

Wie man Hypes antizipiert  
und für sich nutzen kann

# Die Additive Fertigung bei KSB

---

Der Pumpen- und Armaturenhersteller KSB SE & Co. KGaA (KSB) hat durch seine frühzeitigen Aktivitäten im Bereich der Technologiebewertung den Hype um den „3D-Druck“ antizipiert, diesen regelmässig bewertet und letztendlich vorhandene Ressourcen im Unternehmen genutzt, um daraus einen Wettbewerbsvorteil auf dem Gebiet der Additiven Fertigung von Metallen zu schaffen.

**Dr. Maximilian Stieler, Alexander Munk**

Im Innovationsmanagement und der strategischen Produktplanung hat der Gartner Hype Cycle in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit erfahren. Die Technologielebenszykluskurve im Hype Cycle ist eine grafische Darstellung der Reife und Adaption verschiedener Technologien und Anwendungen. Die Einordnung der Technologien beruht auf subjektiven Experteneinschätzungen und kann somit für ein Unternehmen nicht als alleinige Entscheidungsgrundlage für eine Technologiestrategie (Gausemeier et al., 2019) gelten. Vielmehr müssen sowohl die wirklichen marktseitigen technologischen Möglichkeiten als auch die vorhandenen unternehmenseigenen Kapazitäten und Ressourcen in die Technologiebewertung einfließen. Wichtig ist zum einen die Kontinuität bei der Technologiefrühaufklärung und -bewertung und zum anderen die Frage, ob im Unternehmen überhaupt die notwendige Expertise zur Technologiebewertung vorliegt.

In diesem Beitrag stellen wir vor, wie der Pumpen- und Armaturenhersteller KSB SE & Co. KGaA (KSB) sich durch diese Herangehensweise eine Vorreiterrolle im Bereich der Additiven Fertigung von Metallen erarbeitet hat. Additive Fertigung beschreibt ein vergleichsweise neues Fertigungsverfahren, bei dem ein Bauteil im Gegensatz zu den subtraktiven Verfahren Schicht für Schicht aufgebaut wird. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird oft der Begriff „3D-Druck“ (3D printing) verwendet, wobei im industriellen Kontext meist Additive Fertigung (Additive Manufacturing – AM) benutzt wird. Letzterer Begriff beschreibt umfänglicher die gesamte Prozesskette von der Konstruktion bis zur Qualitätsprüfung und nicht nur das Fertigungsverfahren alleine. Die Additive Fertigung kann als

disruptive Technologie bezeichnet werden, weil sie das Potenzial hat, etablierte Marktstrukturen und Wertkreation stark zu beeinflussen (Piller, Weller & Kleer, 2015). Je nach Einsatzgebiet ergeben sich Vorteile bei der Fertigungsgeschwindigkeit, Gestaltungsfreiheit, Individualisierbarkeit und unter Umständen auch bei den Kosten gegenüber anderen Fertigungsverfahren (Riemann & Guggenberger, 2020). Analysten sagen vorher, dass der Markt für Additive Fertigung inkl. Services jährlich um über 20% wächst und im Jahr 2025 auf über 44 Mrd. US-Dollar angewachsen sein wird (Allied Market Research, 2017).

### Der Gartner Hype Cycle zur Technologiebewertung

Jedes Unternehmen, das Technologiefrüherkennung im Rahmen der Vorausschau betreibt, möchte frühzeitig potenzielle Chancen einer neuen Technologie erkennen, um Wettbewerbsvorteile zu generieren. Der Gartner Hype Cycle ist ein Modell zur Technologiebewertung, das insbesondere in der Praxis weit verbreitet ist. Der Hype Cycle soll darüber Auskunft geben, wie sich eine Technologie über die Zeit entwickelt, um daraus Ableitungen für Geschäftsentscheidungen treffen zu können (Gartner, 2020). Aus theoretischer Sicht bilden sich die Phasen des Hype Cycle aus einer Technologiereifekurve (S-Kurve) und der Glockenkurve eines Hypes (Fenn & Raskino, 2008).

