und ob die notwendigen Wartungszyklen vergleichbar zu anderen vorhandenen Maschinen sind. Dies ist der Grund weshalb Deming es vorzog von der STUDY-Phase zu sprechen: Es geht in dieser Phase darum die gesammelten Daten in Wissen zu überführen. Regelkarten können in dieser Phase sehr wertvoll sein. Sie offenbaren häufig Informationen über den Prozess, die ansonsten schwer zu testen sind (z.B. Abweichungen von Charge zu Charge oder von Bediener zu Bediener).

Durch die Durchführung einer ordnungsgemäßen CHECK-Phase kann das Team auch die Wirksamkeit des Problemlösungsprozesses beurteilen. Diese Art der retrospektiven Aktivität ist wichtig, um das Prozessverständnis weiter zu verbessern. Zusätzlich hilft das Reflektieren über das erlernte Wissen bei der Lösung zukünftiger Probleme.

Häufige Fragestellungen, für die CHECK-Phase sind:

- Was ist die erwartete Verbesserung (Kosten-Nutzen-Rechnung), wenn Korrekturmaßnahmen umgesetzt werden?
- Wurden alle relevanten Einflussfaktoren identifiziert oder besteht weiteres Optimierungspotenzial?
- Was haben wir über die Funktion unseres Produktionsprozesses gelernt?
- Sind die Ursachen verstanden oder behandeln wir die Symptome?

Beachten Sie, dass die CHECK-Phase nur durchgeführt werden kann, wenn auch die PLAN- und DO-Phasen ordnungsgemäß ausgeführt werden. In einigen extremen Fällen wird der PDCA-Zyklus eher wie eine Fortschrittsanzeige verwendet, wobei P einem Wert von 25 % entspricht, D 50 % usw.. In solchen Fällen gibt es in der Regel viele wiederholte Anstrengungen aufgrund nicht wirksamer Maßnahmen und das Lernen beschränkt sich auf das Ergebnis (Ver-

such und Irrtum). Es findet keine systematische Problemlösung statt. Im Gegensatz dazu zielt Demings Zyklus eindeutig auf ein tieferes Verständnis der Produktionsprozesse ab.

Die letzte Phase des PDCA-Zyklus ist die ACT-Phase. In dieser Phase werden Korrekturmaßnahmen für die identifizierten Einflussfaktoren umgesetzt (z. B. der Wartungszyklen dauerhaft verkürzt oder es wird auf ein wartungsärmeres Werkzeug umsteigen). Wenn die CHECK-Phase gut durchgeführt wird, dann ergeben sich häufig verschiedene Verbesserungsalternativen. Diese können im Hinblick auf Kosten, Durchlaufzeiten usw. verglichen werden. Nach der endgültigen Umsetzung der Korrekturmaßnahmen muss überprüft werden, ob die Korrekturmaßnahmen vollständig wirksam sind. Wie in der DO-Phase, kann die Wirksamkeitsprüfung mit Hilfe von Hypothesentests oder Regelkarten durchgeführt werden. Ähnlich wie die DO-Phase erfordert die ACT-Phase nicht viel kreativen Input.

Ein häufiges Problem in der Praxis besteht darin, dass die Prüfung der Wirksamkeit nicht durchgeführt wird. Es muss betont werden, dass der Test auf Wirksamkeit ein wesentlicher Bestandteil ist, um den PDCA-Kreislauf zu schließen. Bei unzureichender Wirksamkeit sollte ein neuer PDCA-Zyklus gestartet werden, der die Erkenntnisse aus dem ersten Zyklus umfasst und weitere Einflussfaktoren betrachtet. Wenn möglich, sollten die Erkenntnisse des PDCA-Zyklus als gewonnene Erkenntnisse in interne Standards und andere anwendbare Prozesse übertragen werden.

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass trotz der scheinbar einfachen Struktur des PDCA-Zyklus viele Probleme auftreten können, wenn eine oder mehrere Phasen nicht ordnungsgemäß ausgeführt werden. Die Phasen des PDCA-Zyklus sind aufeinander aufbauend. Ein großes Problem bei der Anwendung des PDCA-Zyklus liegt darin, dass ein vollständiges Verständnis des Zyklus spezielles statistisches Grundwissen erfordert. Dies gilt insbesondere für die DO- und ACT-Phasen. Hilfsmittel wie Regelkarten machen den PDCA-Zyklus für mehr Anwender nutzbar. Selbst beim Einsatz von Regelkarten ist jedoch ein gewisses Qualifikationsniveau erforderlich.

Die Phasen PLAN und CHECK erfordern ein hohes Maß an Kreativität und technischem Fachwissen. Dies sind Fähigkeiten, die im Laufe der Zeit geübt werden müssen und nicht ohne weiteres in Schulungen übertragen werden können. Die Beherrschung des PDCA-Zyklus erfordert daher Fähigkeiten aus zwei sehr unterschiedlichen Bereichen: Einerseits Verständnis für statistische Methoden einschließlich Regelkarten und andererseits technisches Fachwissen und Kreativität. Es kommt selten vor, dass diese beiden Fähigkeiten in einer Person vereint sind. Aus diesem Grund bleibt eine effektive Problemlösung immer eine Teamleistung. Dies gilt sowohl für den PDCA-Zyklus als auch für alle anderen Rahmenwerke zur Problemlösung.

Danksagung

Dieser Artikel wurde zuerst in *Perspektivy Kvality* [4] veröffentlicht. Ich möchte ZF Electronics Klášterec Ltd. für die Unterstützung mit der Minitab-Software und Lucie Hubinkova für ihre Hilfe bei der Manuskripterstellung in tschechischer Sprache danken.

Über den Autor

Dr.-Ing. Stefan Prorok ist promovierter Diplom-Ingenieur der Elektrotechnik. Er war acht Jahre lang in verschiedenen Führungspositionen in der Automobilindustrie tätig. Er ist Autor mehrerer Patente für industrielles maschinelles Lernen sowie eines Buches über Statistiken in der industriellen Produktion. Darüber hinaus ist er als Trainer für die Deutsche Gesellschaft für Qualität (DGQ) tätig. Seit 2023 bietet er mit seinem Unternehmen Ingenieurbüro Prorok und Partner Beratungs- und Softwarelösungen an (für mehr Informationen siehe link).

Literatur

[1] IATF 16949. *Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations*. International Automotive Task Force, 2016.

[2] ISO 9001:2015-11. *Quality management systems - Requirements*. International Organization for Standardization, 2015.

[3] Edwards W. Deming. *Out of the Crisis*. MIT Press, 2018.

[4] Stefan Prorok. Demingův odkaz vrhá dlouhý stín: Proč stále bojujeme s methodu PDCA. *Perspektivy Kvality*, 3(3):10–16, 2022.

[5] Stefan Prorok. *Statistische Unsicherheit in der industriellen Produktion: Grundlagen und Methoden der modernen Qualitätssicherung*. Springer Verlag, 2022.