

# VERGLEICHSBERICHT:

CATERPILLAR-STUDIE ZU TECHNOLOGIE  
AUF BAUSTELLEN







## + AUF RENTABILITÄTSKURS: DIE PROFITABILITÄT DES TRADITIONELLEN UND TECHNOLOGIEGESTEUERTEN STRASSENBAUS IM VERGLEICH

---

**AUTOREN:** Lonnie J. Fritz – Berater der Schwermaschinenbranche und  
Timothy E. Noon – Berater für Lösungen und Technologie

### ZIEL DIESER STUDIE

Die vorliegende Studie wurde durchgeführt, um die Vorteile zu quantifizieren und zu illustrieren, die der Einsatz von Technologie während der gesamten Wertschöpfungskette sowohl für die Umwelt als auch für Projekte, Kunden und Bauunternehmer mit sich bringt. Die Studie vergleicht die Ressourcen, die bei Anwendung traditioneller Straßenbaumethoden erforderlich sind und verbraucht werden, mit denen, die die Verwendung von Technologie erfordert. Der vorliegende Bericht erörtert und beschreibt die Einsparungen bei Projektdauer, Maschinen-Einsatzzeiten, Kraftstoffverbrauch, Maschinen-Gesamtkosten, Arbeitszeiten von Bedienern sowie anderem Personal, Gesamt-Personenstunden, erläutert aber auch die Verbesserungen in punkto Sicherheit, Präzision und Rentabilität.



## + ZUSAMMENFASSUNG

Die Technologie verändert nicht nur Abläufe im Bauwesen, sondern auch die Art und Weise, wie Projekte gemanagt und Bauten erstellt werden. Arbeiten nach Gefühl, Pfosten und Pflöcke von Hand setzen, grobes Schätzen von Planier-Ergebnissen, der Nutzlast von Kippern, Verdichtungs- und anderer Arbeiten nach Augenmaß werden durch GPS Rover, integrierte Echtzeit-Kinematik sowie Planier-, Nutzlast- und Verdichtungs-Technologien ersetzt, die Daten beinahe in Echtzeit ablesen und zusätzlichen Personalbedarf fast gegen Null gehen lassen. Die Entwicklung von Tier 4 ist abgeschlossen; jetzt steht Technologie im Mittelpunkt.

Um zu zeigen, wie dies die gesamte Branche von Grund auf verändert, hat Caterpillar eine Studie in Auftrag gegeben, die traditionelle mit technologiegesteuerten Straßenbaumethoden vergleicht und zeigt, wie Cat® Technologie – insbesondere Cat GRADE, Cat COMPACT und Cat PAYLOAD – Sicherheit und Produktivität erhöhen, Zeit einsparen und die unternehmerische Tätigkeit von Kunden profitabler machen kann. Zur Durchführung der Studie wurde ein ca. 130 Meter langer Straßenabschnitt sowohl mit als auch ohne Cat-Technologie erstellt. Gearbeitet wurde auf dem Caterpillar-Testgelände in East Peoria (Illinois).

Im Rahmen der Studie wurden verschiedene Vorgehensweisen bei Analyse, Vorbereitung, Erdbewegung, Planieren und Asphaltieren verglichen. Die gesamte Arbeit, Maschinen und Geräte, Material- und Kraftstoff-Ressourcen, die erforderlich waren, um die auf beiden Seiten identischen Straßenabschnitte mit bzw. ohne Technologie zu erstellen, wurden genau dokumentiert. Während der Durchführung des Vergleichs wurde stets mit denselben Personen (Bedienern, Datenerfassern etc.) gearbeitet. Nach Abschluss der Studie wurden die Daten dann zusammengestellt und verglichen. Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse und damit verbundenen Vorteile der Verwendung von Technologie.

Man muss aber einfach feststellen: der größte Game Changer im Straßenbau heißt Technologie.



## + TECHNISCHE DATEN DER EINGESETZTEN CAT® MASCHINEN

Um realitätsnahe Arbeitsbedingungen zu schaffen, wurden für die vorliegende Studie auch Maschinen und Geräte von Wettbewerbern eingesetzt:

- Auf den Baustellen von heute werden oft gemischte Flotten eingesetzt, in denen keine bestimmte Marke 100 % der Produkte stellt.
- Aufgrund dessen wurde Cat Technologie auf eine Verwendung für gemischte Flotten ausgerichtet.

	CAT TECHNOLOGIE							
	LINK	GRADE			COMPACT	PAYLOAD		
CAT-PRODUKTE	PRODUCT LINK	UTS <sup>1</sup>	GNSS <sup>2</sup>	SLOPE	ASSIST	COMPACTION CONTROL	CPM <sup>3</sup>	3D MAPPING
140M3 (Motorgrader)	X	X	X					
349E (Bagger)	X							
745C (knickgelenkter Muldenkipper)	X						X	
815F (Bodenverdichter)	X					X		X
980M (Radlader)	X						X	
AP655F (Asphaltfertiger)	X	X						
CB54 XW (Asphaltverdichter)	X					X		X
CS54 (Bodenverdichter)	X					X		X
CT660 (On-Highway Truck)	X							
D5K (Dozer)	X							
D6T (Dozer)	X		X	X	X			
247B (Deltalader)	X							
<b>KONKURRENZPRODUKTE</b>								
Trimble ZX5 (Drohne)								X
Komatsu D61 (Dozer)	X							
Volvo A40F (knickgelenkter Muldenkipper)	X							
Ford Pickup Truck	X							
Ford Pickup Truck	X							

1. Abkürzung für „Universal Total Station“

2. Abkürzung für „Global Navigation Satellite System“

3. Abkürzung für „Cat Production Measurement“



## MATERIALVERGLEICH

PHASE	TRADITIONELLE VORGEHENSWEISE	TECHNOLOGIEGESTEUERTE VORGEHENSWEISE
Auslegung	(21) Holzpfosten und -pflöcke	(3) Holzpfosten und -pflöcke – Nur an Kontrollpunkten
Erbewegung	Vor Ort vorhandener Boden	Vor Ort vorhandener Boden
Nivellieren der Gemisch-Tragschicht	Extern angeliefertes CA-6-Gemisch	Extern angeliefertes CA-6 Gemisch
Prüfen und Feinnivellieren	(22) Schnurnägel und Richtschnüre	Universal Total Station (UTS)
Asphaltieren	RAAM 6-Fräse	RAAM 6-Fräse

	VERGLEICH TRADITIONELLE METHODE UND ANGEBOT	VERGLEICH TECHNOLOGIE UND ANGEBOT	VERGLEICH TECHNOLOGIE UND TRADITIONELLE METHODE	VERGLEICH TRADITIONELLE PRÄZISION UND PLANMENGE	VERGLEICH TECHNOLOGIE-PRÄZISION UND PLANMENGE
ABTRAGSMENGE	110%	101%	<b>9%</b>	10%	1%
AUFTRAGSMENGE	85%	98%	<b>-13%</b>	-15%	-2%
GEMISCH-TRAGSCHICHT	113%	103%	<b>10%</b>	13%	3%
ASPHALTIERUNG	110%	101%	<b>9%</b>	10%	1%
OBERBODEN	105%	101%	<b>4%</b>	5%	1%

### DEFINITIONEN FÜR MATERIALVERGLEICH:

**Vergleich traditionell und Angebot** – Messung der tatsächlich verwendeten Materialmenge im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge bei Anwendung traditioneller Baumethoden.