Bei der Technologiebewertung in Unternehmen geht es darum, die Voraussetzungen zu schaffen, vor aktuellen oder zukünftigen Wettbewerbern die Technologie für sich nutzen zu können, ohne zu hohe Forschungs- und Entwicklungsausgaben zu haben. Neben dieser Risikoreduktion sind im Zu-

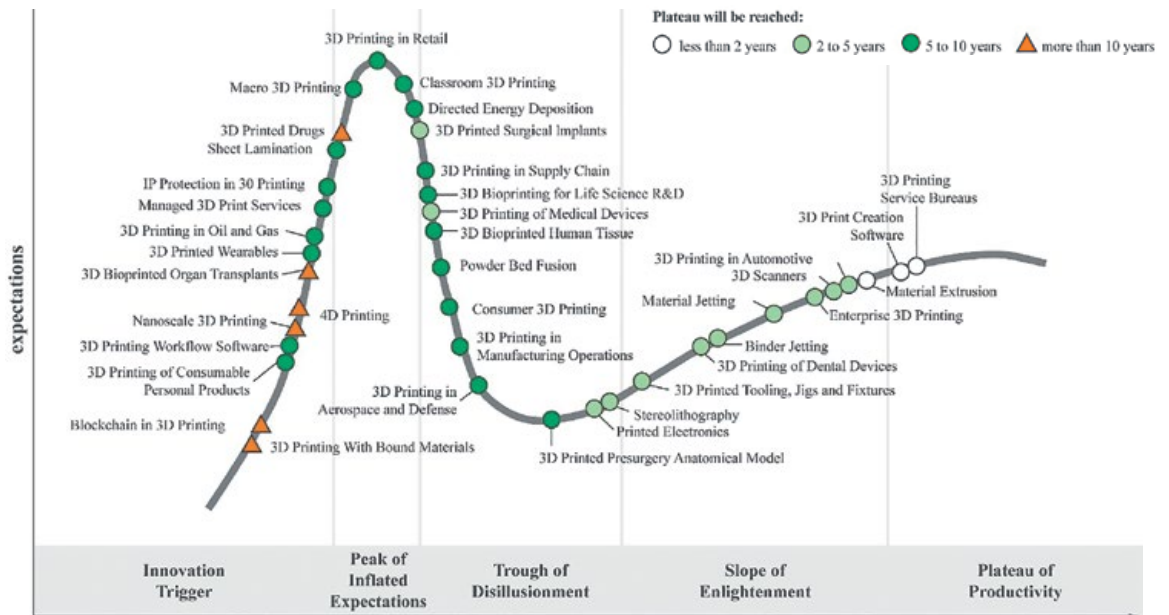
#### Dr. Maximilian Stieler

Leiter Innovationsmanagement  
KSB SE & Co. KGaA  
Tel.: +49 (0) 6233 861265  
maximilian.stieler@ksb.com

#### Alexander Munk

Senior Engineer  
Additive Manufacturing  
KSB SE & Co. KGaA  
Tel.: +49 (0) 9241 712038  
alexander.munk@ksb.com

Abb. 1: Der Hype Cycle für Additive Fertigungstechnologien



Quelle: Gartner, 2019.

ge dessen Hype-getriebene von echten Technologietreibern zu unterscheiden. Die Gefahr bei der Hype-Cycle-Betrachtung ist dabei, dass die mediale Aufmerksamkeit einer Technologie zu stark auf die unternehmensinterne Technologiebewertung durchgreift und so voreilige Entscheidungen getroffen werden. Im Falle der Additiven Fertigung sind das bspw. Nachrichten zu „gedruckten“ Organen oder auch die Rede von Barack Obama im Jahr 2013, in der er von einer Revolution der Produktionsverfahren sprach (Gross, 2013). Diese medial sehr präsenten Ereignisse sind aber meist ganz spezifische Fälle, die nicht zwangsläufig repräsentativ für eine ganze Technologiegattung sein können. Vielmehr steckt hinter dem Schlagwort „3D-Druck“ meist eine komplexe Kombination aus mindestens folgenden Faktoren:

- Unterschiede bei den verwendeten Materialien (Kunststoff, Glas, Metall, Keramik, Biomaterialien)
- Unterschiede in den Verfahren (Selektives Laserschmelzen, Schmelzschichtung etc.)
- Unterschiede bei den Stakeholdern (Entwickler von Maschinen, Anwender, Materialhersteller, etc.)
- Unterschiede in den Geschäfts- bzw. Ertragsmodellen (Beratung, Fertigung, Marktplatz etc.)
- Unterschiede bei den Anwendungsinindustrien (Luft- und Raumfahrt, Medizin, Maschinenbau, etc.).

