



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**



Belegarbeit – Geschichte im Bauwesen

Themenblock: Maschinentechnik im Spezialtiefbau

vorgelegt von:

B. Eng. Lukas Deppisch

47 16 280

11.06.2018

1. Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis.....	2
2.	Abbildungsverzeichnis.....	2
3.	Aufgabenstellung	3
4.	Einführung.....	4
5.	Maschinentechnik des Tiefenrüttelverfahrens.....	5
3.1	Das Tiefenrüttelverfahren.....	5
3.2	Der Tiefenrüttler in geschichtlicher Entwicklung.....	7
4	Der Bagger das Universalwerkzeug.....	11
4.1	Der Bagger in der Geschichte.....	11
4.3	Der Bagger in der Neuzeit	15
5	Aktuelle Neuerung der Maschinentechnik und Arbeitssicherheit.....	19
6	Literaturverzeichnis.....	25

2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Verfahrensschema des Herstellverfahrens einer Rüttelstopfsäule.....	6
Abbildung 2	Rüttler an Vierbock aus dem Jahr 1956	
Abbildung 3	Rüttler an Lanz-Bulldog aus dem Jahr 1956.....	7
Abbildung 4	Anwendungsgrenzen der Tiefenrüttelverfahren.....	8
Abbildung 5	Moderner Rüttler (Rütteldruckverdichtung) der Firma Keller Grundbau GmbH.....	8
Abbildung 6	Moderne Tragraupe der Firma Keller Grundbau GmbH	9
Abbildung 7	Moderner Schleusenrüttler der Firma Keller Grundbau GmbH.....	9
Abbildung 8	Wirkungsprinzip des Rüttlers	10
Abbildung 9	Marion 5480-E.....	13
Abbildung 10	Muldenkipper „Eucnic“	13
Abbildung 12	Formschlüssige Schnellwechseinrichtung, Verriegelungsbolzen in Querrichtung	16
Abbildung 13	Keilförmige Schnellwechseinrichtung, Bolzen in Längsrichtung	16
Abbildung 14	Schreitbagger im Einsatz	17
Abbildung 15	Bagger mit Anbaulafette im Einsatz	18
Abbildung 16	Bagger mit Anbaulafette im Einsatz	18
Abbildung 17	Schreitbagger mit Anbaulafette	18
Abbildung 18	Zweiwegebagger	19
Abbildung 19	Zusammenstellung von diversen Anbaugeräten.....	20
Abbildung 20	Monoblockausleger.....	20
Abbildung 21	Ausleger mit Gelenk.....	20
Abbildung 22	Longfront-Ausleger	20
Abbildung 23	Absturzsicherungen an Großbohrgeräten.....	22
Abbildung 24	Schubladen-Serviceklappe	22
Abbildung 25	Zuhilfenahme von Assistenzsystemen in Bagger bei einer Studie nach [4]	23

3. Aufgabenstellung



Fakultät Bauingenieurwesen Arbeitsgruppe Fernstudium

Technische Universität Dresden, 01062 Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen, AG Fernstudium

Sitz: George-Bahr-Straße 1
Beyer-Bau, Zi. 167
Telefon: +49 351 463-32023
Telefax: +49 351 463-35452
E-Mail: fernstudium.biw@tu-dresden.de
I-net: <http://fernstudium.bau.tu-dresden.de>

Aufgabenstellung für die Belegarbeit Geschichte der Bautechnik

Thema: 12. Baumaschinen

Für den Transport und Verbau von schweren Bauteilen wurden in der Geschichte durch Anwendung bauphysikalischer Erkenntnisse Maschinen entwickelt, die durch Muskelkraft oder Umsetzung von energiereichen Rohstoffen angetrieben werden.

Stellen Sie die historische Entwicklung des Einsatzes von Maschinen und mechanischen Hilfsmitteln im Bauwesen anhand von Beispielen anschaulich dar (Fotos, Skizzen, Zeichnungen, Berechnungen) und bewerten Sie den Fortschritt.

Vergleichen Sie die historische Technik mit modernen Technologien und gehen Sie auf gegenwärtig stattfindende Entwicklungen ein.

Die Belegarbeit nach dem Bearbeitungszeitraum von drei Monaten elektronisch über das Bildungsportal Sachsen an die AG Fernstudium einzusenden. Es sind die nachfolgend aufgeführten *Bearbeitungshinweise zur "Belegarbeit Geschichte der Bautechnik"* zu beachten.

Mit freundlichen Grüßen

gez. Prof. Dr.-Ing. W. Graf
Sprecher der AG Fernstudium

Postadresse (Briefe)
Technische Universität Dresden
01062 Dresden

Postadresse (Pakete u.ä.)
Technische Universität Dresden
Helmholtzstraße 10
01069 Dresden

Besucheradresse
George-Bahr-Str. 1,
Beyer-Bau, 3. OG,
Zi. 167

Internet
<http://fernstudium.bau.tu-dresden.de>



Kein Zugang für elektronisch signierte sowie verschlüsselte elektronische Dokumente.

4. Einführung

Der fortwährende Wandel der Zeit bringt eine Vielzahl von Neuerungen für das alltägliche Leben der Menschheit. Angefangen vor tausenden von Jahren, hinweg über das Mittelalter, die Industrialisierung bis in die Neuzeit hinein ist ein Wandel in den verschiedensten Sektoren zu belegen. Sei es die Technik, die Forschung, das Wissen, sowie der kulturelle Wandel den die Menschheit durchläuft. Vor allem die vergangenen Jahrzehnte konnten bahnbrechende Fortschritte in vielerlei Hinsichten hervorbringen. Ein Grund dafür ist vor allem die Entwicklung im technischen Sektor, sodass Forschung zum Beispiel in Bereichen der Humanmedizin und Biologie revolutioniert werden konnten. Auch die Digitalisierung betrifft schon heutzutage einen Großteil der Weltbevölkerung und wird auch in Zukunft eine beachtliche Stellung im Leben der meisten Menschen haben.

Die Auswirkungen des technischen Fortschritts haben auch über die vergangenen Jahrzehnte im Bereich des Bauwesens Einzug erhalten. Gerade über die Baumaschinentechnik sind die Aspekte unter anderen in den Bereich Arbeitssicherheit, Produktivität, Ausführungsgenauigkeit oder Geschwindigkeit beachtlich verbessert worden.