**Vergleich Technologie und Angebot** – Messung der tatsächlich verwendeten Materialmenge im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge bei Anwendung von Technologie.

**Vergleich technologiegesteuerte und traditionelle Methode** – Unterschiedlicher Materialverbrauch unter Verwendung von Technologie bzw. traditionellen Baumethoden im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge.

**Vergleich präzision mit trad. Methoden und Planmenge** – Unterschied zwischen der tatsächlich verwendeten Materialmenge im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge bei Anwendung traditioneller Baumethoden.

**Vergleich Technologie-Präzision und Planmenge** – Unterschied zwischen der tatsächlich verwendeten Materialmenge bei Anwendung technologiegesteuerter Baumethoden im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge.





## + TRADITIONELLER STRASSENBAU: ÜBERBLICK

### TRADITIONELLE STANDORT-ANALYSE

Bevor an der Baustelle Baumaschinen zum Einsatz kamen, wurde der zu bearbeitende Bereich unter Verwendung einer Universal Total Station (UTS) von Hand vorbereitet, um Aufzeichnungen über die gegebene Topografie zu erhalten. Dieser arbeitsintensive Schritt wurde durchgeführt, um die auf der Baustelle tatsächlich vorhandenen Erhebungen mit den auf den Plänen aufgezeichneten zu vergleichen. Zur Überprüfung der Fortschritte wurde dieser Arbeitsgang während aller Projektphasen durchgeführt. Hierbei wurden Vergleiche mit den vorherigen Phasen angestellt.



Eine mit traditionellen Methoden durchgeführte Standort-Analyse und Auslegungsphase ist zeitraubend und arbeitsintensiv.

### AUSLEGUNGSPHASE

Phase 1 von 4 war die Auslegungsphase. Hierbei wurden die vorhandenen Kontrollpunkte überprüft und die für diese Phase erforderlichen zusätzlichen Kontrollpunkte markiert. Pfosten und Pflöcke wurden in Abständen von jeweils 50 Fuß (15,25 m) gesetzt, an Wegerechtpunkten sowohl links und rechts. Zur Fertigstellung waren drei Arbeitskräfte erforderlich. Erhebung und Standort jedes der 18 Pfosten wurde geprüft. In Anwendung der Projektauslegung wurden Nivellierungen und Neigungen berechnet und dokumentiert. Die Fertigstellung dieses Arbeitsgangs nahm etwa zwei Stunden in Anspruch.





## + TRADITIONELLER STRASSENBAU: SCHRITT FÜR SCHRITT

**SCHRITT 1:** Die Erstellung des Streckenabschnitts mit traditionellen Methoden begann mit einer UTS-geführten Standortanalyse mit Aufzeichnung der zur Überprüfung der Baustellentopographie verwendeten Datenpunkte.

**SCHRITT 2:** Nach abgeschlossener Überprüfung begann die Auslegungsphase. Dabei setzte ein dreiköpfiges Team die Pfosten und Pflöcke, berechnete und dokumentierte die Neigungen und Nivellierungen. Zeitaufwand für den ca. 130 m langen Straßenabschnitt: etwa zwei Stunden.

**SCHRITT 3:** Nach Abschluss der Auslegungsphase wurden die Schulterabstände von den Pfählen gemessen, um die Seitenstreifen am Straßenabschnitt zu definieren.

**SCHRITT 4:** Die Erdbewegungsphase begann mit der Vorbereitung des vorhandenen Geländes durch Aufreißen, Verdichten und Dichtungsprüfung. Dieser Arbeitsgang wurde so lange wiederholt, bis die gewünschte Dichte erreicht war.

**SCHRITT 5:** Dann wurde vor Ort vorhandenes Material aus den Gräben ausgehoben, verteilt und in Bereichen, wo aufgefüllt werden musste, verdichtet. In den Gräben war jedoch nicht genug Material vorhanden, um ein Planum herzustellen; somit musste weiteres Material antransportiert werden. Dieses Material wird als zugeführter Aushub bezeichnet.

**SCHRITT 6:** Während der Planier-Phase wurde die Basis-Gemisch angeliefert, verteilt und verdichtet. Nach Durchführung wurde Mutterboden antransportiert und in den Gräben verteilt.

**SCHRITT 7:** Setzen und Überprüfen von Pfählen, Pflöcken und Richtschnüren für Planier- und Asphaltierarbeiten.

**SCHRITT 8:** Während des abschließenden Planiergangs verwendete ein dreiköpfiges Arbeitsteam dieselbe Richtschnur zur Überprüfung der Planiergüte und gab den für das Feinplanieren Verantwortlichen wiederholt Anweisungen, bis die vorgegebenen Erhebungswerte erreicht waren.

**SCHRITT 9:** Das Asphaltier-Team verwendete dann dieselbe Schnur als Orientierung für die Abziehbohle sowie zur Überprüfung der Decke auf korrekte Höhe.





## + TECHNOLOGIEGESTEUERTER STRASSENBAU: ÜBERBLICK

### TECHNOLOGIEGESTEUERTE STANDORT-ANALYSE

Noch vor dem Antransport von Baumaschinen wurden sechs so genannte Ground Control Targets für Drohnen (UAVs ; unbemannte Luftfahrzeuge) platziert; die Drohne überflog dann den Bereich, den sie minutenschnell erfasst hatte.



Mit technologischen Tools lässt sich eine Standortanalyse im Bruchteil der Zeit durchführen, die man hierzu mit traditionellen Methoden benötigt.

### AUSLEGUNGSPHASE

Anhand der zahlreichen Datenpunkte und dem Bildmaterial, das während dieses ersten und weiterer Flüge gesammelt wurde, wurde der Fortgang der Arbeiten in der Bauphase überwacht, gemessen und die für die Erdbewegung erforderlichen Mengen berechnet und dokumentiert. Es wurden weder Pfosten noch Pflöcke verwendet, was den Arbeitsaufwand ebenso senkte wie die Personenstunden. Die Pläne wurden in den Steuerungs- und Leitsystemen der Maschine gespeichert, wodurch das Projekt in etwa der Hälfte der Zeit abgeschlossen war.



## + TECHNOLOGIEGESTEUERTER STRASSENBAU: SCHRITT FÜR SCHRITT

**SCHRITT 1:** Die Erstellung des Streckenabschnitts mit technologiegesteuerten Methoden begann damit, dass eine Drohne das Gelände überflog, um Datenpunkte zu sammeln, die für Kartierung und Überprüfung der Baustelle verwendet wurden.

**SCHRITT 2:** Unter Verwendung von Maschinensteuerungs- und Lenktechnologie riss der Motorgrader die Fläche auf und orientierte sich dabei an den auf dem Display angezeigten Linien auf dem Seitenstreifen.

**SCHRITT 3:** Das Gelände wurde dann mit einem Bodenverdichter mit integrierter, intelligenter Verdichtungstechnologie verdichtet.

**SCHRITT 4:** Nach erfolgreicher Dichtepfung durch einen geotechnisch versierten Bodenprüfer begannen die Aushubarbeiten.