Allein die Tatsache, dass es einen eigenen Hype Cycle für Additive Fertigung gibt (Abbildung 1), zeigt, wie vielschichtig diese Technologie ist. Die Entwicklung der Additiven Fertigung ist somit vor allem aus der Perspektive

eines Ökosystems zu verstehen, in dem verschiedene Akteure auf unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen miteinander interagieren (Piller, Weller & Kleer, 2015). Mit Blick auf den Hype Cycle ist mindestens die Definition der (medialen) Sichtbarkeit und die Generalisierbarkeit der Ableitungen für verschiedene Stakeholder in Frage zu stellen (Dedehayir & Steinert, 2016). Für ein einzelnes Unternehmen ergibt sich so die Herausforderung, die Möglichkeiten und Grenzen der neuen Technologie zu unterschiedlichen Zeitpunkten richtig einschätzen zu können.

### Der Case KSB SE & Co. KGaA

KSB ist ein Anbieter von Pumpen, Armaturen und zugehörigen Serviceleistungen. Diese kommen in einem breiten Anwendungsspektrum von der Gebäu-

**Entnahme** additiv gefertigter Bauteile direkt aus der Maschine („3D-Drucker“).



**Nachbearbeitung** eines im SLM-Verfahren additiv gefertigten Pumpenlaufrads.

de- und Industrietechnik über den Wassertransport und die Abwasserreinigung bis hin zu kraftwerkstechnischen Prozessen sowie beim Feststofftransport zum Einsatz. Mit Produktionswerken, Vertriebsniederlassungen und Vertretungen sowie Servicestätten ist KSB in mehr als 100 Ländern vertreten. Mit 15645 Mitarbeitern erzielte der Konzern 2019 einen Umsatz von 2,38 Mrd. €. Da die Kernprodukte der KSB zu großen Bestandteilen aus Metall gefertigt sind, ist insbesondere die metallische Additive Fertigung ein relevantes Thema. Hierbei ist anzumerken, dass KSB in erster Linie Anwender der Additiven Fertigung ist, um z.B. die konventionelle Produktion von metallischen Bauteilen zu unterstützen bzw. das Angebotspektrum zu ergänzen.

Die erste Maschine zur Additiven Fertigung wurde 1984 von Chuck Hull

vorgelegt, noch lange bevor die Technologie auf dem öffentlichen Radar auftauchte. Zum ersten Mal wurde bei KSB im Jahr 2003 eine Technologiebewertung vorgenommen. Das Ergebnis war, dass die Technologie zwar weiter beobachtet werden sollte, zu diesem Zeitpunkt die geringe Technologiereife eine intensivere Auseinandersetzung

für Anwender aber nicht sinnvoll erschienen liess. Sowohl die Prozesse als auch die Anlagentechnik waren zum damaligen Zeitpunkt in einer frühen Entwicklungsphase, die eine qualitativ hochwertige Fertigung von Bauteilen nicht ermöglichte.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass erst im Jahr 2008 der 3D-Druck als Technologie im Gartner Hype Cycle auftauchte (Gartner, 2008). Ein zweites Technologie-Screening wurde bei KSB ab diesem Jahr begonnen, das im Jahr 2009 mit ersten Vorprojekten abschloss. Bei diesem Schritt war es notwendig, die Erkenntnisse aus der ersten Technologiebewertung einfließen zu lassen, um den Entwicklungsfortschritt beurteilen zu können. Im nächsten Entwicklungsschritt fanden zwischen 2010 und 2012 die Prototypenentwicklung und erste externe Tests statt. Es wird deutlich, dass Technologiekurven innerhalb einer „Dachtechnologie“ unterschiedlich verlaufen können, da zu diesem Zeitpunkt schon Häuser in China additiv mit Kunststoff gefertigt wurden (Levy, 2014). Bei KSB hat man sich im Wesentlichen auf drei Fertigungstechnologien fokussiert:

