



# Fit mit 50

THOMAS WESTMAN, PIERRE LORIN, PAUL A. AMMANN – In guter Verfassung sein und „fit bleiben“ – dieser Anspruch gilt nicht nur für viele Menschen, sondern auch für Leistungstransformatoren. Derzeit erreichen viele Transformatoren auf der ganzen Welt ein Alter, in dem ihr „Gesundheitszustand“ zum kritischen Faktor für ihre weitere Nutzung und das wirtschaftliche Überleben ihrer Besitzer wird. Der Ausfall eines Transformators kann katastrophale Folgen haben, weshalb die Betreiber auf eine hohe Zuverlässigkeit und schnelle Wiederaufnahme des Betriebs nach einem Ausfall angewiesen sind. Angesichts alternder Transformatorenbestände und knapper Instandhaltungsbudgets werden viele Transformatoren weit über ihre optimale Lebensdauer hinaus betrieben. Davon auszugehen, dass alle Transformatoren fit genug seien für einen verlängerten Einsatz, ist jedoch riskant. Beim Asset-Management von Transformatoren geht es vor allem darum, das Ausfallrisiko zu reduzieren und die Auswirkungen eines Ausfalls zu minimieren. ABB TrafoAsset Management™ bietet Betreibern von Transformatoren die notwendige Unterstützung bei intelligenten Instandhaltungsentscheidungen zur Bewältigung dieser Herausforderungen.

Verlängerung der Lebensdauer alternder Transformatoren mit ABB TrafoAsset Management™ – Proactive Services

Leistungstransformatoren sind ein unentbehrlicher Bestandteil der Hochspannungsanlagen von Kraftwerken, Übertragungsnetzen und großen Industrieanlagen. Nicht selten sind sie auch die teuersten Betriebsmittel einer Anlage. Unerwartete Ausfälle bedeuten eine erhebliche Störung laufender Systeme und können zu unplanmäßigen Stillständen und Versorgungsengpässen führen. Diese Ausfälle sind häufig auf mangelhafte Instandhaltung, falsche Bedienung, unzureichenden Schutz, unerkannte Fehler oder sogar schweren Blitzschlag oder Kurzschlüsse zurückzuführen → 1, 2. Solche Ausfälle können den Umsatz beeinträchtigen, Strafen nach sich ziehen und einem Unternehmen den guten Ruf und seine Kunden kosten.

Im Jahr 2002 gab das Institute of Nuclear Power Operations bekannt, dass seit 1996 mehr als 70 außerplanmäßige Ereignisse im Zusammenhang mit großen Haupt-, Hilfs- oder Aufspanntransformatoren registriert wurden [1]. Einige davon verursachten erhebliche Schäden an Umspannwerken, und mehr als 30 Reaktor-Notabschaltungen, Kraftwerksabschaltungen und Einschränkungen der Stromversorgung waren auf Transformatorprobleme zurückzuführen. In vielen Fällen waren Produktionsausfälle und kostspielige Reparaturen die Folge. Die hohen mit Transformatorausfällen verbundenen Kosten sind ein guter Grund für viele Energieversorgungsunternehmen, die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit dieser

wichtigen Betriebsmittel über ihre gesamte Lebensdauer hinweg sicherzustellen. Neue Transformatoren kosten zwischen 2 und 4 Mio. USD, doch bei einem (wenn auch seltenen) Ausfall können auf den Betreiber noch wesentlich höhere Kosten zukommen. Im Extremfall kann dies ein Unternehmen sogar in den Ruin treiben → 3. Darüber hinaus gelten in vielen Ländern strenge Gesetze zur Regulierung der elektrischen Energieversorgung, die Vertragsstrafen bis zum 100-fachen des eigentlichen Energiepreises vorsehen.

#### Alternde Bestände

Zwar gelten Transformatoren als überaus zuverlässig, doch die weltweit installierte Population ist inzwischen relativ alt. So liegt das Durchschnittsalter der Transformatoren in Industrieanlagen bei 30 und in der Energiewirtschaft sogar bei 40 Jahren. Alternde Transformatoren sind zwar keine „tickenden

Zeitbomben“, aber dennoch steigen ihre Ausfallraten und ihre Austausch- und Reparaturkosten langsam aber sicher an. → 4 zeigt die Entwicklung der Ausfallraten von Transformatoren in Industrieanlagen, Kraftwerken und Übertragungsnetzen. Die Risikoentwicklung verläuft bei Industrie- und Kraftwerkstransformatoren steiler, da die dort eingesetzten Einheiten meist intensiver genutzt werden. Auch wenn der Anstieg des Risikos eines unerwarteten Ausfalls nicht