**SCHRITT 5:** Aushub von Material aus den Gräben, das zunächst in einen zu füllenden Bereich transportiert wird; ansonsten sind keine weiteren Arbeitsschritte nötig.

**SCHRITT 6:** Der Graben wurde vorgabengemäß ausgehoben und vorbereitet. In der Zwischenzeit wurde das ausgehobene Material so verteilt, dass vor dem Verdichten die richtige Erhebungstärke erreicht war.

**SCHRITT 7:** Zum abschließenden Auffüllen wurden optimierte Nutzlasten mit zugeführtem Aushub antransportiert, verteilt, verdichtet und feinplaniert.

**SCHRITT 8:** Anliefern, Verteilen und Verdichten von Basis-Gemisch.

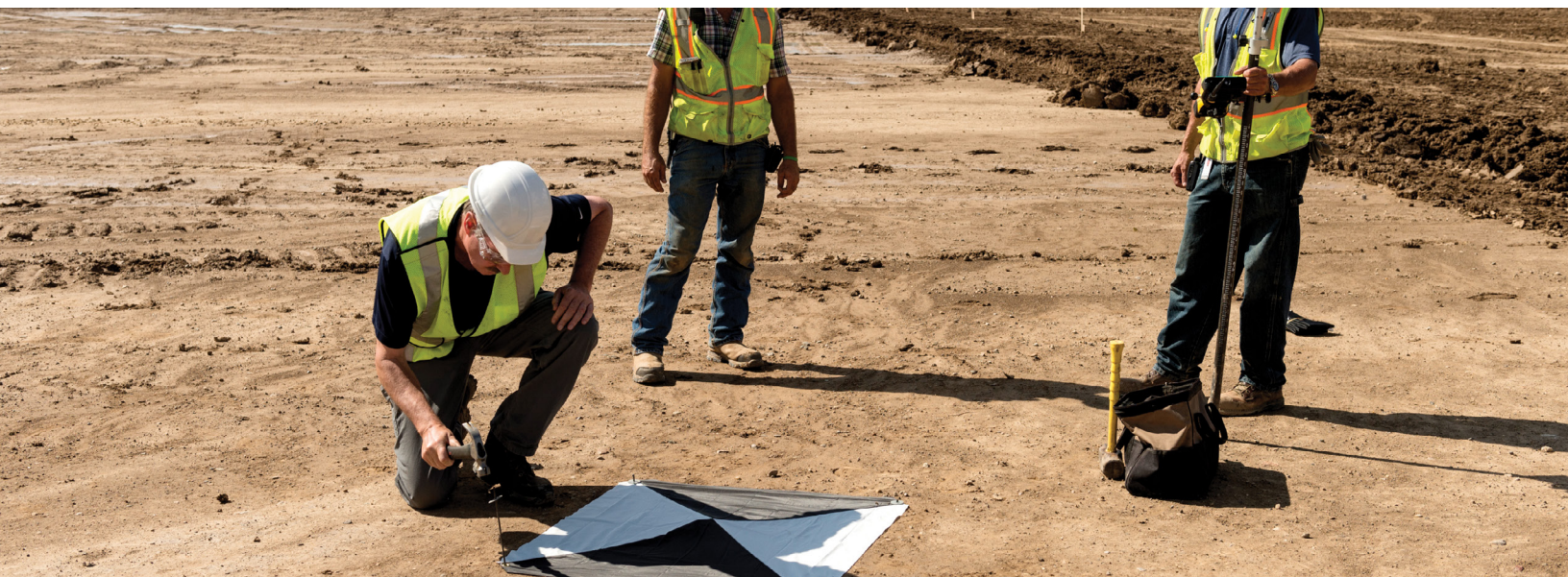
**SCHRITT 9:** Mit intelligenter Verdichtungstechnologie wurde verhindert, dass Bereiche übersehen oder das Gemisch nicht vorgabengemäß verdichtet wurde.

**SCHRITT 10:** Zur Umsetzung der Vorgaben für Dicke und Querneigung wurde Muttererde antransportiert und mit Cross-Slope-Technologie in den Gräben verteilt.

**SCHRITT 11:** Durch Verwendung von UTS brauchten keine Richtschnüre gesetzt werden. Dank in die Abläufe integrierter UTS-Technologie wurde die Tragschicht vorgabengemäß aufgetragen; die Fertigstellung der Fahrbahn erfolgte ebenfalls mit UTS.

**SCHRITT 12:** Durch intelligente Verdichtungstechnologie war maximale Qualität sichergestellt.

**SCHRITT 13:** Die Vorteile der Verwendung von Technologie waren über das ganze Projekt hinweg offenkundig.





## + ERDBEWEGUNGSPHASE MIT TRADITIONELLEN METHODEN

Nach Abschluss der Auslegungsphase ging man zur Erdbewegung über. In dieser Phase wurde das vorhandene Gelände vorbereitet, es wurden Gräben ausgehoben, Böschungsmaterial antransportiert und verdichtet.

**SCHRITT 1:** Zur Festlegung des Fahrbahnverlaufs zwischen dem linken und rechten Seitenstreifen und unter Verwendung der in der Auslegungsphase gesammelten Informationen wurden die Abstände zwischen den Seitenstreifen vom Team gemessen und markiert.

**SCHRITT 2:** Das vorhandene Planum wurde durch Aufreißen, Verdichten, Dichtepfung, neuerliches Verdichten und Prüfung der Dichte für Füllmaterial vorbereitet. Das Nachverdichten sowie zusätzlich erforderliche Prüfungen ergaben sich aus der Verwendung traditioneller Methoden zum Erreichen und Überprüfen der Verdichtung.

**SCHRITT 3:** Jeder Abstands- und Aushub-/Füllwert des Querschnitts der Fahrbahn wurde und von den Pfählen aus mit Maßbändern/-stäben sowie Wasserwaagen gemessen und dokumentiert. Die entsprechenden Punkte und Werte wurden für die Bediener auf dem Boden markiert. Es wurde Material aus Entwässerungsgräben ausgehoben, verteilt und in den Füllbereichen der Fahrbahn verdichtet.

**SCHRITT 4:** Da bei dem Projekt eine gewisse Materialknappheit herrschte, wurde zusätzlicher Aushub an die Baustelle transportiert, verteilt und verdichtet, um das erforderliche Planum herzustellen. Die Anzahl der Arbeitsgänge, die die Maschinen durchführten, führte dazu, dass die Ergebnisse immer wieder nachgeprüft werden mussten (u.a. durch Messen und Markieren von Abständen sowie Aufzeichnen von Aushub-/Füllmengen).







## + TECHNOLOGIEGESTEUERTE ERDBEWEGUNGSPHASE

Die offenkundigsten Vorteile des Einsatzes von Technologie kamen bei der Erdbewegung und Planieren zum Tragen. Technologiegestützt arbeitete das Team voller Zuversicht, ohne Rätselraten und Müdigkeitserscheinungen. In die Kabine integrierte Displays sorgten für die notwendige Maschinensteuerung, Orientierung, Verdichtung, Nutzlast sowie Fortschrittsanzeige auf einen Blick. Die Bediener waren dadurch jederzeit informiert und konzentriert.