- Bei KSB wird im Kunststoffbereich die Schmelzschichtung (Fused Deposition Modeling) eingesetzt, um Prototypen, Muster, Werk- und Halbzeu-

## Zusammenfassung

Technologiezyklen werden immer kürzer und zwingen Unternehmen zur kontinuierlichen Bewertung solcher Entwicklungen. Die KSB SE & Co. KGaA setzt sich seit 2003 mit der Additiven Fertigung als potenziell disruptiver Technologie auseinander und konnte so frühzeitig Kompetenzen auf dem Gebiet des metallischen 3D-Drucks aufbauen. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich ein dreistufiger Prozess zur Technologiebewertung ableiten: informieren – verarbeiten – handeln.

ge herzustellen. Ebenso werden hier z.B. Stützapparaturen für andere Produkte gefertigt.

- Beim sog. „Rapid Casting“ werden mittels Additiver Fertigung Gussformen für die werkseigene Giesserei hergestellt. Die Gussformen werden mit dem additiven Fertigungsverfahren Binder Jetting hergestellt. Bei diesem Verfahren wird Sand mit einem Binder verklebt, um so Kerne und Formen zu fertigen. Die Additive Fertigung unterstützt somit den klassischen Fertigungsprozess des Giessens.
- Das Laserstrahlschmelzen (Selective Laser Melting) ist ein Pulverbettverfahren, bei dem ein Laser selektiv, also in bestimmten Bereichen, die vorher aufgetragenen Metallpulverpartikel zu einem Volumen schichtweise zusammenschmilzt und auf diese Weise das Bauteil Schicht für Schicht aufgebaut wird. Dieses Verfahren erlaubt die Herstellung komplett neuer Geometrien und somit individueller Lösungen für den Kunden. Gerade in diesem Bereich kann KSB mit der Expertise aus Forschung und Entwicklung, wie z.B. eines eigens für die Additive Fertigung entwickelten Stahls (Noribeam®), sowie der jahrelangen Erfahrung Wert für den Kunden schaffen.

Ab 2013 wurde dann bei KSB schliesslich das Kompetenzfeld Additive Fertigung systematisch bis zum heutigen Zeitpunkt entwickelt. Der interne Aufbau von Expertise auf dem Gebiet der Additiven Fertigung über mehrere Jahre mündete aufgrund der sehr engen Zusammenarbeit von Werkstoff- und Prozessexperten und des Wissens über die komplette Prozesskette in der TÜV-Zertifizierung 2019. KSB hat dabei gemeinsam mit TÜV Süd ein Zertifizierungsverfahren für die Additive Fertigung entwickelt und wurde in diesem Zuge

## Abb. 2: Vergleich zweier Bauteile



Vom Kunden angefragter Ölkühler (links) und für die Additive Fertigung optimiertes Bauteil (rechts).

Quelle: KSB.

### Kernthesen

1. Additive Fertigung ist eine Schlüsseltechnologie, die in vielen Lebensbereichen schon erfolgreich eingesetzt wird (Medizin, Baugewerbe, Industrie etc.).
2. KSB SE & Co. KGaA setzte sich noch vor dem Auftauchen der Additiven Fertigung auf dem Gartner Hype Cycle mit dieser neuen Fertigungstechnologie auseinander (seit 2003).
3. Mehrere Zyklen der Technologiebewertung ermöglichten es KSB, den Entwicklungsfortschritt festzustellen und so den optimalen Zeitpunkt zu finden, um in die junge Technologie zu investieren.
4. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich ein dreistufiger Prozess zur Technologiebewertung ableiten: informieren – verarbeiten – handeln.