### 1 Ein Transformator, der durch einen beinahe katastrophalen Ausfall beschädigt wurde



### 2 Der Transformator aus Bild 1 nach der Wiederaufarbeitung

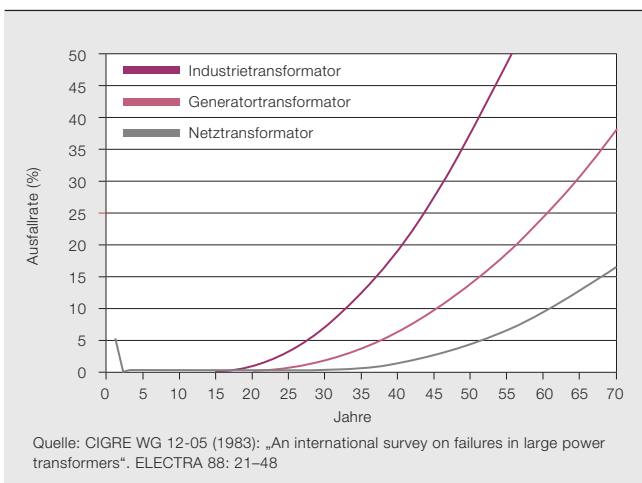


### 3 Geschätzte Kosten für einen ungeplanten Austausch eines typischen Generatortransformators

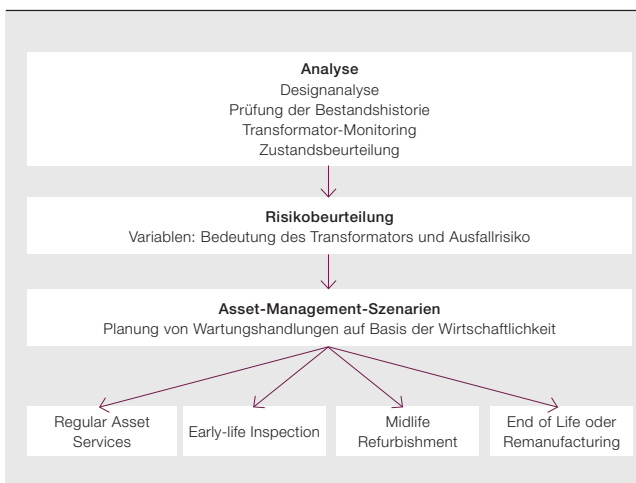
Entsorgung von Schadstoffen	500.000 USD
Umsatzeinbußen (500.000 USD/Tag)	10 Mio. USD
Arbeitskosten für Installation und Inbetriebnahme	100.000 – 300.000 USD
Zusätzliche Modifikationen und Arbeiten vor Ort	300.000 USD
Neue Transformatoreinheit	2–4 Mio. USD

Transformatorausfälle können bis zu 15 Mio. USD kosten und darüber hinaus den Ruf des Betreibers schädigen. (Quelle: Double Life of a Transformer Seminar, Clearwater, FL, USA)

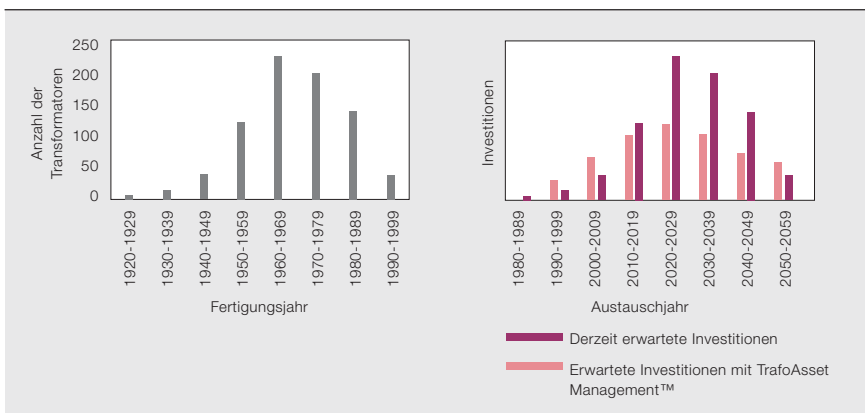
#### 4 Entwicklung der Ausfallrate von Transformatoren in drei verschiedenen Anwendungsbereichen



#### 6 ABB TrafoAsset Management – Proactive Services im Überblick



#### 5 Investitionen in Transformatoren früher und heute



**5a** Die Investitionen in neue Transformatoren erreichten in den 1960er und 1970er Jahren einen Höchststand. Ohne optimierte Instandhaltungsstrategien und verlängerte Lebensspannen ist nach 50 Jahren eine weitere Investitionsspitze zu erwarten.

**5b** Durch die Umsetzung des ABB TrafoAsset-Management-Programms kann die potenzielle Investitionsspitze abgeschwächt werden.

allein durch das Alter verursacht wird, ist es in der Regel doch mit einer höheren Wahrscheinlichkeit verbunden. Zu den weiteren Faktoren für ein erhöhtes Ausfallrisiko gehören die Art der Anwendung und die Tendenz, die Transformatoren bis an ihre Grenzen zu belasten, um die wirtschaftlichen Anforderungen eines deregulierten und wettbewerbsintensiven Markts zu erfüllen.