**SCHRITT 1:** Der Fahrer des mit GPS-Maschinensteuerungs- und Lenktechnologie ausgestatteten Motorgraders orientierte sich beim Aufreißen an den am linken und rechten Seitenstreifen angezeichneten Linien. Da die Projektauslegung direkt in die Maschine geladen war und auf dem Display des Bedieners erschien, mussten die Parameter weder auf dem Boden noch auf den Seitenstreifen markiert werden.

**SCHRITT 2:** Der mit Machine Drive Power (MDP), also intelligenter Verdichtungs- und Mapping-Technologie, ausgestattete Bodenverdichter verdichtete den aufgerissenen Bereich ganz nach Vorgaben und dokumentierte dies lückenlos. Manuelles Arbeiten wurden hier durch Maschinensteuerung und -lenkung sowie intelligente Verdichtungstechnologie ersetzt. Dies senkte die Zahl der Arbeitsgänge und verhinderte Über-/Unterverdichten und Nachprüfungen: beide Faktoren treiben bei Anwendung traditioneller Methoden Projektkosten in die Höhe und führen zu Verspätungen.

**SCHRITT 3:** Das aus den Entwässerungsgräben ausgehobene Material wurde gleichmäßig und vorgabengemäß auf die Füllbereiche verteilt, um die Dichtewerte einzuhalten. Hierbei war jeweils ein Minimum an Arbeitsgängen ausreichend. Aufgrund der geringen Projektgröße wurde Füllmaterial mit einem Radlader aufgenommen und mit knickgelenkten Muldenkippern an die Baustelle transportiert. Sowohl Lade- als auch Transportmaschine waren mit Nutzlast-Messsystemen ausgestattet, was die Zykluszeiten reduzierte und sicherstellte, dass genaue Materialmengen mit maximaler Nutzlasteffizienz an die Baustelle gelangten.

**SCHRITT 4:** Wie beim Aushub wurde das Füllmaterial auch hier verteilt und verdichtet. Es wurde in optimierten Arbeitsgängen bewegt, bis das finale Planum und Dichtevorgaben erreicht waren.

## + ERDBEWEGUNGSPHASE

### ZUSAMMENFASSUNG ERDBEWEGUNGSARBEITEN MIT TRADITIONELLEN METHODEN

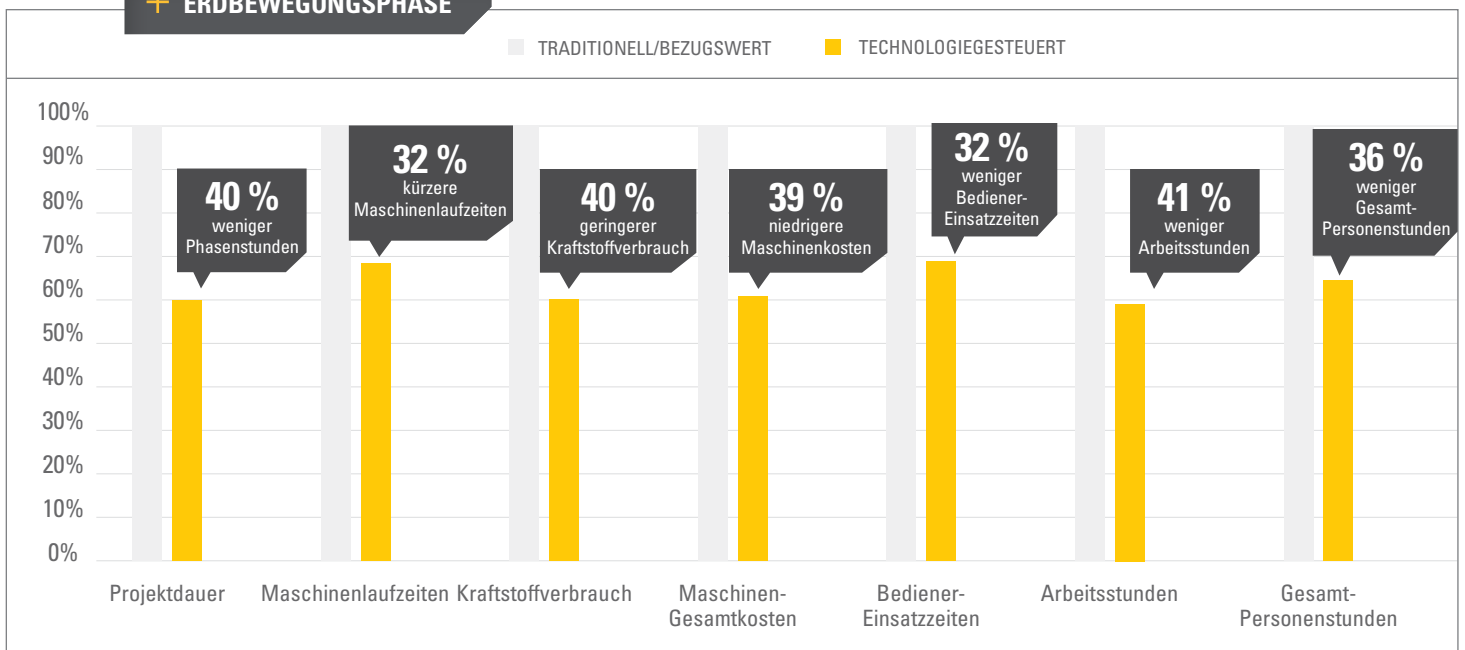
In der Erdbewegungsphase mussten mehrere Mitarbeiter nahe an den Maschinen arbeiten, wobei sie gewissen Risiken ausgesetzt waren. Hierbei waren weder Maschinen noch Bediener immer voll ausgelastet; letztere warteten z.T. auf die zum Abschluss ihrer Tätigkeit erforderlichen Informationen. Dieser manuell durchgeführte Prozess ist in der Regel zeitraubend und führt oft dazu, dass Produktionsvorgaben verfehlt werden. Vorgaben zur Präzision werden in Endphasen nur mit Mühe erreicht, was aufwändige Nacharbeit erforderlich macht. Größerer Zeitaufwand bedeutet mehr Stückkosten, Kraftstoffverbrauch und Maschinenverschleiß. Viele Kunden kämpfen heute auch mit Fachkräftemangel, wodurch sich Projekte noch mehr in die Länge ziehen.

Nach jedem der zuvor erwähnten Arbeitsgänge (Aufreißen und Verdichten) wurden die Erdbewegungsarbeiten abgeschlossen und zusätzlicher Aushub antransportiert. Von der Oberfläche wurden ein Querschnitt genommen, der auf Menge, Produktivität und Abrechnungszwecke überprüft wurde. Dieser wiederholt erforderliche Arbeitsschritt war mit hohem Ressourcenaufwand verbunden und sorgte dafür, dass erst mit Verzögerung zur nächsten Phase übergegangen werden konnte.

### ZUSAMMENFASSUNG ERDBEWEGUNGSARBEITEN MIT TECHNOLOGIEGESTEUERTEN METHODEN

Der Einsatz von Technologie machte die wiederholte Bestimmung von Gelenkpunkten ebenso überflüssig wie die zahlreichen, auf dem Boden für die Bediener markierten Aushub-/Füllwerte. Zur periodischen Überprüfung genügte ein einziger Mitarbeiter mit GPS Rover. Die Verwendung von Maschinensteuerungs- und Lenktechnologie verhinderte Unterschnitt, Überfüllen und inkorrekte Ausrichtung, wodurch Nacharbeit vermieden wurde. Da weniger Personen auf der Baustelle im Einsatz waren, war auch das Risikopotenzial geringer und mehr Ressourcen zur Durchführung anderer Aufgaben verfügbar. Die gesteigerte Produktivität und entsprechend geringeren Maschinen-Einsatzstunden senkten den Kraftstoffverbrauch, schafften mehr Nachhaltigkeit und sorgten für höhere Gewinne. reduced fuel consumption, drove sustainability and increased profits.