als erstes Unternehmen weltweit für die Additive Fertigung von Werkstoffen und Halbzeugen für Druckgeräte zertifiziert (TÜV Süd, 2019). Die allgemein langsamen Zertifizierungsprozesse und fehlenden Standards bei Rohmaterialien, Materialzusammensetzungen oder Reproduzierbarkeit sind derzeit Nachteile der noch jungen Technologie (Bacciaglia, Ceruti & Liverani, 2019). Die TÜV-Zertifizierung, gepaart mit dem akkreditierten Werkstofflabor, befähigen KSB, diesen Unsicherheiten auf Kundenseite zu begegnen und Vertrauen in die produzierten Bauteile zu gewährleisten. Allgemein lässt sich festhalten, dass bei neuen Technologien Industrie- und Zertifizierungsstandards eine gewisse Verlässlichkeit schaffen, die den Weg in eine Wachstumsphase bereitet. Zudem ist es hilfreich, wenn andere Akteure im Markt ebenfalls auf junge Technologien setzen, damit die Skepsis gegenüber neuen Prozessen, Produkten oder Dienstleistungen abgebaut wird.

Um die initiale Technologiebewertung bei KSB überhaupt seriös durchführen zu können, wurde die schon

vorhandene Expertise im Unternehmen genutzt. Bei der Additiven Fertigung waren das Kompetenzen im Bereich der Giessereitechnik und der Werkstoffkunde, die überhaupt erst eine Beurteilung der aufkommenden Technologie ermöglichten. Auf dieser Basis konnten über die Jahre neue, komplementäre und für die Additive Fertigung notwendige Kompetenzen aufgebaut werden. So ermöglichte bspw. das akkreditierte KSB-interne Werkstofflabor die Durchführung von Experimenten und Materialtests mit additiv gefertigten Bauteilen. Mittlerweile kann KSB den gesamten Prozess von der Beratung, dem Design oder Re-Design und der verfahrensgerechten Optimierung von Bauteilen über die eigentliche Fertigung bis hin zur Qualitätsprüfung aus einer Hand anbieten. Hierbei kann im Sinne des Technologielebenszyklus von einer Schlüsseltechnologie gesprochen werden, da durch die Additive Fertigung Wettbewerbsvorteile für KSB realisiert werden. Es können so zum Beispiel Lieferzeiten für Ersatzteile drastisch reduziert, gefertigte Bauteile zertifiziert geprüft und Material- und Gewichtseinsparungen durch Re-Designs realisiert werden. Abbildung 2 zeigt bspw. einen optimierten Ölkühler, bei dem die Bauteilherstellung ohne grössere zusätzliche Nachbearbeitung möglich war. Bei diesem Bauteil wurden die Kühleigenschaften um 25% verbessert und das Gewicht um 65% reduziert. Der gesamte Prozess des Re-Designs inkl. Fertigung dauerte weniger als 14 Tage. Das Beispiel zeigt auf, dass die Additive Fertigung in Unternehmen mitunter sehr wertstiftend eingesetzt und die Erwartungen an die Technologie in bestimmten Bereichen erfüllt werden können.

Der eigentliche Wettbewerbsvorteil liegt aber nicht in einzelnen Prozessschritten oder der eigentlichen Ferti-

gung in der Maschine, sondern in der ganzheitlichen Abbildung der Additiven Fertigung von der Beschaffung und Zusammensetzung des Metallpulvers bis hin zur Qualitätsprüfung eines Bauteils. Durch die räumliche Nähe am Standort Pegnitz (Deutschland) kann zusätzlich noch eine hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit erreicht werden.

### Resümee

Die Additive Fertigung bei KSB wurde nicht deshalb eingeführt und weiterentwickelt, weil sie eine vielversprechende neue Zukunftstechnologie auf einem Hype-Modell ist, sondern weil dieses Verfahren Wert für das Unternehmen und seine Kunden generieren kann. Gleichwohl werden in naher Zukunft klassische Fertigungsverfahren nicht ersetzt, aber sehr wohl sinnvoll ergänzt werden. Mit Blick auf die Gesamtentwicklung der Additiven Fertigung werden zukünftig neue Technologien und Anwendungen erforscht und eingesetzt, schneller und günstiger produziert, hybride Produkte fertigbar sein und die Leistung der gefertigten