→ 5 zeigt, dass die von vielen Unternehmen in Europa und den USA getätigten Investitionen in Transformatoren in den 1960er und 1970er Jahren einen Höchststand erreichten. Die hohen Kosten, die mit einem Austausch der mittlerweile alternden Ausrüstung verbunden sind, zwingt viele Unternehmen dazu, ihre Transformatoren über deren empfohlene Lebensdauer hinaus zu betreiben, um die zu erwartende nächste Investitionsspitze abzuschwächen. Dies ist

jedoch nur möglich durch eine optimierte Instandhaltung der Transformatoren und die Implementierung entsprechender Maßnahmen zur Verlängerung ihrer Lebensdauer. Gleichzeitig erfordert die wirtschaftliche Situation eine höhere Investitionsrendite bei geringeren Instandhaltungsbudgets und –ausgaben. Dieser Druck auf die Instandhaltungsbudgets hat seine Ursache in der Liberalisierung und Deregulierung der Märkte und dem damit verbundenen betriebswirtschaftlichen Fokus. Für die Betreiber bedeutet dies, dass sie nicht länger eine einfache zeitabhängige Instandhaltungsstrategie verfolgen können, bei der die Risiken durch eine jährliche Komplettwartung aller Transformatoren gemindert werden. Stattdessen ist eine ausgeklügelte, zustandsabhängige Strategie erforderlich, die einen höheren Instandhaltungsaufwand für Transformatoren mit hohem Risiko als für

Die hohen Kosten, die mit einem Austausch der mittlerweile alternden Ausrüstung verbunden sind, zwingt viele Unternehmen dazu, ihre Transformatoren über deren empfohlene Lebensdauer hinaus zu betreiben.

#### Fußnote

- Ein hohes Risiko bedeutet eine hohe Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls und/oder große Auswirkungen eines Ausfalls auf das Geschäftsergebnis.

Transformatoren mit geringerem Risiko vorzuziehen<sup>1</sup>. Dazu sind jedoch verlässliche Informationen über den Zustand der Transformatoren erforderlich.

### ABB TrafoAsset Management – Proactive Services

Zur Unterstützung ihrer strategischen und operativen Entscheidungen benötigen die Betreiber von Transformatoren spezielle Werkzeuge, die ihnen dabei helfen, die oben genannten Herausforderungen zu bewältigen und zur richtigen Zeit die richtigen Instandhaltungsmaßnahmen zu treffen. Hierbei zeichnet sich eine klare Trendwende weg von einer zeitabhängigen Instandhaltung und hin zu einer zustandsabhängigen Instandhaltung ab, bei der Entscheidungen nicht mehr auf einem durch Erfahrungen und Beobachtungen bestimmten durchschnittlichen Zeitrahmen basieren, sondern unter Berücksichtigung des tatsächlichen Zustands der Betriebsmittel und der für ihre Funktion erforderlichen Zuverlässigkeit getroffen werden. TrafoAsset Management unterstützt dies mithilfe der drei Elemente Analyse, Risikobeurteilung und Planung von Wartungshandlungen auf der Grundlage von Asset-Management-Szenarien → 6.

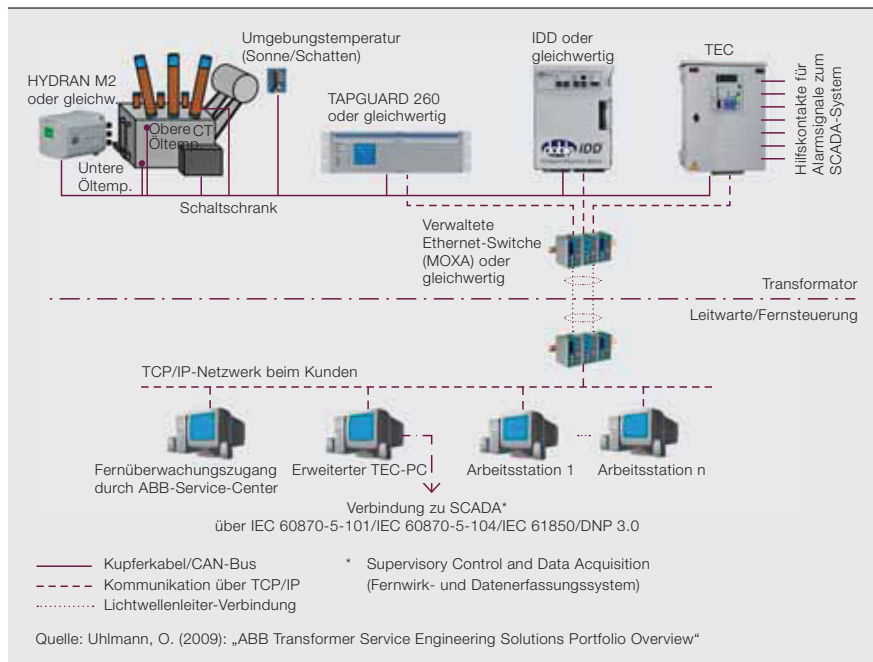
#### Analyse

Mithilfe der Konstruktionsdaten, den Informationen aus dem Anlagenmanagementsystem, den Ergebnissen der Zustandsbeurteilung und der Instandhaltungshistorie verschafft sich ABB einen umfassenden Überblick über die Transformatorflotte. Diese Daten spielen eine entscheidende Rolle im Beurteilungs- und Managementprozess. Sie sind nicht nur wichtig zur Minimierung des Ausfallrisikos, sondern liefern auch wertvolle Informationen zur Initiierung von Wartungsarbeiten im Falle einer Störung. Dies wiederum bedeutet eine rasche Wartung und kürzere Ausfallzeiten.