## + ERDBEWEGUNGSPHASE



Die obigen Prozentangaben spiegeln lediglich die in dieser Phase zusammengetragenen Daten wider. Die Definitionen der Parameter finden sich im Anhang.





## + PLANIERPHASE MIT TRADITIONELLEN METHODEN

Nach manuell durchgeführtem Querschnitt des Planums zur Bestimmung der letztlich erforderlichen Aushubmengen (aber auch zu Überprüfung von Präzision sowie für Abrechnungszwecke) wurde das Basis-Gemisch aufgetragen.

**SCHRITT 1:** Die vorgegebenen Stärkewerte für Fahrbahnkante und Aggregatfüllung wurden von den Neigungen und Aushub-/Füllwerten der Pfosten aus ermittelt. Diese Angaben waren dann auf dem Boden als Orientierung für das Team markiert.

**SCHRITT 2:** Basis-Gemisch wurde an die Baustelle geliefert, abgeladen, verteilt und verdichtet, um die Basisschicht zu bilden, auf der dann die Fahrbahn erstellt wurde. Dieses Vorgehen trug im Allgemeinen dazu bei, dass Geländehöhe und Verdichtungsergebnisse immer wieder nachgeprüft werden mussten – bei insgesamt höherem Gefahrenpotenzial.

**SCHRITT 3:** Nach dem Feinplanieren des Basis-Gemischs und Überprüfung der Verdichtung wurden in gleichmäßigen Abständen von ca. 15,25 m Planiermarkierungen gesetzt.

**SCHRITT 4:** Unter Einbindung dieser Pfosten wurde für die abschließenden Planier- und Asphaltierarbeiten ein Richtschnursystem installiert.

**SCHRITT 5:** Mehrere Arbeiter überprüften die Tragschicht in Abständen von ca. 7,5 Metern und zogen hierzu eine Richtschnur senkrecht so zur Fahrbahn, dass sie Kontakt zum horizontal angebrachten Richtschnursystem hatte. Dann wurde der vertikale Abstand zwischen Richtschnur und Gemisch gemessen. Die Ergebnisse wurden an den Bediener kommuniziert, bis nach zahlreichen Arbeitsgängen die gewünschten Erhebungswerte erreicht waren.

---

## + PLANIERPHASE MIT TECHNOLOGIEGESTEUERTEN METHODEN

Nach erfolgtem Sondierungsflug der Drohne, bei dem die Topographie der abgeschlossenen Erdbewegungsphase mit Blick auf Menge, Präzision und Abrechnungszwecke erfasst wurde, wurden auf Kippern optimierte Nutzlasten mit Basis-Gemisch zur Fahrbahn transportiert. Hierbei wurde Cat Production Measurement (CPM) Payload-Technologie verwendet.

**SCHRITT 1:** Ein Dozer mit integrierter GPS-Technologie machte manuelle Vorbereitungen überflüssig, verteilte das Gemisch in vorgegebener Höhe und optimaler Zahl von Arbeitsgängen über den geplanten Bereich.

**SCHRITT 2:** Die Dichtewerte wurden mit einem Verdichter erreicht, der mit Compaction Meter Value (CMV) Verdichtungskontroll-Technologie mit Mapping ausgestattet war. Auch die Verdichtungsarbeiten waren mit einer optimalen Zahl an Arbeitsgängen erreicht worden, um innerhalb kürzester Zeit beste Qualität zu liefern.

**SCHRITT 3:** Bei den abschließenden Planierarbeiten kam UTS-Technologie nutzbringend zum Einsatz. Durch präzise, in den Motorgrader integrierte UTS-Technologie konnte auf Pfosten und Richtschnüre verzichtet werden.

**SCHRITT 4:** Die Erhebung des Gemischs wurde effizient und genau erreicht, wodurch zum Asphaltieren übergegangen werden konnte.

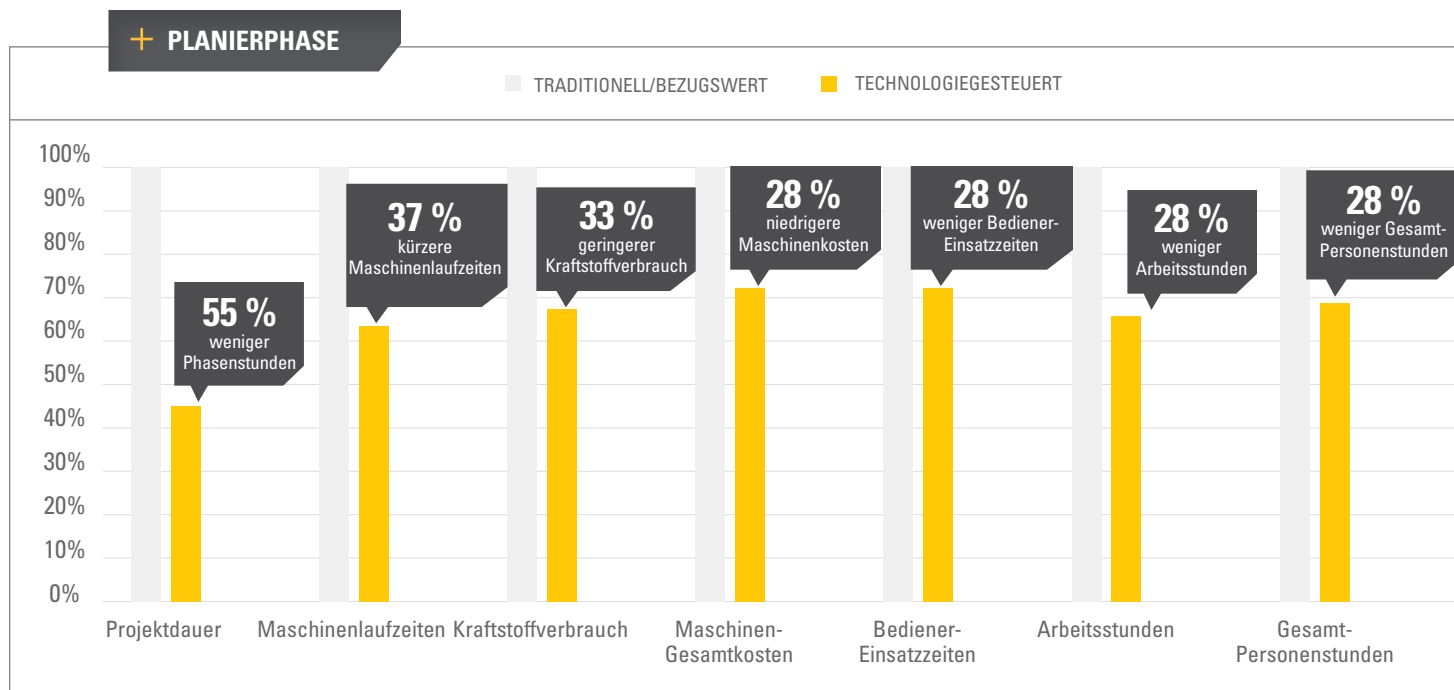
## + PLANIERPHASE

### ZUSAMMENFASSUNG DER PLANIERPHASE MIT TRADITIONELLEN METHODEN

Da zahlreiche Stellen über- bzw. unterfüllt waren, mussten sowohl Motorgrader als auch Verdichter nachbessern, bis die vorgegebene Höhe für den gesamten Streckenabschnitt überall erreicht war. So geht der Prozess langsam und zäh vonstatten, ist fehleranfällig und kann wertvolle Zeit vergeuden, da Maschinen auf ihre Planierdaten warten. Dies wiederum treibt die Kosten durch höheren Personalaufwand in die Höhe, erhöht Kraftstoffverbrauch, Nacharbeit, Überschreitungen des Materialverbrauchs, verschleißt mehr Gemisch und erhöht die Risiken auf der Baustelle.