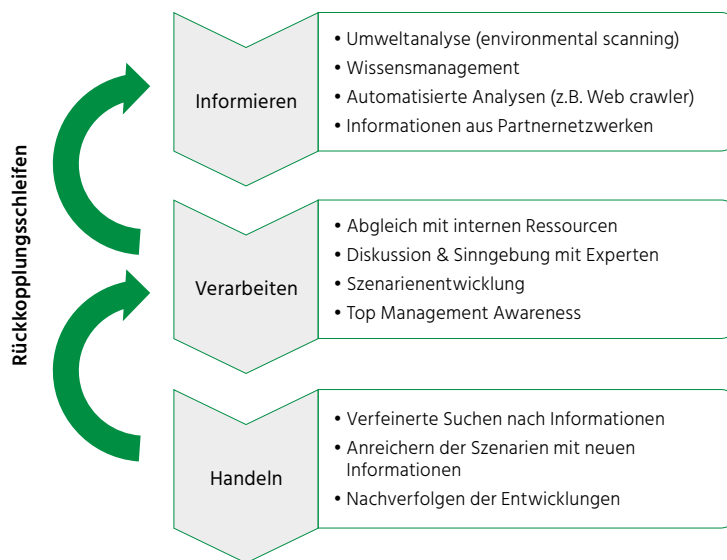
Produkte verbessert werden. In diesem Zuge wird sich auch die Materialvielfalt erweitern und so neue Möglichkeiten für Anwender schaffen. Gepaart mit der zunehmenden Digitalisierung und Industrie 4.0, ergeben sich neue Geschäftsmodelle (vgl. dazu auch D'Aveni, 2018). Amazon hat bereits ein Patent angemeldet, das beschreibt, wie On-Demand-Produkte mittels Additiver Fertigung in Amazon-Trucks produziert und termingerecht ausgeliefert werden (Apsley et al., 2018). Lager- und Personalkosten sowie Lieferzeiten liessen sich dadurch erheblich reduzieren. Mit dieser Entwicklung der Additiven Fertigung gehen auch Herausforderungen einher, die v.a. die Regulierung, Standardisierung und Qualitätsprüfung betreffen. Ausserdem werden die allgemeine Kostenreduktion der Verfahren, Fragen zum geistigen Eigentum und die Knappheit an geeigneten Fachkräften Gegenstand der zukünftigen Diskussionen sein.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, sollte gerade in Zeiten immer schneller werdender Technologiekzyklen ein unternehmensinternes Früh-

### Handlungsempfehlungen

1. Unternehmen sollten sich aktiv mit der Zukunftsvorausschau und Szenarioentwicklung auseinandersetzen, um Hypes frühzeitig antizipieren zu können.
2. Je weiter eine neue Technologie vom klassischen Kerngeschäft des Unternehmens entfernt ist, desto eher muss externe Bewertungskompetenz herangezogen werden.
3. Erfolgskritisch ist dabei vor allem die wiederholte Prüfung des Entwicklungsstandes einer Technologie, um den optimalen Zeitpunkt für weitere Investitionen zu identifizieren.
4. Die Ergebnisse der Technologiebewertung und Umweltanalyse allgemein sollten auf Managementebene diskutiert werden, damit strategische Entscheidungen rechtzeitig getroffen werden und kein Technologiesprung verpasst wird.

**Abb. 3: Prozess einer ganzheitlichen Technologie- und Trendanalyse**



Quelle: Eigene Darstellung.

aufklärungssystem etabliert werden, das schnell Technologiesprünge erkennt und diese Erkenntnisse an relevante interne Stakeholder weiterleitet. Mit dem Verweis auf die Relevanz des Ökosystems und die Vernetzung der verschiedenen Akteure ist bei diesem Prozess die Identifizierung von relevanten Stakeholdern innerhalb und außerhalb des Unternehmens entscheidend. Eine weitere wichtige Voraussetzung für die Auseinandersetzung mit Technologiehypes ist die Beurteilungskompetenz auf dem jeweiligen Fachgebiet. Die Bewertungskompetenz hängt oft damit zusammen, wie weit die jeweilige Technologie von bisher bekannten und eingesetzten Technologien entfernt ist. Für ein Maschinenbauunternehmen ist wahrscheinlich die allgemeine Bewertung der Blockchain-Technologie schwieriger als für ein

Im Fall der KSB war die Additive Fertigung eine Art „logische Weiterentwicklung“ bei den Fertigungsverfahren.