Die nachfolgende Arbeit befasst sich exemplarisch mit den Tätigkeiten aus dem Feld des sehr maschinenintensiven Spezialtiefbaus. Für den Erfolg der Baustellen und die Fertigstellung der Projekte ist hier neben der meist geringen Anzahl an Fachpersonal vor allem der wirtschaftliche Einsatz modernster Maschinentechnik von entscheidender Bedeutung. Während meiner Tätigkeit in der Bauleitung bei der Firma Keller Grundbau GmbH kann ich täglich die Notwendigkeit der Gerätetechnik auf unseren Baustellen verfolgen. Im Folgenden soll stellvertretend auf die von Keller entwickelten Tiefenrüttelverfahren und deren Gerätetechnik eingegangen werden. Außerdem soll ein Überblick über die „Allzweckwaffe“ am Bau, den Bagger und dessen Fort- und Weiterentwicklung in den letzten Jahren gegeben werden. An dieser Stelle soll bewusst darauf hingewiesen werden, dass die nachfolgenden Erläuterungen sich nur auf die im geschichtlichen Sinne noch recht junge Vergangenheit der heutigen Technik bezieht und nur die verwandten Ursprünge der heute bekannten Maschinentechnik aufgegriffen werden. Auf eine Darlegung der Arbeitsweisen, Hilfskonstruktionen und artverwandten Mechaniken aus früheren Epochen wird verzichtet. Abschließend sollen vor allem allgemeine Aspekte aus dem Bereich der Assistenzsysteme, Arbeitssicherheit und Bauautomatisierungen aufgezeigt werden. Auch diese sind meiner Meinung nach bereits geschichtlich, trotz der noch jungen Vergangenheit, von großer Bedeutung, da Sie die Zukunft prägen und die Basis der Baustellentechnik von morgen sind.

5. Maschinentechnik des Tiefenrüttelverfahrens

3.1 Das Tiefenrüttelverfahren

Die Firma Keller Grundbau wurde 1860 durch Johann Keller im badischen Renchen als Brunnenbauunternehmen gegründet. Für das hier beschriebene Tiefenrüttelverfahren erhielt die Firma 1933 das zugehörige Patent und begann in den Folgejahren mit den ersten Aufträgen. Bei den Tiefenrüttelverfahren können verschiedene System zum Einsatz kommen. Speziell die Firma Keller Grundbau GmbH ist auf diesem Gebiet marktführend und bietet unter anderem die folgenden Verfahren an:

- Rüttelstopfverdichtung
- Betonstopfsäulen
- Rütteldruckverdichtung

Im Rahmen dieser Arbeit soll nun im Folgenden nur grob ein Überblick über die heutigen Verfahren gegeben werden um den Gesamtzusammenhang der Gerätetechnik zu verstehen.

Die Rüttelstopfverdichtung wird in Böden mit geringer bis mäßiger Tragfähigkeit ausgeführt. Mit einer Aktivierungsraupe und einem mäklergeführten Schleusenrüttler werden Säulen aus grobkörnigem Zugabematerial hergestellt. Der anstehende Boden wird bei diesem Vorgang seitlich verdrängt und das Säulenmaterial durch wiederholtes Stopfen verdichtend eingebaut. Mit diesem „selbst regulierenden Verfahren“, können Baugrundinhomogenitäten weitgehend ausgeglichen werden. In lokal weicheren Bodenschichten ergeben sich beim Stopfen der Säulen größere Durchmesser, mit denen die geringere seitliche Stützung der Säulen weitgehend kompensiert wird. Umgekehrt ergeben sich in steiferen Bodenpartien kleinere Säulendurchmesser. Das Verfahrensschema ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

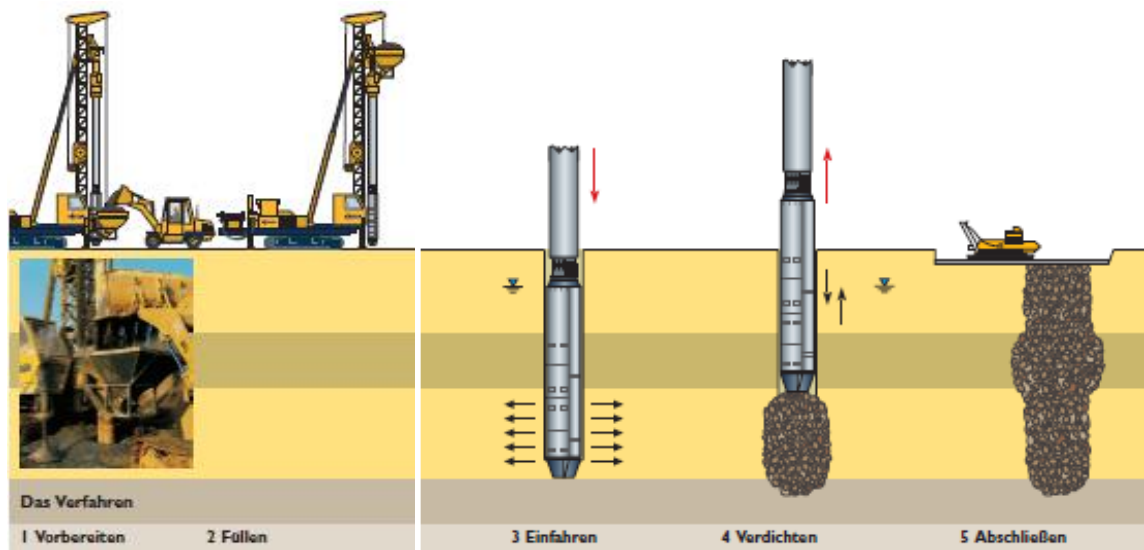


Abbildung 1 Verfahrensschema des Herstellverfahrens einer Rüttelstopfsäule

Abbildung 1: Prinzipieller Ablauf der Rüttelstopfsäulenherstellung

Die Einfahrtiefe des Rüttlers wird in der Regel nicht vorgegeben, sondern wird vom Bodenwiderstand bestimmt. Dadurch passen sich die Säulenlängen beispielsweise an eine einfallende Schichtgrenze an und die Säulen stehen auf tragfähigerem Boden auf. Für die Ausführung wird heutzutage im Vorfeld ein Bodengutachten herangezogen und anhand der Sondierungen und gegebenen Bodenkennwerte die notwendigen Parameter (Einfahrtiefe, Verfahren, Säulenanzahl, Geometrie) ermittelt und diese in Verbindung mit der Ausführungsplanung bzw. Fundamentgeometrien und Lasten in einer Setzungsberechnung dargestellt.

Analog der Rüttelstopfverdichtung können Betonstopfsäulen ausgeführt werden. Unterscheiden tun sich beide Verfahren über das Zugabematerial. Während bei der Rüttelstopfverdichtung ein grobkörniges, ungebundenes Material (16er, 32er) in den Boden eingebaut wird, ist bei einer Betonstopfsäule ein fließ- und pumpfähiger Beton (F5) einzubauen.

Eine übliche Kolonne aller Verfahren bilden zwei Mann plus ein Polier, wobei der Polier für das Einmessen der Säulenpunkte per Tachymeter verantwortlich ist, sowie die Materialbestellung und Dokumentation übernimmt. Die anderen beiden sind für das Bedienen des Radladers und somit der Beschickung des Raupenkübels mit Zugabematerial bzw. für das Fahren der Rüttelraupe zuständig. Sofern die Untergrundverhältnisse es notwendig machen besteht die Möglichkeit die Säulenansatzpunkt vorzubohren, wenn Bodenschichten durchdrungen werden müssen, die der Rüttler mit seiner Energie alleine nicht durchstößt. Somit ist ein vierter Mann notwendig der vorseilend die Punkte abbohrt bevor die Rüttelraupe im Anschluss die Säulen herstellt.