### PLANIERPHASE MIT TECHNOLOGIEGESTEUERTEN METHODEN

Durch Verwendung von Cat Technologie wurden Planierzeiten, Stückkosten, Maschinen- und Materialverschleiß, Arbeitsgänge, Überschreitungen der Materialmenge und Kraftstoffverbrauch gesenkt. Gleichzeitig waren beträchtliche Verbesserungen bei Präzision, Qualität, Erträgen, Sicherheit und Nachhaltigkeit festzustellen.



Die obigen Prozentangaben spiegeln lediglich die in dieser Phase zusammengetragenen Daten wider. Die Definitionen der Parameter finden sich im Anhang.





## + ASPHALTIERPHASE MIT TRADITIONELLEN METHODEN

Vor Beginn der Asphaltierphase wurde eine manuelle Stichprobe zur Prüfung von Präzision, Menge und für Abrechnungszwecke genommen. Vor Beginn der Asphaltierarbeiten wurden die Mittellinien- und Rand-Parameter als Orientierung für den Asphaltfertiger festgelegt, wodurch auch sichergestellt wurde, dass die Decke am richtigen Ort in der vorgegebenen Breite erstellt wurde.

**SCHRITT 1:** Der Asphaltfertiger wurde zum 1. Arbeitsgang an der Startlinie positioniert; der Ultraschallsensor setzte an der Richtschnur an, der Materialbehälter wurde befüllt und das Asphaltieren begann. Der Fahrer des Fertigers konzentrierte sich auf die Bodenmarkierungen, seine mit dem Abziehen beauftragten Kollegen achteten auf Schichtdicke, Breite, Qualität und Ergiebigkeit.

**SCHRITT 2:** Die Überprüfung der Vorgaben hinsichtlich der Geländehöhe erfolgte durch ein dreiköpfiges Team, das im Abstand von jeweils ca. 8 Metern die Richtschnüre mit der Decke verglich.

**SCHRITT 3:** Bei der Verdichtung wurden an verschiedenen Stellen immer wieder Arbeitsgänge uneinheitlich durchgeführt.

**SCHRITT 4:** Durch nukleare Densitometrie und wiederholte Prüfung der Geländehöhe wurde sichergestellt, dass die erstellte Straßendecke die Dichte- und Erhebungsvorgaben erfüllte.

---

## + ASPHALTIERPHASE MIT TECHNOLOGIEGESTEUERTEN METHODEN

Die Fahrbahn wurde dann auch noch aus der Luft überprüft, um sicherzustellen, dass die Tragschicht präzise erstellt wurde. An diesem Punkt des Prozesses mussten aufgrund der Verwendung von Technologie keine Angaben mehr auf der Fahrbahn markiert werden, weil der Bediener bereits über diese Informationen verfügte. Darüber hinaus nutzt UTS die Vorteile von Grade-Control-Technologie, wodurch die Anbringung von Richtschnüren zur Vorgabe der Deckenhöhe überflüssig wurde.

**SCHRITT 1:** Der Asphaltfertiger mit integriertem UTS positionierte sich an der linken Seite des Straßenabschnittes und führte mit dem UTS-Gerät die letzten Anpassungen zum Abziehen durch. Dann wurde der Materialbehälter befüllt und mit dem Asphaltieren begonnen.

**SCHRITT 2:** Mit einem UTS-Rover überprüfte ein Arbeiter die zwischen Abziehbohle und Verdichter entstandene Deckenhöhe.

**SCHRITT 3:** Die Verdichtungsvorgaben wurden dank Cat Compaction Control and Mapping mit einer minimalen Zahl Arbeitsgänge erreicht.

**SCHRITT 4:** Mit einem Dichtemesser nach dem Zufallsprinzip durchgeführte Dichteprüfungen ergaben, dass die gewünschte Verdichtung erreicht wurde.