Softwareunternehmen. Im Fall der KSB war die Additive Fertigung eine Art „logische Weiterentwicklung“ bei den Fertigungsverfahren, da schon die Giess- und Schmiedetechnik lange beherrscht und eingesetzt werden. Falls eine Technologiebewertungskompetenz nicht unternehmensintern vorhanden ist, so muss sie extern, z.B. durch Kollaborationen beschafft werden.

Oftmals vernachlässigte Faktoren bei der Technologiebewertung sind ausserdem die Erwartungshaltung gegenüber einer neuen Technologie und die Tatsache, dass Hype Cycles ganz unterschiedlich verlaufen (Van Lente, Spitters & Peine, 2013).

Die Entwicklung des Kompetenzbereichs Additive Fertigung bei KSB lässt einige Rückschlüsse auf potenzielle Erfolgsfaktoren bei der Technologiebewertung zu. Aus diesen Erkenntnissen kann ein Prozess abgeleitet werden, der Unternehmen bei der Antizipation technologischer Hypes behilflich sein kann (Abbildung 3):

### 1. Informieren:

Als Grundvoraussetzung für die Bewertung von potenziell disruptiven Entwicklungen müssen zunächst einmal recht unstrukturiert Informationen gesammelt werden. Viele Informationen zu Zukunftstechnologien und schwachen Signalen sind frei verfügbar, wie bspw. der „Weak signals in science and technology report“ der Europäischen Kommission (Eulaerts, Joanny, Giraldi, Fragkiskos & Perani, 2019). Für diese Aufgabe sollten auch automatisierte Methoden wie bspw. die Analyse des Suchverkehrs zur Identifizierung von Frühindikatoren eingesetzt werden (Jun, Yeom & Son, 2014). Unter diesen Punkt fällt auch ein umfassendes Wissensmanagement, um unstrukturierte Informationen für die Bewertung aufzubereiten.

### 2. Verarbeiten:

In diesem Schritt müssen nun vorhandene Informationen strukturiert, vernetzt und bewertet werden. Dabei sollten interne Ressourcen und Kompetenzen genutzt werden, um in Diskussionen und Workshops den losen Informationen Sinn zu verleihen (sog. „organizational sense-making“). Hierbei ist ein


gewisses Mass an konstruktivem Dissens zielführend, da es bei der Interpretation von Informationen zwangsläufig zu Mehrdeutigkeit kommt (Schoemaker & Day, 2009). In diesem Schritt ist die Einbeziehung des Managements von Vorteil, um eine gewisse Akzeptanz und Aufmerksamkeit für Vorausschau zu erreichen (Harrysson, Métayer & Sarrazin, 2014). Das Ergebnis dieses Schritts sind in der Regel verschiedene, in sich konsistente Zukunftsszenarien.

### 3. Handeln:

Beim Handeln geht es um die Prüfung der Thesen der entwickelten Szenarien anhand weiterer Informationen aus

dem Markt. Insbesondere im Zeitablauf müssen (technologische) Entwicklungen kontinuierlich beobachtet und unter Umständen erneut bewertet werden. Gerade dieser Schritt ist entscheidend und fällt Unternehmen naturgemäss schwer, da Informationen nur zum Teil oder gar nicht weitergegeben werden.

Letztendlich kann festgehalten werden, dass sich Unternehmen bewusst mit Zukunftsvorausschau auseinandersetzen sollten und diese Informationen auf Managementebene diskutiert bzw. bewertet werden müssen. Andernfalls besteht die Gefahr bei sich anbahnenden

den Hypes Investitionsentscheidungen nur auf Basis einer eingeschränkten Informationslage zu treffen. Insofern sollte sich wieder stärker an der klassischen Technologiekurve, gepaart mit einem funktionierenden Frühaufklärungssystem (vgl. Abbildung 3), orientiert werden, um bei der rasch voranschreitenden Entwicklung und dem Einsatz von Innovationen im Industrieumfeld nicht abgehängt zu werden. Gerade die auch medial verstärkte Diskussion um potenziell disruptive Zukunftstechnologien sollte nicht den Blick auf die momentane und zukünftige Leistungsfähigkeit einer Technologie verstellen. 