3.2 Der Tiefenrüttler in geschichtlicher Entwicklung

Wie anhand der Verfahrensbeschreibung zu erkennen ist, stellt das Tiefenrüttelverfahren heute ein umfangreiches und geräteintensives Zusammenspiel von Mensch und Maschine dar.

Rückblickend in das Jahr 1933 erhält die Firma Keller Grundbau das Patent für das Tiefenrüttelverfahren [1]. Sechs Jahre später im Jahre 1939 konnte bereits ein Weltrekord aufgestellt werden indem man 35m Verdichtungstiefe in Berlin erreichen konnte. Das Jahr 1961 bringt schließlich den ersten Auftrag einer Rüttelstopfverdichtung, der die Entwicklung des Torpedorüttlers vorausging. Ein Meilenstein für die heutige Tiefenrütteltechnologie bildet schließlich der in den 70er Jahren erste sogenannte Schleusenrüttler. Auf die Patentierung der Firma Keller folgte die Weiterentwicklung und Konzeption von Tragraupen und Tiefenrüttlern.



Abbildung 2 Rüttler an Vierbock aus dem Jahr 1956

Abbildung 3 Rüttler an Lanz-Bulldog aus dem Jahr 1956

Sofern man die Gerätetechnik auf den oberen beiden Bildern aus dem Jahr 1956 betrachtet kann man die Grundzüge der heutigen Technologie bereits erkennen. Grundgerüst bildet der Rüttler der entweder starr (Vierbock) oder beweglich (Bulldog) angehängt wird und in den Boden eindringen kann. Abgebildet sind zwei Vertreter der Rütteldruckverdichtung der Firma Keller

Grundbau GmbH. Dieses Verfahren wird vor allem in grobkörnigen Böden zur Baugrundverbesserung

eingesetzt. Dazu wird ein Rüttler mit geringer Frequenz an einem Hebegerät hängend im Boden versenkt und wird anschließend von unten nach oben gezogen und die Verbesserung wird über festgelegte Hebungsstufen und Zeitintervalle erzielt. Eine Abgrenzung bzw. die Anwendungsgrenzen der beiden Verfahren können der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

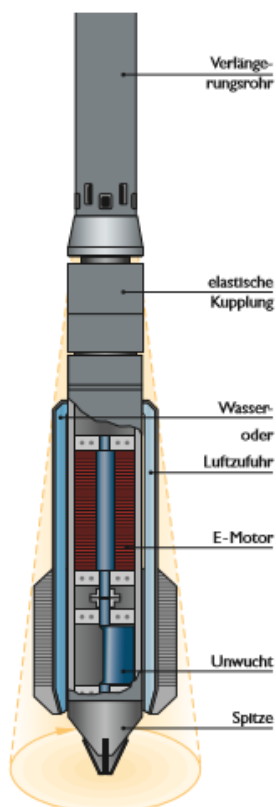
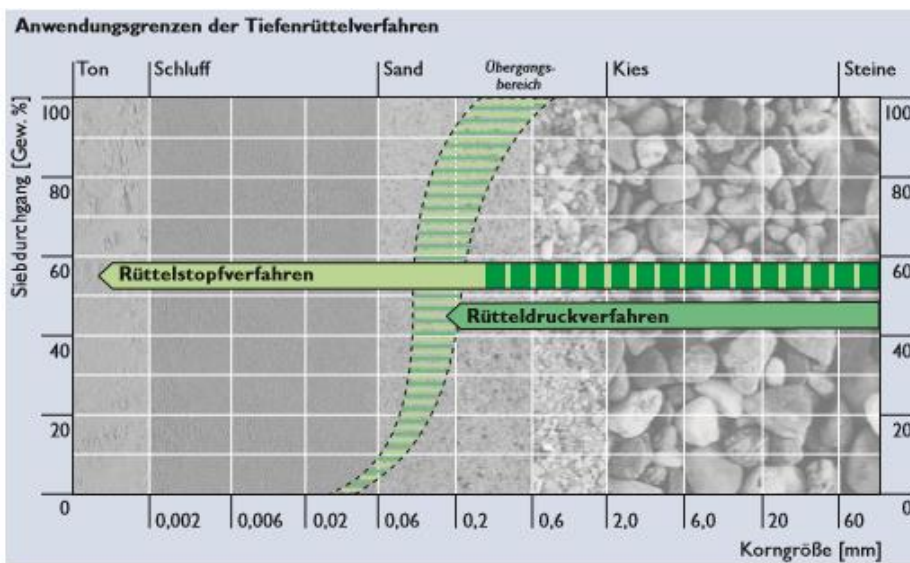


Abbildung 4 Anwendungsgrenzen der Tiefenrüttelverfahren

Der Tiefenrüttler ist zylindrisch geformt und ist zwischen 3 und 5 Meter lang. Das Prinzip des Rüttlers lässt sich durch eine Unwucht erklären, welche elektrisch angetrieben ist und horizontale Schwingungen erzeugt (gemäß Abbildung 3). Durch die Schwingungen erfährt der Boden eine Umlagerung der Teilchen in eine dichtere Lagerung und somit kann der Rüttler je nach anstehendem Boden eindringen. Vergleicht man nun die nebenstehende Abbildung bzw. auch die Abbildung 7 mit den Bildern der Rüttler von 1956 kann man erkennen, dass sich an dem Grundprinzip und der Wirkungsweisen wenig geändert hat. Lediglich die Gerätetechnologie (Frequenz, Stärke, Automatisierung) wird fortwährend weiterentwickelt, um ein effizienteres Arbeiten zu ermöglichen.

Abbildung 5 Moderner Rüttler (Rütteldruckverdichtung) der Firma Keller Grundbau GmbH

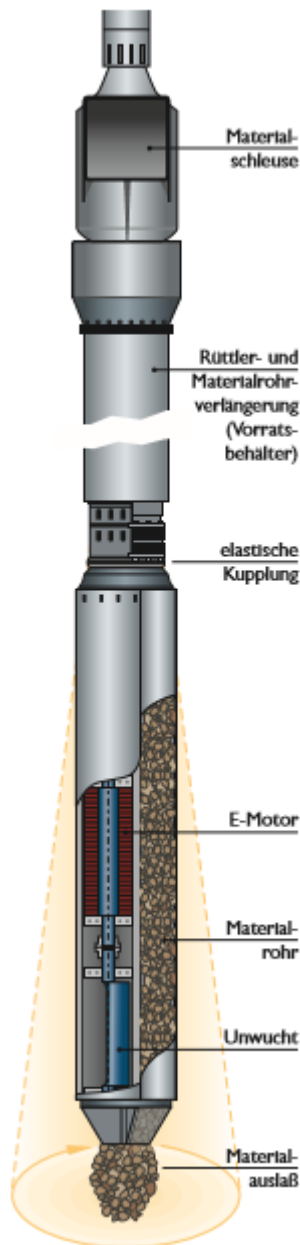


Abbildung 6 Moderne Tragraupe der Firma Keller Grundbau GmbH

Entscheidend für die Entwicklung der Rüttelstopfverdichtung war die Erfindung des Schleusenrüttlers. Somit kann der Rüttler in den Untergrund eindringen und über eine Schleuse an der oberen Öffnung das Zugabematerial innerhalb des Rüttlers nach unten fallen und über eine Öffnung an der Rüttlerspitze unter Luftdruck austreten. Dieser Entwicklung folgten die Rüttler-Varianten S-Rüttler (1980) und L-Rüttler (1995). Den verschiedenen Rüttlertypen folgten im Anschluss unterschiedliche Typen von Tragraupen für verschiedene Anforderungen bzw. Einfahrtiefen. Nebenstehend ist ein moderner Schleusenrüttler der Firma Keller Grundbau GmbH abgebildet.