## + ASPHALTIERPHASE

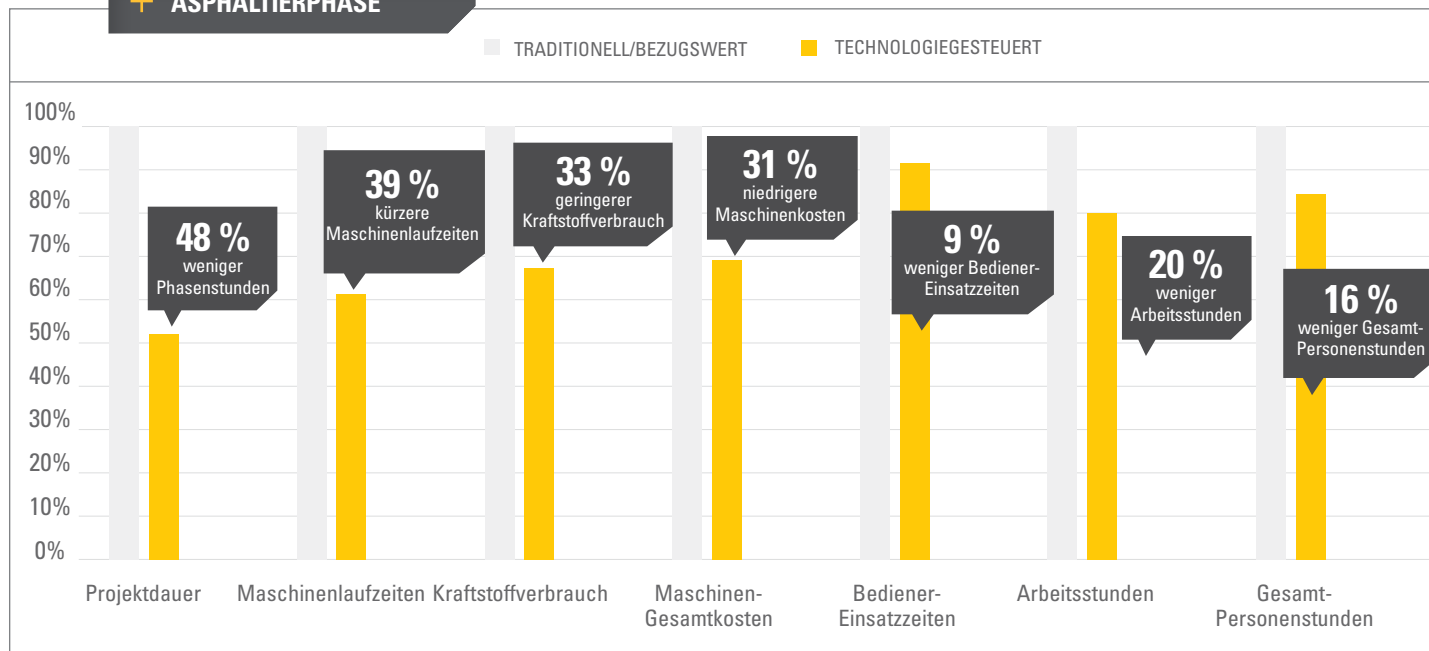
### ZUSAMMENFASSUNG DER ASPHALTIERPHASE MIT TRADITIONELLEN METHODEN

Stellenweise waren Unregelmäßigkeiten in der erstellten Decke festzustellen, die mal dick, mal dünn war. Ein klares Anzeichen dafür, dass das Gemisch nicht gleichmäßig und genau aufgetragen worden war. Diese beachtlichen Schwankungen der Materialdicke trugen im Vergleich zur theoretisch erforderlichen Menge zu einer Mengenüberschreitung bei. Dieses Vorgehen kann das Asphaltieren ganz allgemein langsamer und kostspieliger machen, zusätzliche Ressourcen verschlingen und liefert dennoch oft Qualität unter dem angestrebten Niveau. Dies wiederum beeinträchtigt die Langlebigkeit der erstellten Straßen.

### ZUSAMMENFASSUNG DER ASPHALTIERPHASE MIT TECHNOLOGIEGESTEUERTEN METHODEN

Durch ein Walzschema mit optimaler Zahl an Arbeitsgängen wurde der Verschleiß der Gemischpartikel beim Asphaltieren stark verringert. Durch geführten Einsatz von Maschinensteuerungstechnologie zusammen mit Intelligent Compaction wurde effizient gearbeitet, d.h. keine Richtschnüre, manuelle Überprüfung der Einhaltung von Vorgaben sowie Verzicht auf redundante Verdichtungsprüfungen. Da weniger Personen an der Baustelle tätig waren, stieg die Sicherheit. Es waren weniger Arbeitsgänge nötig, wodurch der Maschinenverschleiß minimiert und die Nachhaltigkeit gefördert wurde. Daraus resultierten nicht nur Präzision, Effizienz, weniger Nacharbeit und seltene Überschreitungen des Materialverbrauchs, sondern auch eine qualitativ hochwertigere Straße. Eine langlebigere Straße, auf der es sich besser fährt und deren Erstellungskosten niedriger waren.

## + ASPHALTIERPHASE



Die obigen Prozentangaben spiegeln lediglich die in dieser Phase zusammengetragenen Daten wider. Die Definitionen der Parameter finden sich im Anhang.



## + SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die vorliegende Studie illustriert, wie vorteilhaft sich der Einsatz von Technologie im Vergleich zu traditionellen Straßenbaumethoden auswirkt. Betrachtet man die Einsparungen bei den Faktoren Projektdauer, Maschinen-Einsatzzeiten, Kraftstoffverbrauch, Maschinen-Gesamtkosten, Arbeitszeiten von Bedienern und anderem Personal sowie Gesamt-Personenstunden, lässt sich eine erstaunlich schnelle Amortisation feststellen. Für Kunden-Unternehmen und ihre fleißigen Teams ebenso wichtig: Technologie schafft in erster Linie mehr Sicherheit am Arbeitsplatz und senkt das dortige Gefahrenpotenzial. Unter dem Risikoaspekt verhindern kürzere Maschinenlaufzeiten übermäßigen Verschleiß, senken den Kraftstoffverbrauch und führen zu einer umweltbewußten Lösung und letztlich auch zu einer Senkung der Treibhausgas-Emissionen.

## HIER EINE ZUSAMMENFASSUNG DER VORTEILE FÜR DEN KUNDEN:

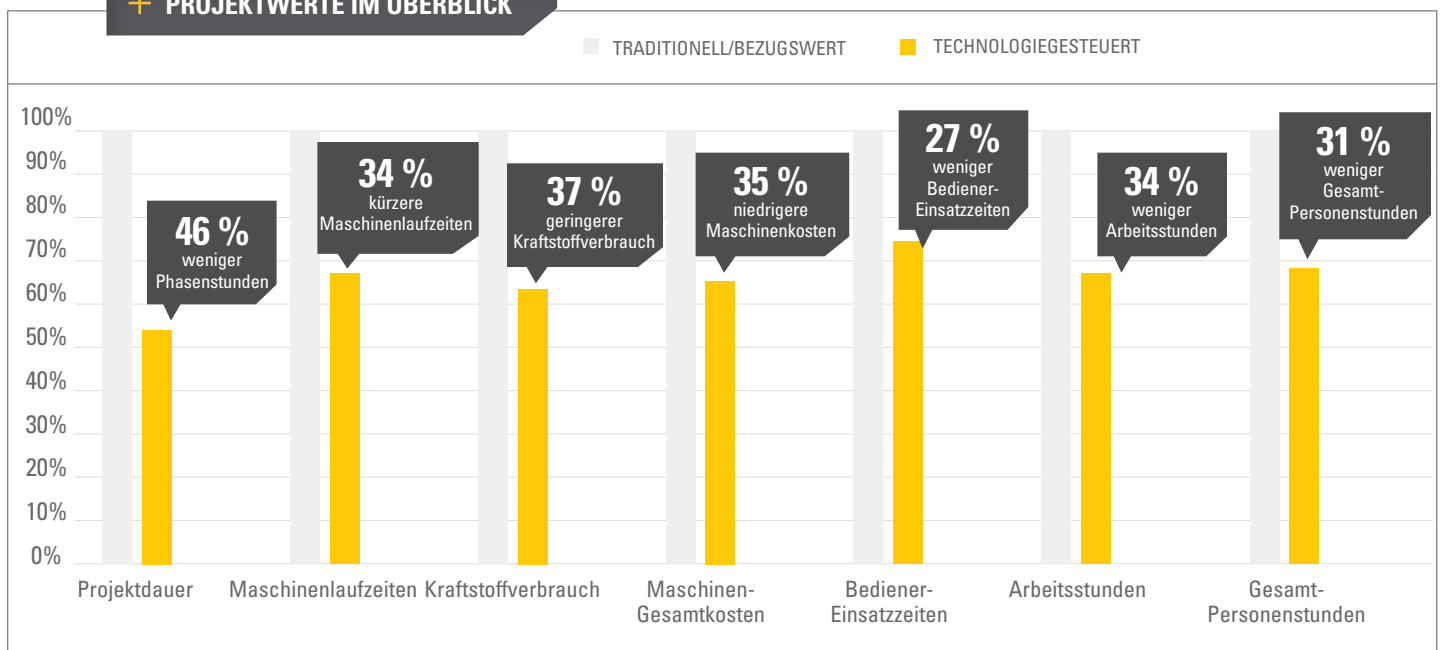
**46 % WENIGER PROJEKT-STUNDEN:** Einfach höhere Gewinne und mehr Gelegenheit zur Teilnahme an weiteren Angebotsverfahren/Ausschreibungen. Niedrigere Stückkosten; das fördert Unternehmenswachstum und -expansion.