## Literatur

- Allied Market Research (2017). Global 3D Printing Market Expected to Reach \$44,393.1 Million by 2025. Abgerufen von <https://www.alliedmarketresearch.com/press-release/3d-printing-market.html>
- Apsley, L. K., Bodell, C. I., Danton, J. C., Hayden, S. R., Kapila, S., Lessard, E. & Uhl, R. B. (2018). U.S. Patent No. 9,898,776. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Bacciaglia, A., Ceruti, A. & Liverani, A. (2019). Additive Manufacturing Challenges and Future Developments in the Next Ten Years. In C. Rizzi, A. Oreste Andrisano, F. Leali, F. Gherardini, F. Pini, A. Vergnano (Hrsg.), *Design Tools and Methods in Industrial Engineering* (pp. 891–902). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31154-4\\_76](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31154-4_76)
- D'Aveni, R. (2018). The 3D printing playbook. *Harvard Business Review*, 96(4), 106–113.
- Dedehayir, O. & Steinert, M. (2016). The hype cycle model: A review and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 108, 28–41. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.005>
- Eulaerts, O., Joanny, G., Giraldi, J., Fragkiskos, S. & Perani, S. (2019). Weak signals in Science and Technologies: 2019 Report, EUR 29900 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019. <https://doi.org/10.2760/50544>
- Fenn, J. & Raskino, M. (2008). *Mastering the hype cycle: how to choose the right innovation at the right time*. Harvard Business Press.
- Gartner (2008). Hype Cycle for Emerging Technologies, 2008. Abgerufen von <https://www.gartner.com/en/documents/717415/hype-cycle-for-emerging-technologies-2008>
- Gartner (2019). Hype Cycle for 3D printing, 2019. Abgerufen von <https://www.gartner.com/en/documents/3947508/hype-cycle-for-3d-printing-2019>
- Gartner (2020). Interpreting technology hype. Abgerufen von <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>
- Gausemeier, J., Dumitrescu, R., Echterfeld, J., Pfänder, T., Steffen, D. & Thielemann, F. (2019). Innovationen für die Märkte von morgen: strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG. <https://doi.org/10.3139/9783446429727.fm>
- Gross, D. (2013). Obama's speech highlights rise of 3-D printing. CNN. Abgerufen von <https://edition.cnn.com/2013/02/13/tech/innovation/obama-3d-printing/index.html>
- Harrysson, M., Métayer, E. & Sarrazin, H. (2014). The strength of weak signals. *McKinsey Quarterly*, 1, 14–17.
- Jun, S.-P., Yeom, J. & Son, J.-K. (2014). A study of the method using search traffic to analyze new technology adoption. *Technological Forecasting & Social Change*, 81, 82–95. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.02.007>
- Levy, K. (2014). A Chinese Company 3-D Printed 10 Houses in A Day. *Business Insider*. Abgerufen von <https://www.businessinsider.com/a-chinese-company-3d-printed-10-houses-in-a-day-2014-4?r=DE&IR=T>
- Riemann, J. & Guggenberger, S. (2020). Was ist Additive Fertigung? Definitionen, Anwendungen & Potenziale. Abgerufen von <https://www.mission-additive.de/was-ist-additive-fertigung-definitionen-anwendungen-potenziale-a-898676/>
- Piller, F. T., Weller, C. & Kleer, R. (2015). Business models with additive Manufacturing opportunities and challenges from the perspective of economics and management. In C. Brecher (Hrsg.), *Advances in Production Technology* (pp. 39–48). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-12304-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-12304-2_4)
- Schoemaker, P. J. H. & Day, G. S. (2009). How to make sense of weak signals. *MIT Sloan Management Review*, 50(3).
- TÜV (2019, Juli). TÜV Süd zertifiziert KSB als ersten Hersteller für die additive Fertigung von Werkstoffen und Halbzeugen für Druckgeräte. Abgerufen von <https://www.tuvsud.com/de-de/presse-und-medien/2019/juli/tuev-sued-zertifiziert-ksb-als-hersteller-additive-fertigung-werkstoffen-und-halbzeugen-druckgeraete>
- Van Lente, H., Spitters, C. & Peine, A. (2013). Comparing technological hype cycles: Towards a theory. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(8), 1615–1628. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.12.004>