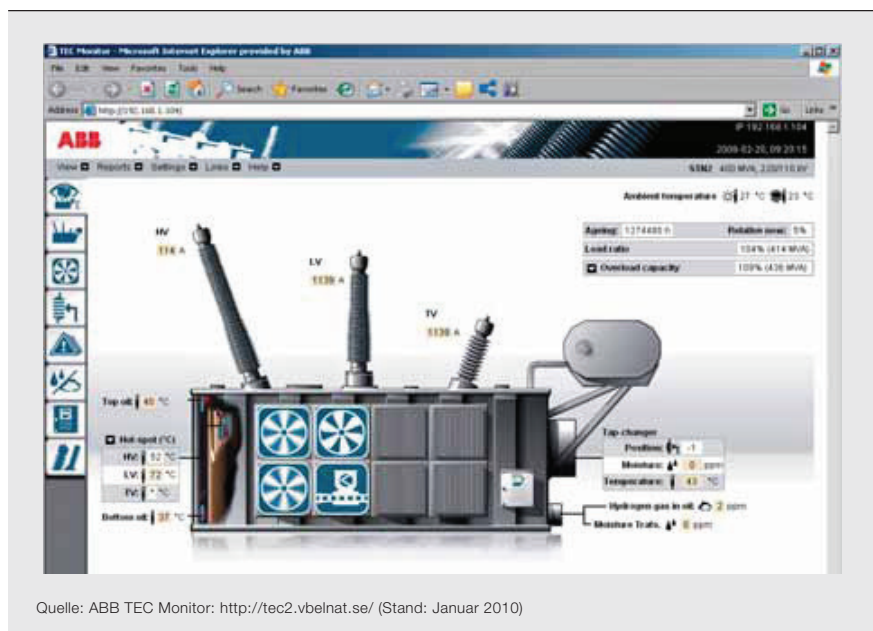
#### Designanalyse

ABB kann auf die Original-Konstruktionsunterlagen von über 30 OEM-Fabrikaten zugreifen und besitzt die technischen Unterlagen von fast 75 % aller in Nordamerika installierten großen Leistungstransformatoren – z. B. von Westinghouse, GE, ASEA und BBC – sowie von anderen Vorgängertechnologien. Allen neuen ABB-Transformatoren liegt ein gemeinsames Designkonzept mit standardisierten, im Service bewährten Komponenten und Modulen zugrunde, die ein flexibles, zuverlässiges und anpassungsfähiges Transformatorendesign ermöglichen.

## 7 Aufbau eines Transformator-Monitoring-Systems



## 8 Der Transformator-Monitoring-Bildschirm zeigt den Zustand wichtiger Teile des Transformators.



#### Prüfung der Bestandshistorie

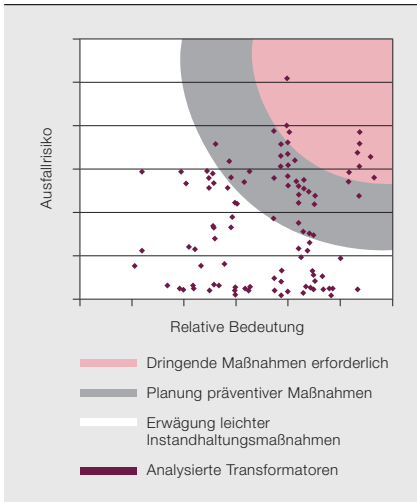
Ein wachsender Teil der ABB-Produkte wird über das unternehmenseigene Anlagenmanagementsystem überwacht. Damit steht eine Fülle von Daten zu den Transformatoren einschließlich Angaben zum derzeitigen Besitzer und der Betriebshistorie zur Verfügung, die ständig aktualisiert werden. Das System liefert eine wichtige Grundlage für die proaktive Erkennung von Problemen. So lieferte eine Analyse aller derzeit installierten öl- oder wassergekühlten Transformatoren im Leistungsbereich von 10 bis 600 MVA mit einem Alter von

über 20 Jahren 700 Hinweise auf mögliche Kühlprobleme. Viele dieser Transformatoren waren aufgrund von Undichtigkeiten in den

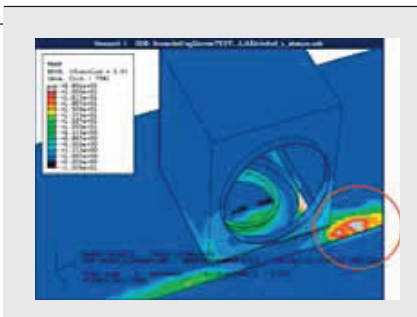
#### Fußnoten

- Das Risiko katastrophaler Ausfälle kann durch Transformator-Monitoring statistisch von 0,07 % auf 0,03 % reduziert werden [2].
- First-Level-Maintenance ist die erste Stufe des Problemmanagements, bei der Informationen gesammelt und Symptome analysiert werden, um die Ursachen zu bestimmen. Klar umrissene Probleme werden üblicherweise durch das First-Level-Maintenance-Team gelöst, das über ein allgemeines Verständnis der Produkte verfügt.