Abbildung 7 Moderner Schleusenrüttler der Firma Keller Grundbau GmbH

4 Der Bagger das Universalwerkzeug

Der Bagger kann wohl als das „Universalwerkzeug“ auf der Baustelle betitelt werden.

Einsatzbereiche des Baggers sind im allgemeinen der Tiefbau, insbesondere der GaLa-Bau, der Straßen- bzw. Verkehrswegebau, Spezialtiefbau, Leitungsbau aber auch im Hochbau ist der Bagger zu finden. Verwendet werden kann der Bagger in seinen verschiedenen Formen als Service- und Hebegerät (Bsp. Seilbagger), als Trägergerät (Bsp. Anbaubohrlafetten für Vernagelungen und Anker im Spezialtiefbau) aber vor allem im Lösen und Laden von Boden und Fels im nassen oder trockenen Zustand kann er auf den verschiedensten Untergründen eingesetzt werden.

Im Folgenden soll eine kurze Übersicht der Entwicklung des Baggers im geschichtlichen Verlauf gegeben werden. Mit dem Begriff „geschichtlich“ wird im Rahmen dieser Arbeit nur der Zeitraum ab dem späten 18. Jahrhundert (Industrialisierung) beleuchtet. Außerdem werden ausgewählte heutige Entwicklungen und Neuerungen zusammengefasst.

4.1 Der Bagger in der Geschichte

Die Geschichte der Menschheit wird durch den Bau vieler imposanter Bauwerke geprägt. Seien es die Pyramiden von Gizeh in Ägypten, das Kolosseum von Rom, die Akropolis in Athen oder der Burj Khalifa. Jedes Bauwerk ist ein Wahrzeichen und doch sind alle auf verschiedene Weisen erbaut worden. Gerade vor der Entwicklung maschineller Anlagen galt es die Bauwerke mit schwerer körperlicher Arbeit zu erschaffen. Der Bau erfolgte mithilfe von Sklaven, Arbeitern oder auch Tiere. Die Löhne der Arbeiter waren im Vergleich zu Materialien etc. verschwindend gering. So kam es nicht selten vor, dass der Bau eines Werkes mehrere Jahrzehnte andauerte und mehrere Zehntausende Arbeiter beschäftigte. Im Laufe der Zeit wurden Hilfsmittel und Werkzeuge weiterentwickelt und erfunden.

Bevor auf die Entwicklung des heutigen Baggers eingegangen werden kann muss zunächst grundlegend auf die Industrialisierung eingegangen werden, das diese gewissermaßen ursächlich für die Entwicklung des Baggers war. Als Industrialisierung wird im Allgemeinen der maschinelle Einzug in die Produktion und Industrie bezeichnet. Mit Beginn der Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts in England zog ein Großteil der Bevölkerung vom Land in die Städte und die Anteile in der Volkswirtschaft verlagerten sich beachtlich von der Landwirtschaft in die verarbeitende Produktion. Später erhält die Industrialisierung auch in anderen Ländern

Europas und Nordamerikas Einzug, sowie im 20. Jahrhundert schließlich zunehmend in Asien und Lateinamerika.

Eine ausschlaggebende Erfindung für die Industrialisierung war die Dampfmaschine, welche 1712 durch Thomas Newcomen erfunden wurde, bzw. 1769 entscheidend durch James Watt weiterentwickelt wurde.

Sofern man die Entwicklungen im Deutschen Raum betrachtet ist als großes Ereignis die erste Eisenbahnstrecke zwischen Nürnberg und Fürth zu nennen, welche im Jahr 1835 erstmalig in Betrieb genommen wurde. Daraufhin wurde der Ausbau des Eisenbahnnetzes weiter vorangetrieben und folglich die Eisenindustrie, der Maschinenbau und der Kohlebergbau weiter ausgebaut. Der Fortschritt und die Mechanisierung brachte jedoch nicht nur Vorteile mit sich. So war es der Fall, dass mit der zunehmenden Anzahl an Fabriken und Maschinen die Arbeitslosigkeit zunahm, da nun Maschinen die Arbeiten der Menschen schneller und effizienter ausführen konnten. Hinzu kam, dass die Bevölkerungsanzahl stark zunahm, was zu einer wachsenden Arbeitslosigkeit bei wachsenden Bevölkerungszahlen unausweichlich zu zunehmender Armut führte.

Mit Ausbau und Entwicklung von Eisenbahn und Industrie war es vor allem die erhöhte Nachfrage an Braunkohle, welche den Grundbedarf an eine Maschine zum Lösen und Laden großer Massen hervorbrachte. Als Antriebseinheit diente die Dampfmaschine bei der Entwicklung des ersten Baggers um das Jahr 1850. Die ersten Varianten waren Maschinen, welche auf Schienen gefahren sind und nur minimal nach links und rechts verschwenkt werden konnten. Für die Kinematik des Baggerarm wurden zunächst Ketten, später dann Stahlseile verwendet. Je nach Einsatz konnte man durch einen Bagger 50 – 80 Mann ersetzen. Mit der Weiterentwicklung konnte um das Jahr 1890 in England mit 10 Tonnen der erste Bagger entwickelt werden, welcher sich um 360 Grad um die eigene Achse drehen konnte.

Mit den wachsenden Anforderungen wurden ab dem Jahr 1900 größere Bagger vor allem im Kohle-Tagebau eingesetzt. So wurde beispielsweise 1907 ein 1,9 cbm großer Hochlöfelfbagger in Kentucky zur Abraumbeseitigung eingesetzt. Problematisch war zu damaliger Zeit die Mobilität der Großgeräte. Diese waren meist auf Schienen montiert wodurch deren Flexibilität gegenüber heutigen Ketten oder Radbaggern deutlich geringer war. Hauptproblem war, dass die Großgeräte auf Rädern leicht in den Böden versackten, der Schienenbau jedoch zu aufwendig war. So war es ca. im Jahr 1912 als die heute sehr erfolgreiche Firma Caterpillar, kurz CAT, die ersten Bagger auf Raupenkettens erfolgreich getestet haben.