**34 % WENIGER MASCHINEN-STUNDEN:** Niedrigere Wartungs- und Reparaturkosten, höhere Maschinenverfügbarkeit, effektive Nutzung, guter Wiederverkaufswert sowie längere Lebensdauer von Maschinen.

**37 % GERINGERER KRAFTSTOFFVERBRAUCH:** Höhere Gewinne, längere Lebensdauer von Maschinen, Sicherstellen von Wettbewerbsvorteilen bei Angeboten/Ausschreibungen sowie geringere Emissionswerte und bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz. So konnten knapp 4,9 Hektar Wald gerettet werden. Dies trägt spürbar zur Senkung der Emission von Treibhausgasen bei.

**31 % WENIGER GESAMT-PERSONENSTUNDEN:** Bessere Ressourcenzuweisung, geringere Risikoexposition und eine Antwort auf den herrschenden Fachkräftemangel.

## + PROJEKTWERTE IM ÜBERBLICK

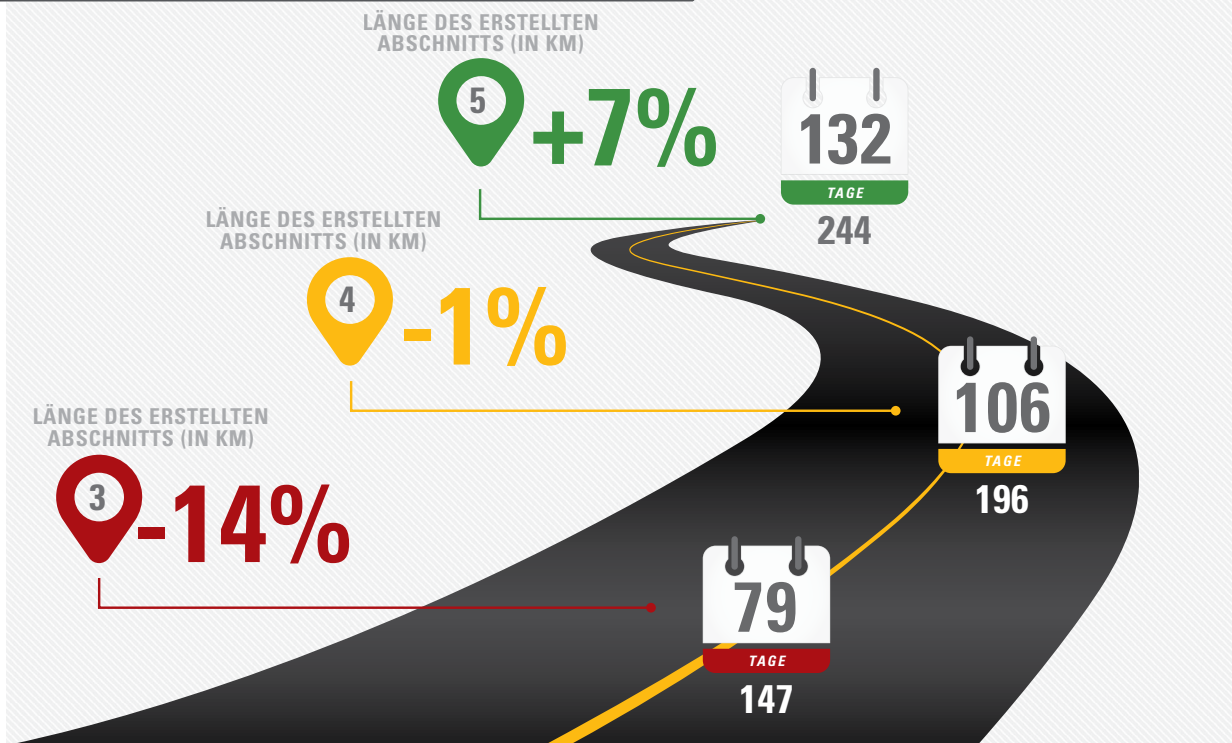


Die Definitionen der Parameter finden sich im Anhang.

## PRODUKTIONS-STUDIE // DER WEG ZUR AMORTISIERUNG

Eingangs war von „Rentabilitätskurs“ die Rede. Doch ab wann rechnet sich die Investition? Zur Erstellung dieses Streckenabschnitts wurden etwa 250.000 USD in Technologie investiert.

### + AMORTISIERUNG INNERHALB WENIGER ALS EINEM JAHR



Die Erstellung eines etwa 4,8 km langen Streckenabschnitts würde technologiegesteuert 79 Arbeitstage dauern, mit traditionellen Methoden hingegen 147. Eine um 68 Tage kürzere Erstellungszeit klingt beeindruckend, doch das sind bei weitem noch nicht alle Vorteile der Investition. Allerdings wird nach ca. 6,5 km bereits der Break-Even erreicht. Mit anderen Worten: ab jedem weiteren Kilometer werden zusätzliche Gewinne realisiert. Mit dieser Investition gelangt jeder, der auf Technologie baut, auf die Überholspur Richtung Rentabilität und kann in Rekordzeit zum nächsten Projekt übergehen.



## ANHANG

---

Während der gesamten Dauer dieser Vergleichsstudie galten die Technischen Vorgaben für den Straßen- und Brückenbau des Illinois Department of Transportation als maßgeblich. Diese wurden stets eingehalten.

### DEFINITIONEN FÜR MATERIALVERGLEICH

**Vergleich traditionell und Angebot** – Messung der tatsächlich verwendeten Materialmenge im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge bei Anwendung traditioneller Baumethoden.

**Vergleich Technologie und Angebot** – Messung der tatsächlich verwendeten Materialmenge im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge bei Anwendung von Technologie.

**Vergleich technologiegesteuerte und traditionelle Methode** – Unterschiedlicher Materialverbrauch unter Verwendung von Technologie bzw. traditionellen Baumethoden im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge.

**Vergleich präzision mit traditionellen Methoden und Planmenge** – Unterschied zwischen der tatsächlich verwendeten Materialmenge im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge bei Anwendung traditioneller Baumethoden.

**Vergleich technologiegesteuerte Präzision und Planmenge** – Unterschied zwischen der tatsächlich verwendeten Materialmenge bei Anwendung technologiegesteuerter Baumethoden im Vergleich zur theoretischen Angebotsmenge.

### PARAMETER-DEFINITIONEN

**Projektdauer** – Die Zeit bis zum Abschluss des Projektes.

**Maschinen-Stunden** – Gesamtzahl der während der Erstellung des Projekts aufgelaufenen Maschinen-Einsatzzeiten (in Stunden).

**Kraftstoffverbrauch** – Der Gesamtkraftstoffverbrauch während des Projektes.

**Maschinen-Gesamtkosten** – Dieser Faktor umfasst Maschinenstundensatz, Kraftstoffverbrauch sowie Bedienerkosten.

**Bediener-Einsatzzeiten** – Gesamtzeit angefallener Bediener-Arbeitszeiten (einschließlich Wartezeiten).

**Arbeitsstunden** – Gesamtzeit angefallener Arbeitszeiten (einschließlich Analyse- und Projektauslegungs-Teams).

**Gesamt-Personenstunden** – Gesamtstunden, die sämtliche Bediener und Arbeiter zur Fertigstellung des Projektes gebraucht haben.