## 9 Typische Ergebnisse des Mature Transformer Management Program™ (MTMP) von ABB



**9a Schritt 1: Das Screening der gesamten Transformatorflotte ermöglicht eine Risikobeurteilung.**



**9c Schritt 3: Lebensdauerbeurteilung/-profilierung (für einige wenige Transformatoren, die in den Schritten 1 und 2 ungewöhnliche Ergebnisse aufwiesen) anhand einer eingehenden Analyse zur Verdeutlichung des Zustands der Transformatoren. Der eingekreiste Bereich zeigt die Notwendigkeit einer sofortigen Maßnahme.**

Kühlsystemen vollständig ausgefallen, was in einem Fall zu einem dreimonatigen Produktionsstopp mit entsprechenden Umsatzeinbußen geführt hatte. Dank der Informationen aus dem Anlagenmanagementsystem konnten die betreffenden Betreiber im Voraus kontaktiert und eine regelmäßige Überprüfung der Systeme veranlasst werden.

### Online-Monitoring von Transformatoren

Das Online-Monitoring entwickelt sich zunehmend zu einem wesentlichen Bestandteil des Transformatorenmanagements. Es dient als Frühwarnsystem für sich anbahnende Störungen im Hauptkessel und den Hilfseinrichtungen und ermöglicht es dem Betreiber, die Schwere einer Situation einzuschätzen. Dabei sind mehrere Transformatoren mit dem Netzwerk des Betreibers verbunden und können von einer zentralen Leitwarte oder von dezentralen Arbeitssta-

Anlage 1 – Ergebnisse der Zustandsbeurteilung und Handlungsplan						
	Mechanisch	Elektrisch	Thermisch	Zubehör	Gesamtrisiko	Risikominderung – Maßnahmen
TFO 2	Wicklung	Lichtbogenbild	Erwärmung		95	Sichtprüfung und Reparatur im Werk/Erneuerung d. Wicklungen
TFO 5	Tank			Erwärmung OLTG	80	Reparatur vor Ort und Überholung d. Laststufenschalters (OLTC)
TFO 1			Alterung d. Öls	Durchführung	70	Ölregeneration/Filtration u. erweiterte Diagnose/Austausch d. HS-Durchführung
TFO 6		Lichtbogenbild		Thermometer	50	Austausch des oberen Ölthermometers/ Online-Überwachung d. Gasgehalts
TFO 3				Silicagel	40	Austausch d. Silicagels
TFO 7					25	Standard-Wartungsmaßnahmen und Kontrollen
TFO 8					15	Standard-Wartungsmaßnahmen und Kontrollen/10 % Überlastbarkeit
TFO 4					10	Standard-Wartungsmaßnahmen und Kontrollen/15 % Überlastbarkeit

**9b Schritt 2: Die Beurteilung des Trafodesigns und -zustands (für eine Auswahl von Transformatoren mit hohem Risiko) liefert konkrete Maßnahmen für jeden Transformator.**

tionen aus überwacht werden → 7. Sensoren messen den Gas- und Wassergehalt im Öl, die Öltemperatur, den Laststrom jeder Einheit sowie die Umgebungstemperatur und senden die Daten über analoge Signale an das System. Genaue Informationen zum Zustand des Transformators werden auf der Benutzerschnittstelle angezeigt → 8. Dazu generiert das System ein Modell des Transformators und seines Betriebszustands und vergleicht die gemessenen Parameter mit den simulierten Werten. Abweichungen werden erkannt, und potenzielle Fehlfunktionen sowie der normale Verschleiß des Transformators und seiner Hilfseinrichtungen werden angezeigt. Außerdem protokolliert das Überwachungssystem Alarme, wobei neben dem eigentlichen Ereignis auch die Schritte aufgezeichnet werden, die zum Alarm geführt haben, was eine Ursachenbestimmung erleichtert. Das Online-Monitoring bietet erhebliche Vorteile. Laut einer Studie der CIGRE kann das Risiko katastrophaler Ausfälle durch eine entsprechende Überwachung halbiert werden<sup>2</sup> [2]. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass bei frühzeitiger Erkennung von Problemen die Reparaturkosten um 75 % und die Umsatzeinbußen um 60 % gesenkt werden können. So lassen sich jährlich Kosteneinsparungen in Höhe von 40.000 bis 80.000 USD erzielen, was etwa 2 % der Kosten für einen neuen Transformator entspricht [3].

Die Stärke des TEC-Überwachungssystems (Transformer Electronic Control) von ABB besteht darin, dass es alle relevanten Informationen von nur einigen wenigen Multifunktionsensoren bezieht. Andere erforderliche Parameter werden berechnet, um

eine unnötige Erhöhung der Komplexität zu vermeiden. Das zeitaufwändige Sortieren und Interpretieren der Daten bleibt dem Benutzer dabei erspart. Zusätzlich erhält das Instandhaltungsteam wichtige Informationen darüber, welche Maßnahmen für den First-Level-Support<sup>3</sup> erforderlich sind.

### Zustandsbeurteilung

ABB ist ein Vorreiter im Bereich der kundenspezifischen Zustandsbeurteilung. Das Mature Transformer Management Program (MTMP) von ABB ist ein hochmodernes Zustandsbeurteilungsprogramm, bei dem die Transformatorenflotte eines Kunden mit minimalem Eingriff evaluiert wird, um festzustellen, welche Einheiten wann ausgetauscht oder modernisiert werden müssen.