In den 30-iger Jahren des 19. Jahrhunderts hielt eine neue Technologie Einzug in die Entwicklung des Baggers. Mit Erfindung des Elektromotors musste der Dampfantrieb weichen. So konnten vor allem Arbeitsabläufe optimiert werden. War es beim Dampfantrieb noch der Fall, dass drei Arbeitskräfte mit der Beschickung und Versorgung der Maschine beschäftigt waren, so ist beim Elektromotor nur noch ein Stromkabel zur Stromversorgung notwendig. Der damals größte Löffelbagger der Welt war der Marion 5480-E mit 9,5 cbm Schaufelinhalt und einem Gewicht von 930 Tonnen, welcher im Braunkohleabbau im Einsatz war, um Erdschichten abzutragen und somit an die Braunkohleschichten zu gelangen. Abgelöst wurde das Monstrum kurze Zeit später (1929) erneut durch einen Marion Bagger. Der Marion 5600 mit einem Gewicht von 1600 Tonnen konnte mit einem Löffel 15 cbm bei einer Reichweite von knapp 40 Metern fassen. Angetrieben wurde der Gigant durch 2500 PS, die aus 30 Elektromotoren beigesteuert wurden.



Abbildung 9 Marion 5480-E

In den Folgejahren wurde vor allem die Entwicklung der Schaufeln bzw. deren Inhalt vorangetrieben. So war es nun wichtig bei Reduzierung des Baggergewichts dennoch große Mengen fördern zu können um eine Erhöhung der Flexibilität der Geräte zu erreichen.

Erst in den 60-iger Jahren, als die wirtschaftliche Herangehensweise an den Braunkohleabbau auf



dem Höhepunkt war, wurde wieder gigantische Bagger entwickelt, um die Abbaumengen zu verbessern und Personalkosten einzusparen. So brachte Marion 1956 den „Mountaineer“ hervor. Ein 2500 Tonnen schwerer Bagger mit einem Schaufelinhalt von 46 cbm, welcher über acht Raupenfahrwerke gesteuert wurde. Problematisch war

Abbildung 10 Muldenkipper „Eucnic“

in diesem Zusammenhang die Abfuhr des geladenen Materials. Dementsprechend wurde auch gigantische Muldenkipper entwickelt, wie beispielsweise 1959 der größte Muldenkipper namens Eucnic mit einer Zuladung von 170 Tonnen.

Der Größenwahn gipfelte im Jahre 1965 als der größte Löffelbagger aller Zeiten eingesetzt wurde. Der Capitain mit seinem Gewicht von 12650 Tonnen und einem Schaufelinhalt von 250 Tonnen wurde von 32 Elektromotoren angetrieben, welche zusammen 29500 PS leisteten.

Die alles verändernde Neuerung kam in den 80er Jahren auf. Zu dieser Zeit konnte der Einsatz von Hydraulik, welche bereits Jahre früher existiert, erstmalig wirtschaftlich und vor allem zuverlässig eingesetzt werden. Unter Hydraulik versteht man einen Motor, der eine Pumpe antreibt, welche über Steuerventile Öl in eine Leitung presst, an deren Ende sich ein Zylinder befindet in dem eine Kolbenstange aus und eingefahren wird. Dieses System löste die Kinematik mit Seilen ab. Anfangs waren die Hydraulikbagger gegenüber der Vergangenheit kleinere Modelle. Dies war vor allem der Technik geschuldet, da der hohe Druck, welcher für sehr große Bagger notwendig war, meist über die Ventile und Leitungen nicht aufgenommen werden konnte. So war die erste Generation der Hydraulikbagger, geführt von dem O & K RH 60 Modell mit 110 Tonnen und einem Schaufelinhalt von 7 cbm eher von kleineren Modellen geprägt.

Mit dem Fortschritt und Weiterentwicklung des Hydrauliksystems verschwand um 1980 das Seilantriebssystem endgültig vom Markt. Somit waren es vor allem Deutsche Hersteller die bei Entwicklung und Vertrieb marktführend waren. Hier sind die Firmen O&K und Demag zu nennen. Außerdem weltweit führend ist auch die Firma Liebherr, welche 1949 in Kirchdorf (Deutschland) gegründet wurde, die neben Hydraulikbaggern vielerlei Erdbaugeräte, Großbohrgeräte, Krane und weitere Baumaschinen vertreibt.

4.3 Der Bagger in der Neuzeit

Im Zusammenhang dieser Arbeit wird mit dem Begriff „Neuzeit“ der Zeitraum ab dem Jahre 1990 assoziiert. Bei dem Stand der Entwicklung sind die Geräte sehr ausgereift und es konnten andere Aspekte in Angriff genommen werden. So wurde vor allem an Kraftstoffverbrauch, Elektronik und Arbeitssicherheit gearbeitet. Vor allem der ökologische Aspekt spielte in den vergangenen Jahren, sowie heute noch eine große Rolle. So sind die Auswirkungen der ökologischen Anforderungen und Zielsetzungen nicht nur bei der Autoindustrie zu bemerken. Auch die Baugeräte bzw. die Motorentechnik werden fortwährend weiterentwickelt und verbessert, um die Anforderungen der Emissionswerte zu erreichen. Emission meint hier vor allem Feinstaubbelastung der Natur und Lärmbelastung der Umwelt. Gerade auf innerstädtischen Baustellen ist dies ein wichtiger Gesichtspunkt, um die Umwelt und die umliegende Bevölkerung zu schützen. Zur Verbesserung der Emissionen wird bei der Gerätetechnologie sogenanntes „Adblue“ verwendet, welches auch aus der Autoindustrie bekannt ist. Dabei handelt es sich um eine Flüssigkeit die bei Dieselmotoren zugegeben wird, um eine nachträgliche Abgasbehandlung durchzuführen und somit eine Reduktion der Stickoxide zu bewirken. Zusätzlich werden auch ähnlich wie in der Autoindustrie die Ziele verfolgt einen möglichst sparsamen Motor zu entwickeln. Jedoch nicht nur die Emissionen im Rahmen der Ausstöße von Abgasen sind Schwerpunkte der Forschung, sondern auch die Lärmemissionen werden fortlaufend versucht zu reduzieren. Auch hierbei spielt die menschliche Entwicklung über die Jahrzehnte hinweg eine bedeutende Rolle. Mit der zunehmenden Urbanisierung und Konzentration der Bevölkerung auf große Ballungszentren werden auch die Bauvorhaben in Städten zunehmend umfangreicher und komplexer. Dabei ist vor allem auf die beengten Platzverhältnisse hinzuweisen. Außerdem muss die Baustelle, inklusiv ihrer Großgeräte, neben dem Leben und Berufsalltag der Bevölkerung, sowie dem Stadtverkehr abgewickelt werden. Zu guter Letzt sind die Bauzeiten meist mehr als eng getaktet. Dem geschuldet werden gerade auf Großbaustellen in mehreren Schichten, zu Tag und zu Nacht gearbeitet. Gerade hier spielt die Weiterentwicklung der Lärmemissionen der Geräte eine Rolle, um die Randbedingungen (z.B. Nachtarbeit) zu ermöglichen bzw. weitere Belastungen der Baustellen, wie beispielsweise umfangreiche Einhausungen zu Lärmschutzgründen, zu vermeiden. Auch Ausstattung und Komfort der Baumaschinen hat sich im Laufe der Zeit gewandelt. Dies betrifft vor allem die Fahrerkabine, welche heute meist mit modernen und ergonomischen Sitzen ausgestattet sind. Weiterhin sind Radio und Klimaanlage bzw. Heizung neben den großen Bildschirmen der Assistenz- und Kamerasystemen zu finden.