Die Umsetzung des Programms erfolgt in drei Schritten → 9. Es beginnt mit einer High-Level-Beurteilung der Flotte auf der Basis leicht zugänglicher Daten wie den Angaben auf dem Typenschild, den Daten zum Öl und dessen Gasgehalt, dem Lastprofil und der Historie der Einheit (Flottenscreening) → 9a. Im nächsten Schritt wird eine Teilmenge der im ersten Schritt identifizierten Transformatoren genauer untersucht (Beurteilung des Transformatorendesigns und -zustands) → 9b. Dabei wird das ursprüngliche Design mithilfe moderner Designregeln und Werkzeuge evaluiert und die wichtigsten Eigenschaften des Transformators auf strukturierte Weise mithilfe von diagnostischen Tests untersucht. Dazu gehört der mechanische, thermische (Alterung der Isolierung) und elektrische Zustand des Aktivteils sowie der Zustand von Hilfseinrichtungen wie Stufenschaltern, Durchfüh-

rungen, Überdruckventilen, Luftentfeuchersystem, Pumpen und Relais. Die Anzahl der zur weiteren Analyse identifizierten Einheiten umfasst meist etwa 2–3 % der Gesamtflotte. In diesem Schritt (Lebensdauerbeurteilung/-profiling) → 9c werden die Transformatoren von hochspezialisierten Experten mithilfe von Simulationstools analysiert. Der Kunde erhält daraufhin de-

---

## Bei frühzeitiger Erkennung von Problemen können die Reparaturkosten um 75 % und die Umsatzeinbußen um 60 % gesenkt werden.

taillierte Daten und konkrete Informationen darüber, ob ein Transformator überlastet, seine Nennleistung oder -spannung erhöht oder seine Lebensdauer verlängert werden kann [4].

### Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung → 6 basiert auf zwei Variablen. Die erste, das Ausfallrisiko, wird mithilfe von Daten aus der Analysephase wie Alter oder Betriebsdauer, Daten auf dem Typenschild (kV, MVA usw.), Anwendungs- und Belastungshistorie, Betriebsprobleme, neueste Prüfdaten (z. B. Gasgehalt- und Ölanalysen) sowie Verfügbarkeit eines Ersatztransformators und von Ersatzteilen geschätzt. Die zweite Variable ist die Bedeutung eines Transformators innerhalb eines Netzes. Sie gibt an, in welchem Umfang das Netz des Betreibers bei einem Ausfall eines bestimmten Transformators beeinträchtigt würde. Durch den Vergleich dieser zwei Variablen lassen sich verschiedene Dringlichkeitsstufen für Wartungsarbeiten definieren → 9a. Anhand dieser Angaben kann dann sichergestellt werden, dass die Instandhaltung von Transformatoren mit hohem Risiko priorisiert wird.

### Asset-Management-Szenarien

Zu den Risiken eines Transformatorenbetreibers gehören nicht nur die inhärenten technischen Risiken, sondern auch die wirtschaftlichen Folgen eines möglichen Ausfalls, z. B. Vertragsstrafen für nicht gelieferte Energie. Vor diesem Hintergrund entwickel-

te ABB gemeinsam mit einem großen Transformatorenbetreiber ein Wirtschaftlichkeitsmodell zur Evaluierung der Lebenszykluskosten einer Transformatorenflotte über einen bestimmten Zeitraum → 6. Das Modell berücksichtigt vier Kostenkategorien über die gesamte Lebensdauer des Transformators: Investitions-, Instandhaltungs-, Betriebs- und Folgekosten. Durch Variation des Austauschjahres oder des Instandhaltungsaufwands einer Einheit lassen sich vergleichende Investitionsszenarien und Sensitivitätsanalysen durchführen. Für jedes Szenario liefert der Prozess den entsprechenden Kapitalwert. Darüber hinaus kann eine Optimierungsroutine zur automatischen Minimierung der Lebenszykluskosten der Population eingesetzt werden. Das Ergebnis ist eine Liste, die den optimalen Zeitpunkt für die Wartung oder den Austausch der einzelnen Transformatoren oder Transformatorgruppen angibt. Der Kapitalwert der gesamten Transformatorenpopulation wird anhand des Zustands der einzelnen Einheiten und der zur Verbesserung ihres Zustands gewählten Wartungshandlungen bestimmt. Der Betreiber hat dann die Möglichkeit, verschiedene Instandhaltungsszenarien zu evaluieren, und erhält eine Zusammenfassung mit Informationen zur Amortisation geplanter Wartungshandlungen. Das Neue an dieser Methode ist, dass nicht nur die Instandhaltungskosten, sondern auch die wirtschaftlichen Vorteile einer Instandhaltung im Hinblick auf eine höhere Zuverlässigkeit berücksichtigt werden [5].

### Wartungspakete

ABB bietet individuelle Empfehlungen und Unterstützung für Transformatorenbetreiber auf der Basis verfügbarer Daten, neuester Tools und spezieller Wartungspakete → 6. Dazu gehören regelmäßige Wartungsarbeiten (Regular Asset Services), Inspektionen zu Beginn der Lebensdauer (Early-life Inspections), Modernisierungen zur Lebensdauerermittlung (Midlife Refurbishment) und Aufarbeitungen (Remanufacturing). Mit zunehmendem Alter der Transformatoren ist für viele Betreiber die Modernisierung zur Lebensdauerermittlung besonders wichtig geworden. Dabei handelt es sich um eine umfassende Überholung mit dem Ziel, die Lebensdauer des Transformators zu verlängern und seine Zuverlässigkeit zu erhöhen. Die

Modernisierung wird typischerweise nach der Hälfte der erwarteten Lebensdauer durchgeführt und umfasst mehrere Schritte einschließlich einer erweiterten Diagnose zur Prüfung des mechanischen, thermischen und elektrischen Zustands. Dabei können neue oder aufgearbeitete Hilfseinrichtungen wie Laststufenschalter, Durchführungen, Pumpen, Temperatursensoren, Ventile, Dichtungen und Wasserkühler verwendet werden. Eine Behandlung des Aktivteils, zum Beispiel durch Reinigung, Nachpressen der Wicklungen, Nachziehen der Anschlüsse und Installation neuer Teile, ist häufig Bestandteil der Modernisierung.

### Die Vorteile

Unternehmen, denen die Risikostruktur ihrer Flotte nicht bekannt ist, neigen dazu, zu viel in die Instandhaltung von Transformatoren mit geringem Risiko und zu wenig in Transformatoren mit hohem Risiko zu investieren → 10. Eine übermäßige Instandhaltung von Transformatoren mit geringem Risiko ist finanziell gesehen eine „riskante Angelegenheit“, da etwa 30–50 % der Arbeiten meist nicht notwendig sind [6]. Durch regelmäßige Flottenbeurteilungen lassen sich solche unnötigen Wartungsarbeiten vermeiden. Die präventive oder prädiktive Instandhaltung ermöglicht – trotz schmalere Instandhaltungsbudgets – eine höhere Wirtschaftlichkeit der Transformatoren. Durch Bündelung der Personal- und Kapitalressourcen auf priorisierte Bereiche – basierend auf dem bei der Zustandsbeurteilung ermittelten Ranking – ist eine Steigerung der Zuverlässigkeit zu einem Bruchteil der Kosten für eine herkömmliche intervallbasierte Instandhaltung möglich.

---

## ABB TrafoAsset Management basiert auf den drei Elementen Analyse, Risikobeurteilung und Planung von Wartungsarbeiten.

Mithilfe einer zielgerichteten präventiven Instandhaltung kann die Lebensdauer von Transformatoren schätzungsweise um 5 bis 15 Jahre verlängert werden. Der wirtschaftliche Nutzen präventiver Wartungsarbeiten und Korrekturmaßnahmen äußert sich auch in einer verlängerten Lebensdauer der Transformatoren. Erreicht wird dies durch die Vermeidung von Ausfällen, die aufgrund

Ein ABB-Kunde mit großem Transformatorenbestand verfolgte eine zeitabhängige Instandhaltungsstrategie, d. h. es war nicht bekannt, ob die an den einzelnen Transformatoren ausgeführten Wartungsarbeiten im Hinblick auf deren Risikoprofil angemessen waren. Zusätzlich war das Budget für Wartungsarbeiten aufgrund der Liberalisierung des Markts stark unter Druck, und es war unklar, ob es für die Risikostruktur der Transformatorenflotte ausreichend sein würde.

ABB nahm eine Flottenbeurteilung von 128 einzelnen Transformatoren in 54 verschiedenen Unterstationen vor, um das Ausfallrisiko jedes einzelnen Transformators zu bestimmen. Das Ergebnis war eine Priorisierung der Flotte im Hinblick auf Korrekturmaßnahmen wie detaillierte Design- bzw.

Zustandsbeurteilung, diagnostische Evaluierung, Inspektion, Reparatur oder Austausch. Anhand dieser Informationen konnte der Kunde seine Ressourcen auf Transformatoren mit hohem Risiko konzentrieren und dabei sogar die Wartungskosten senken.

Dieses Beispiel macht den Vorteil einer zustandsabhängigen Instandhaltung deutlich. Der Kunde profitiert von einer optimierten Zeit- und Ressourcennutzung, die zu einer höheren Zuverlässigkeit der Flotte führt. Ein wesentlich größerer Teil des Instandhaltungsbudgets wird nun für Transformatoren mit hohem Ausfallrisiko bzw. einer großen Bedeutung innerhalb des Netzes verwendet. Diese Transformatoren werden einer proaktiven Instandhaltung unterzogen, um das Risiko eines unerwarteten Ausfalls zu mindern.

Einheit	Budget vor der Flottenbeurteilung	Budget nach der Flottenbeurteilung
11 Transformatoren mit hohem Risiko	110.000 USD (9 % des Budgets)	245.500 USD (25 % des Budgets)
47 Transformatoren mit mittlerem Risiko	470.000 USD (37 % des Budgets)	434.000 USD (45 % des Budgets)
70 Transformatoren mit geringem Risiko	700.000 USD (54 % des Budgets)	294.500 USD (30 % des Budgets)
<b>Gesamt: 128 Transformatoren</b>	<b>1,28 Mio. USD Instandhaltungsbudget</b>	<b>974.000 USD Instandhaltungsbudget</b>

Verteilung des Instandhaltungsbudgets vor und nach der Beurteilung der Flotte durch ABB. Das Ergebnis der optimierten Instandhaltungslösung ist eine Einsparung von 24 % des Instandhaltungsbudgets des Kunden (306.000 USD jährlich) sowie eine verbesserte Wartung der Transformatoren mit hohem Risiko.

nicht rechtzeitig ausgeführter kritischer Wartungsarbeiten aufgetreten wären.