Die Entwicklungen in den vergangenen Jahren betrifft jedoch nicht nur ökologische und sicherheitstechnische Aspekte, sondern auch den Fortschritt und die Steigerung der Produktvielfalt und Effizienz der Maschinen. Somit kann gegenüber früheren Geräten einen schnelleren Wechsel der Anbaugeräte erfolgen und somit aus einer Baumaschine für Erdaushub und –bewegungen ein Abbruch- oder auch ein Forstgerät geschaffen werden. Die maßgebliche Neuerung in diesem Zusammenhang wird im Fachjargon „Schnellwechseleinrichtungen“ genannt. Im Vergleich zu früheren Geräten bedarf es keiner mühsamen, zeitaufwendigen und händischen Montage der Anbaugeräte. Heute werden Bagger über verschiedene Schnellwechseleinrichtung betrieben. Hierbei kann man die mechanische (Bedienung eines Hebels von Hand am Ausleger) oder die hydraulische (über Hebel von Fahrerkabine aus) Schnellwechseleinrichtung unterscheiden. Für komplexere Anbausysteme, wie beispielsweise Schwenklöffel oder Anbauverdichter, besteht die Möglichkeit aufwendigere Adaptersysteme zu verwenden, welche über zusätzliche Hydraulikleitungen Grundgerät und Anbausystem verbinden. Gemäß [11] werden in der EU zwei gebräuchliche Verriegelungssysteme verwendet. Zum einen sind es keilförmige Systeme bei denen zwei Riegelbolzen in Längsrichtung zum Ausleger unter einen zugehörigen Querriegel geschoben werden.



Abbildung 12 Keilförmige Schnellwechseleinrichtung, Bolzen in Längsrichtung



Abbildung 11 Formschlüssige Schnellwechseleinrichtung, Verriegelungsbolzen in Querrichtung

Zum anderen werden formschlüssige Systeme am Markt angeboten, bei denen zwei Bolzen längs oder quer zum Ausleger in eine Aufnahmeöffnung fahren. So kann beispielsweise eine beengte innerstädtische Baugrube effizient durch einen Bagger ausgehoben werden. Ein Beispiel aus meiner Tätigkeit zeigt, dass das Arbeitsgeräte in der Lage ist innerhalb von Sekunden einen Tieflöffel zum beladen der LKW's gegen einen Anbaumeißel zum Lösen des anstehenden Fels zu tauschen. Diese Arbeitsweise stellt in dem Fall das Optimum dar, weil durch die Platzverhältnisse der Einsatz eines zweiten Aushubgerätes ausgeschlossen ist und wir dennoch beide Arbeitsschritte (Lösen und Laden) in der Kürze der Zeit ausführen können. Dementsprechend ist

die Taktung und die Anzahl der LKW's so zu wählen, dass ein geregelter Arbeitsfluss entsteht und genug Zeit zum Lösen des Fels ist.

Zuletzt können nicht nur die Anbaugeräte eines Baggers variieren und somit das Einsatzfeld, sondern auch bei der Wahl des Fahrwerkes können unterschiedliche Modifikationen gewählt werden. Anders als bei den Anbaugeräten ist jedoch eine flexible und kurzfristige Anpassung nicht möglich.

Als Sonderform zu erwähnen ist vor allem der Schreitbagger oder auch Spinnenbagger genannt. Ebenso wie der übliche Hydraulikbagger ist der Schreitbagger mit einem drehbaren Oberwagen und einem Ausleger mit Anbaugerät ausgerüstet. Der Unterschied besteht im Unterwagen. Hier ist der Schreitbagger mit vier Schreitbeinen ausgerüstet. Diese können entweder mit Rädern oder Abstützfüßen ausgestattet sein. Somit ergeben sich für den Schreitbagger Arbeitsfelder die mit konventionelle Systemen nicht zu bearbeiten sind. Er wird vor allem im Erdbau, an Hängen, im Landschaftsbau oder auch in Flussbau bzw. –betten eingesetzt. Entwickelt wurde der Gerätetyp („Menzi Muck“) in den 1960er Jahren in der Schweiz. Heute ist der Schreitbagger mit seinem Gewicht von ca. 6-10 Tonnen meist an Hänge und unwegsamen Gelände zu finden. Auch zu erwähnen ist, dass die Bedienung in schwierigem Gelände die Geschicklichkeit und das Verständnis eines erfahrenen Fahrers benötigt.



Abbildung 13 Schreitbagger im Einsatz

Abschließen kann man Zusammenfassen, dass aus der damaligen Konstruktion eines soliden Grundsystems für Erdarbeiten über die Jahrzehnte hinweg ein heute sehr universal einsetzbares Geräte entwickelt wurde. War zu Beginn noch der Fokus auf den zu bewegend Massen gelegen sind heute Varianten der Baumaschine in jeglichen Größen und für vielerlei Einsatzgebiet und Untergründe vorhanden. Eine Einschränkung des Gerätes auf Lösen und Laden von Boden bzw. Fels ist heute nicht mehr gegeben. Speziell am Beispiel der Anbaulafette für den Spezialtiefbau ist zu verdeutlichen welche Möglichkeiten die verschiedenen Applikationen und Entwicklungen für den heutigen Baustelleneinsatz bieten. Betrachtete man die nachfolgenden Bilder mit den Anwendungen der Liebherr Anbaulafette zum Bohren von Nägeln, Ankern und Mikropfählen so kann man sich nur schwer vorstellen eine solche ungünstige Position mittels konventioneller Ankerbohrgeräte zu erreichen. Genaueres zur Weiterentwicklung wird im nachfolgenden Kapitel behandelt.



Abbildung 14 Bagger mit Anbaulafette im Einsatz



Abbildung 16 Schreitbagger mit Anbaulafette



Abbildung 15 Bagger mit Anbaulafette im Einsatz

5 Aktuelle Neuerung der Maschinentechnik und Arbeitssicherheit

Ich bin der Meinung, dass im Wandel der Zeit nicht nur der Blick in die Anfänge der Entwicklung der Baumaschinen von Bedeutung ist, sondern gerade die noch junge Vergangenheit jeglicher Neuerungen im Bereich der sicherheitsrelevanten Assistenzsysteme, der Motorententechnologie, sowie der vielfältigen Weiterentwicklung der Anwendungsbereiche, von großer Bedeutung für das Bauwesen ist.

Gerade in der Konfiguration der Geräte hat sich im Laufe der Zeit einiges getan. So können heute Systeme mit den verschiedensten Fahrwerken für die unterschiedlichsten Einsatzgebiete geordert werden. Zu erwähnen ist der konventionelle Raupenbagger für meist schweres Gerät welcher sich vor allem im Gelände zurecht findet. Er kann mit Gummi oder Stahlketten ausgerüstet sein. Das Pendant für beispielsweise den innerstädtischen Bereich ist der Mobilbagger, welcher mit Gummirädern bereift ist. Hier ist vor allem die Flexibilität zu erwähnen. Auch für unwegsames Gelände halten die Baumaschinenhersteller eine Applikation bereit. Wie bereits erläutert kann ein Bagger als Schreitbagger bestellt werden. Zu guter Letzt ist auch der Baggerbetrieb auf Schienengebundenen Wegen möglich. Der sogenannte 2-Wege-Bagger kann sowohl auf Schienen als auch mit Rädern eingesetzt werden.



Abbildung 17 Zweiwegebagger

Neben den verschiedenen Fahrwerken ist auch die Weiterentwicklung im Bereich der Anbaugeräte zu erwähnen. Während die Anzahl der früheren Anbaugeräte überschaubar war kann heutzutage eine Vielzahl an Werkzeugen angebaut werden. Neben den verschiedensten Löffeln (Hochlöffel, Tieföffel, Grabenlöffel, Greifer) angepasst auf die unterschiedlichen Böden (z.B. Felszähne) sind stellvertretend noch folgende Anbaugeräte zu nennen:

- Fräsen
- Bohrschnecken (in verschiedenen Längen)
- Mähvorrichtungen
- Kehreinrichtungen
- Rüttelplatten
- Meisel
- Reißzähne
- Ankerbohrgeräte



Abbildung 18 Zusammenstellung von diversen Anbaugeräten



Zuletzt besteht neben der Variation des Fahrwerkes und der Anbaumechanismen auch die Möglichkeit der Modifikation bzw. Auswahl des Baggerarms. Hier sind die typischen Vertreter:

- Monoblockausleger
- Baggerarm mit Gelenk
- Longfront-Ausleger



Abbildung 19 Monoblockausleger



Abbildung 20 Ausleger mit Gelenk



Abbildung 21 Longfront-Ausleger

Weitere, abgewandelte Systeme sind beispielsweise der Seilbagger, der Teleskopbagger oder auch der Tunnelbagger. Jedoch soll auf diese Systeme an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Es ist zu erahnen welchen Grad der Flexibilisierung und Einsatzvielfältigkeit auf Baustellen durch den Einsatz von Baggern wir heutzutage aufgrund der technologischen Weiterentwicklung erreicht haben. Dennoch ist zu erwähnen, dass bis heute ein Maschinist die jeweilige Maschine bedienen muss. Dementsprechend gibt es auch großen Bedarf an der Verbesserung und Entwicklung von Arbeitssicherheit und Assistenzsystemen, um das Arbeiten auf den Geräten sicherer zu machen und die Anzahl der Unfälle auf unseren Baustellen zu reduzieren.

Auch wenn in dieser Arbeit auf den Geschichtlichen Hintergrund von Großbohrgeräten verzichtet wurde möchte ich trotzdem auf die Neuerungen aus der Industrie eingehen, welche eine Weiterentwicklung in Effizienz und Sicherheit der Maschinen darstellen. Des Weiteren sind die nachfolgenden Aspekte analog auf die Tragraupen und Rüttlertechnologie zu übertragen. Im Bereich der Großbohrgeräte finden sich nur eine Hand voll Hersteller, welche die Technologien erfolgreich ent-, weiterentwickeln und vertreiben. Hier sind zum Beispiel die Firmen Liebherr und Bauer zu nennen. Gemäß [6] ist die Firma Bauer sehr aktiv vor allem bei der Weiterentwicklung sicherheitsrelevanter Themen an den Großgeräten. So wurden bei den neuen Baureihen der Trägergeräte erstmals die Serviceklappen als sogenannten „Schubladen-Serviceklappen“ ausgeführt. Diese Neuerung verhilft den Arbeitern und Monteuren sicheren Stand bei Reparaturarbeiten. Funktionieren tut dies wie eine Schublade indem die Wandung/Verkleidung des Gerätes als Geländer fungiert, nachdem diese mit einer zugehörigen Auftrittsfläche aus dem Oberwaagen seitlich herausgezogen wurde (siehe Abbildung links). Zudem kann der obere Teil der Verkleidung als Klappe nach oben geklappt werden und somit gegen Sonne und Regen schützen.



Abbildung 23 Schubladen-Serviceklappe



Abbildung 22 Absturzsicherungen an Großbohrgeräten

Wer sich bereits auf ein konventionelles Großbohrgerät gewagt hat weiß, dass üblicherweise nur ein schmaler Gitterrost als seitliche Auftrittsfläche dient, um an die Serviceklappen zu gelangen. Ich denke es ist einleuchtend, dass hierbei auf die mangelnde Sicherheit gegenüber einem Absturz etc. nicht extra hingewiesen werden muss.

Eine weitere gängige Neuerung betrifft die Absturzsicherungen auf den Oberwägen der Maschinen. Diese müssen/sollten mit Geländern ausgestattet sein, um einen Absturz des Personals zu vermeiden. Das Betreten des Oberwagens ist beispielsweise beim Aufrüsten bzw. anhängen des Kontergewichts notwendig oder auch beispielsweise beim betanken der Geräte.

Sofern man das Themenfeld der Arbeitssicherheit bei Großbohrgeräten aber auch Hydraulikbaggern behandelt stößt man unweigerlich auch auf die Thematik der Kamera-Monitor-Systeme. Diese sind unterstützende Assistenzsysteme, welche zu Überblick und Überwachung der Gefahrenbereiche von den Hydraulikbaggern/Großgeräten mitwirken sollen. Im Wandel der Zeit lösen diese Systeme zwar einfach Hilfsmittel, wie beispielsweise einen Sicherheitsspiegel nicht ab, haben aber sicherlich eine unterstützende Wirkung. Hintergrund für diese Entwicklungen sind Auswertungen von Statistiken, welche eine nominale Anzahl an schweren Unfällen mit Personenschäden hervorbringen. Hierbei spielt die Sicht des Maschinenführers eine entscheidende Rolle, da meist nicht das gesamte Umfeld der Geräte, aufgrund von beispielsweise dem Kontergewicht oder Ausleger, überblickt werden kann. Gerade bei Schwenkbewegungen oder Rückwärtsfahrten der Geräte sind somit unterstützende Einrichtungen notwendig. Dennoch sollte nicht unerwähnt bleiben, dass auch weiterhin eine aktive Beteiligung des Maschinenführers notwendig ist. Das heißt ein Blick über die Schulter oder ein Drehen des Oberkörpers, um die seitlich einsehbaren Flanken der Maschine zu kontrollieren. Die Relevanz und Annahme der unterstützenden Technik wurde durch ein, von der BG Bau initiiertes Projekt untersucht. Nach [4]

wurden 10 erfahrene Maschinisten mit mobilen Blickmessgeräten ausgestattet und bei deren täglichen Arbeiten begleitet. Die nachfolgende Auswertung zeigt das Ergebnis der zu Hilfe genommenen Informationsquellen beim Rückwärtsfahren, um das Umfeld der Bagger zu kontrollieren.