### Ein proaktiver Ansatz

ABB TrafoAsset Management stellt Betreibern von Transformatoren die Informationen, das Know-how und die Werkzeuge zur Verfügung, die sie zur Verwaltung ihrer Transformatorenflotten benötigen. Das Ergebnis ist ein verbessertes Asset-Management und ein geringeres Risiko unerwarteter Ausfälle. Darüber hinaus hilft die Vielzahl der erfassten Daten – von der Designanalyse bis hin zur Zustandsbeurteilung – bei der schnellen Wiederherstellung des normalen Betriebszustands eines Transformators und trägt so zur Minderung der Auswirkungen eines Ausfalls bei. Zu den Vorteilen einer proaktiven Instandhaltung auf der Basis von TrafoAsset Management gehören ein geringeres Risiko unerwarteter Ausfälle und somit eine geringere Gefahr von Vertragsstrafen (Energieversorger) und Umsatzeinbußen (Industrie) → 10.

Angesichts des zunehmenden Durchschnittsalters der weltweiten Transformatorenpopulation und der steigenden Anforderungen im Hinblick auf eine unterbrechungsfreie Energieversorgung ist ein effizientes Asset-Management und eine pro-

aktive Instandhaltung von entscheidender Bedeutung. Das integrierte, modulare Asset-Management-Konzept von ABB liefert ein klares Bild der Risikostruktur und der zur Gewährleistung der erforderlichen Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit notwendigen Wartungshandlungen. Dies ermöglicht Betreibern von Transformatoren eine optimale Nutzung ihrer Instandhaltungs- und Austauschbudgets durch Bündelung der Ressourcen auf Einheiten mit hohem Risiko.

Durch die Verringerung des Ausfallrisikos unter bestimmten finanziellen Einschränkungen und die Minimierung der Auswirkungen bei einem tatsächlichen Ausfall steht den Kunden mit ABB TrafoAsset Management ein leistungsfähiger Service zur Verfügung.

Weitere Informationen über ABB-Transformatoren finden Sie unter [www.abb.com/transformers](http://www.abb.com/transformers).

#### Thomas Westman

ABB Power Products  
Zürich, Schweiz  
[thomas.westman@ch.abb.com](mailto:thomas.westman@ch.abb.com)

#### Pierre Lorin

ABB Power Products  
Genf, Schweiz  
[pierre.lorin@ch.abb.com](mailto:pierre.lorin@ch.abb.com)

#### Paul A. Ammann

ABB Power Products  
Baden, Schweiz  
[paul.a.ammann@ch.abb.com](mailto:paul.a.ammann@ch.abb.com)

#### Literaturhinweise

- [1] Institute of Nuclear Power Operations (INPO) (18. September 2002): „Significant Operating Experience Report“. Ref. SOER02-3
- [2] CIGRE Technical Brochure 248 (Juni 2004): „Economics of transformer management“
- [3] Boss P., Lorin P., Viscardi A. et al. (2000): „Economical aspects and experiences of power transformer on-line monitoring“. CIGRE Session
- [4] Boss P., Horst T., Lorin P. et al. (2002): „Life assessment of power transformers to prepare rehabilitation based on technical-economical analysis“. CIGRE Session
- [5] Lorin P. (2004): „Lifetime decisions: Optimizing lifetime costs for transformers through informed decisions“. *ABB Review Special Report Power Services*: 10–15
- [6] IEEE PES Transformers Committee (März 2007): „Tutorial: Transformer fleet health and risk assessment“. Dallas, TX, USA

#### Weiterführende Literatur

- Eklund L., Lorin P., Koestinger P. et al.: „Transformation vor Ort: TrafoSiteRepair™ verbindet alte und neue Verfahren zur Steigerung der Verfügbarkeit von Leistungstransformatoren“. *ABB Technik* 4/2007: 45–48
- Jonsson L.: „Der Transformator im Wandel. Moderne Transformatorsteuerung und –überwachung mit TEC“. *ABB Technik* 4/2002: 50–54
- Lorin P. (April/Mai 2005): „Forever young (longlasting transformers)“. *IEE Power Engineer* 19(2): 18–21
- Lorin P., Fazlagic A., Pettersson L. F., Fantana N.: „Moderne Lösungen zur Betreuung einer alternden Transformatorenpopulation“. *ABB Technik* 3/2002: 41–47
- Potsada S., Marcondes R., Mendes J.-C. (2004): „Extreme maintenance: No location too challenging for an on-site repair!“. *ABB Review Special Report Power Services*: 59–62
- Westman T. (2009): „ABB Transformer Service Marketing and Sales Presentation Pack“
- ABB Transformer Experts (2006): „Transformer Service Handbook“