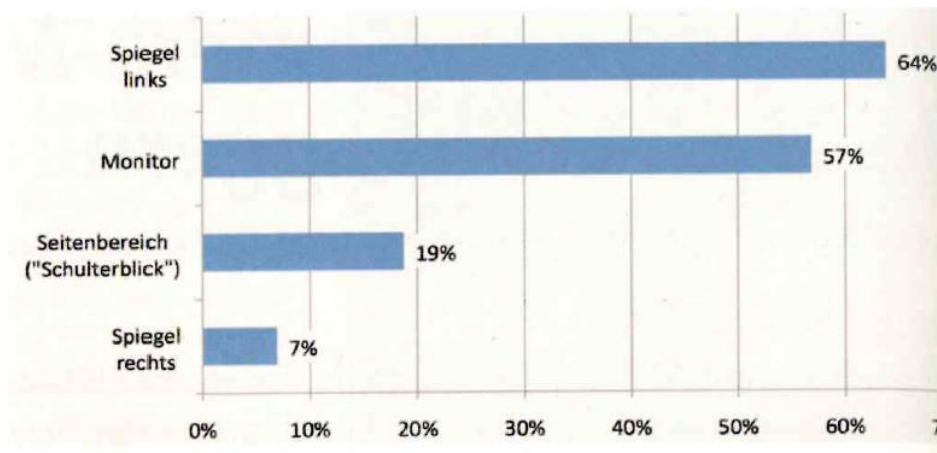


Abbildung 24 Zuhilfenahme von Assistenzsystemen in Bagger bei einer Studie nach [4]

Das Projekt zeigte, dass die Fahrer alle Sichthilfen genutzt haben, jedoch am häufigsten auf den linken Spiegel und den Monitor zurückgegriffen haben. Darüber hinaus wurde ein Experiment zu Schwenkbewegungen mit Baggern gemacht, bei denen ebenfalls Monitor-Systeme zur Verfügung standen. Auch hier kann man aufgrund der Ergebnisse einen hohen Grad der Nutzung der Seitenkameras erkennen. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Maschinisten (Stichprobe!) auf der Suche nach Informationen auf den Assistenzsystemen zurückgreifen und somit ein sichereres Arbeiten ermöglicht werden kann. Somit ist auch für die Zukunft auf die Weiterentwicklung von Assistenzsystemen zu hoffen, um die Zahl der vermeidbaren Arbeitsunfälle zu reduzieren.

6 Ausblick

Betrachtet man den Fortschritt bzw. die Fortschrittsdichte, welche in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten exponentiell zugenommen hat, so sind für die Zukunft weitere aussichtsreiche Neuerungen zu erwarten. Gerade im Bereich der Digitalisierung und Visualisierung der Gerätetechnik wird viel geforscht und entwickelt. Des Weiteren ist ein sehr wichtiger Aspekt im Bauwesen die Dokumentation und Nachweisbringung, sei es bezüglich der Vermessung oder aus baubetrieblicher Sicht zugunsten der Abrechnung. Gerade in diesen Bereichen kann der technische Fortschritt eine Erleichterung bringen und zu größerer Transparenz verhelfen. Beispielsweise können Bagger mit Messtechnik ausgerüstet werden, sodass exakte Aushubtiefen aus der Fahrerkabine erkannt werden können oder auch die Aushubmassen über GPS-gesteuerte Technik digital erfasst und über Zahlen und Pläne ausgewertet werden kann. Nichts desto trotz sind auch die aktuellen Entwicklungen zu verschärfen. Gerade die ökologischen Aspekte spielen heute und werden zukünftig noch größerer Bedeutung zugeordnet. Es gilt vor allem den Kraftstoffverbrauch bei gleicher Leistung zu reduzieren bzw. ähnlich den Gedanken der Autoindustrie langfristig anderweitige Antriebstechniken zu entwickeln und etablieren. Genauso müssen die jüngsten Entwicklungen im Bereich der Assistenzsysteme und andere Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit fortgeführt werden. Ziele sollte es denke ich sein die Anzahl an vermeidbaren Unfällen gegen null zu bekommen. In diesem Zusammenhang gilt es die Entwicklung der optischen und akustischen Assistenzen zu überholen und weiterhin verlässliche „Not-aus-assistenzen“ zu entwickeln. Gerade die Tatsache der Urbanisierung und der Ausbau der Ballungszentren bringt eine Vielzahl enger, unübersichtlicher und innerstädtischer Baustellen und Maßnahmen mit sich bei denen die Herausforderung der Koordination von Großgeräten und einer großen Anzahl an Arbeitern auf engstem Raum darstellt.

So gesehen lässt die Entwicklung trotz der mächtigen Fortschritte der letzten Jahre weitere große Spielräume für Neu- und Weiterentwicklungen der Maschinentechnik für die verschiedenen Zielsetzungen offen.

7. Literaturverzeichnis

- [1] „<http://www.erstes-deutsches-baumaschinenmuseum.de/html/geschichte.html>“, aufgerufen am 05.04.2018
- [2] „<http://www.baggerfahren.com/geschichte-baggers/>“, aufgerufen am 05.04.2018
- [3] <http://www.kellergrundbau.de/de/geschichte-und-tradition.html>, abgerufen am 04.04.2018
- [4] M. Sc. Markus Koppenborg, Dr. Peter Nickel, Dr. Michael Huelke, Dipl.-Ing. (FH) Andy Lungfiel, Sankt Augustin (2016): *Nutzung von Kamera-Monitor-Systemen bei Hydraulikbaggern*. In: BauPortal, 2016, Heftnummer 3, S.35-37
- [5] Dipl.-Ing. Ramona Bischof (2016): *EuroTest-Preis 2016*. In: BauPortal, 2016, Heftnummer 4, S.14-17
- [6] Prof. Dr.-Ing. Sebastian Bauer, Dipl.-Ing. (FH) Bruno Unger, Dr. Ing. Andreas Ziegler (2016): *Anpassungsfähige Spezialtiefbaugeräte für unterschiedliche Verfahren*. In: BauPortal, 2016, Heftnummer 5, S.53-59
- [7] Dr. Reinhold Rühl, Dipl.-Ing. (FH) Corinne Ziegler (2016): *Baumaschinen sicher und rechtssicher einsetzen*. In: BauPortal, 2016, Heftnummer 7, S.18-19
- [8] *Mitteilungen aus der Industrie. Erdbaumaschinen*. In: BauPortal, 2017, Heftnummer 3, S.16-17
- [9] *Mitteilungen aus der Industrie. Baumaschinentechnik (Bagger, Lader)*. In: BauPortal, 2017, Heftnummer 7, S.29-31
- [10] Dipl.-Ing. Volker Münch: *Unfallgeschehen und sicherer Betrieb von Schnellwechseleinrichtungen*. In: BauPortal, 2017, Heftnummer 7, S.28
- [11] Dipl.-Ing. Volker Münch: *Schnellwechseleinrichtungen – Wechsel mit Risiken*. In: BauPortal, 2018, Heftnummer 3, S.61-66
- [12] Keller Grundbau GmbH: „Die Tiefenrüttelverfahren“; Prospekt 10-02D
- [13] Keller Grundbau GmbH
- [14] <https://www.liebherr.com/de/deu/%C3%BCber-liebherr/historie/1949-1960.html>, aufgerufen am 03.06.2018