

# MASTERARBEIT



## LEISTUNGSERMITTLUNG VON MASCHINEN UND GERÄTEN IM BAUBETRIEB

Nikolaos Kalogeropoulos, BSc

Vorgelegt am  
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft  
Projektentwicklung und Projektmanagement

Betreuer  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck

Mitbetreuender Assistent  
Dipl.-Ing. Wolfgang Lang

Graz am 9. März 2010



### Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der eingereichten elektronischen Version.

Graz, am 09.03.2010

\_\_\_\_\_

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck und Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang Lang.

Besonderer Dank geht an meine Familie, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützte.

Graz, am 09.03.2010

---

## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit unterschiedlichen Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Leistungskennwerten ausgewählter Maschinen und Geräten im Baubetrieb. Grund dafür ist, dass diese Leistungsermittlung in der Österreichischen Norm nicht hinreichend geregelt ist, sodass in der Vergangenheit nur Dank Publikationen einzelner Verfasser die Lösungsansätze weiterentwickelt worden sind. Diese unterschiedlichen Ansätze von verschiedenen Autoren werden in dieser Arbeit untersucht und mit Hilfe von Beispielen verglichen.

## Abstract

This thesis studies different methods of calculation to determine performance key data of selected machines and equipment for structural engineering. The reason behind is that this performance evaluation is not sufficient regulated in the Austrian standard so that solely due to publications of individual authors in the past approaches have been refined. This work examines and compares these different approaches from sundry authors with the assistance of examples.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Definition von Baumaschinen und Baugeräten .....	3
2.2	Definition von Zeit- und Kostenbegriffen .....	4
2.2.1	Lebensdauer .....	4
2.2.2	Nutzungsdauer .....	4
2.2.3	Vorhaltezeit .....	4
2.2.4	Stilliegezeit .....	4
2.2.5	Reparaturzeit .....	5
2.2.6	Einsatzzeit .....	5
2.2.7	Betriebszeit .....	5
2.2.8	Kalkulatorische Abschreibung .....	5
2.2.9	Kalkulatorische Verzinsung .....	6
2.2.10	Reparaturkosten .....	6
<b>3</b>	<b>Gerätekosten</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Leistungsermittlung</b>	<b>11</b>
4.1	Definition .....	11
4.2	Zweck der Leistungsermittlung .....	11
4.3	Bestimmung von Leistungswerten .....	12
4.3.1	Grenzen der Bestimmbarkeit .....	13
4.4	Leistung von Produktions- und Arbeitsketten .....	14
4.5	Berechnungsverfahren für Leistungswerte .....	15
<b>5</b>	<b>Leistungsermittlung nach verschiedenen Quellen</b>	<b>20</b>
5.1	Berechnungsmethodik auf der TU Graz .....	20
5.2	Berechnungsmethodik auf der TU Wien .....	21
5.3	Berechnungsmethodik auf der UNI Innsbruck .....	22
5.4	Berechnungsmethodik nach Girmscheid .....	24
5.5	Berechnungsmethodik nach Hoffmann .....	26
5.6	Berechnungsmethodik nach Hüster .....	31
5.7	Vergleich der Leistungsbegriffe .....	33
5.7.1	Ablauf TU Graz .....	33
5.7.2	Ablauf TU Wien .....	34
5.7.3	Ablauf UNI Innsbruck .....	35
5.7.4	Ablauf Girmscheid .....	35
5.7.5	Ablauf Hoffman .....	36
5.7.6	Ablauf Hüster .....	36
<b>6</b>	<b>Erdbaugeräte</b>	<b>39</b>
6.1	Allgemeines .....	39
6.2	Einteilung der Erdbaugeräte .....	42
6.2.1	Standbagger (Universalbagger) .....	42
6.2.2	Fahrbagger (Lader) .....	44
6.2.3	Flachbagger .....	45
6.3	Hydraulikbagger .....	46
6.3.1	Einteilung .....	47
6.3.2	Aufbau/ Konstruktion .....	48
6.3.3	Arbeitsweise .....	49

6.3.4	Arbeitsausrüstung .....	50
6.3.5	Reichweitendiagramme (Grabkurven) .....	52
6.3.6	Kräfte am Tieflöffel .....	53
6.3.7	Kräfte am Hochlöffel.....	53
6.3.8	Systemgerechte Einsatzgestaltung bei Hydraulikbaggern .....	54
6.4	Planierraupe .....	56
6.4.1	Einteilung .....	57
6.4.2	Aufbau/ Konstruktion .....	57
6.4.3	Arbeitsweise .....	59
6.4.4	Arbeitsausrüstung .....	60
<b>7</b>	<b>Leistungsermittlung eines Hydraulikbaggers</b>	<b>64</b>
7.1	Berechnung nach TU Graz .....	64
7.1.1	Technische Grundleistung $Q_T$ : .....	64
7.1.2	Technische Nutzleistung $Q_N$ : .....	70
7.2	Berechnung nach TU Wien .....	75
7.3	Berechnung nach UNI Innsbruck .....	77
7.4	Berechnung nach Girmscheid .....	82
7.5	Berechnung nach Hoffmann .....	91
7.6	Berechnung nach Hüster .....	93
7.7	Einflussfaktoren auf den Hydraulikbagger .....	100
<b>8</b>	<b>Leistungsermittlung einer Planierraupe</b>	<b>102</b>
8.1	Berechnung nach TU Graz .....	102
8.2	Berechnung nach TU Wien .....	107
8.3	Berechnung nach UNI Innsbruck .....	109
8.4	Berechnung nach Girmscheid .....	111
8.5	Berechnung nach Hoffmann .....	118
8.6	Berechnung nach Hüster .....	120
8.7	Einflussfaktoren für die Planierraupe .....	128
<b>9</b>	<b>Beispiele</b>	<b>130</b>
9.1	Einsatz Planierraupe .....	130
9.1.1	Berechnung nach TU Graz .....	133
9.1.2	Berechnung nach UNI Innsbruck .....	134
9.1.3	Berechnung nach Girmscheid .....	135
9.1.4	Berechnung nach Hoffmann .....	137
9.1.5	Berechnung nach Hüster .....	138
9.2	Einsatz Hydraulikbagger .....	140
9.2.1	Berechnung nach TU Graz .....	143
9.2.2	Berechnung nach TU Wien .....	145
9.2.3	Berechnung nach UNI Innsbruck .....	146
9.2.4	Berechnung nach Girmscheid .....	147
9.2.5	Berechnung nach Hoffmann .....	148
9.2.6	Berechnung nach Hüster .....	149
<b>10</b>	<b>Auswertung der Beispiele</b>	<b>152</b>
10.1	Planierraupe .....	152
10.2	Hydraulikbagger .....	154
10.3	Gerätekosten und Preisermittlung .....	155
10.4	Zusammenfassung .....	156
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>161</b>

<b>12</b>	<b>Linkverzeichnis</b>	<b>163</b>
<b>13</b>	<b>Anhang</b>	<b>164</b>

## Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1	Zeitbegriffe der BGL .....	6
Bild 2.2	Zeitbegriffe für Baugeräte und -bewertung .....	7
Bild 3.1	Auszug aus der ÖBGL.....	9
Bild 3.2	Formblatt K6 .....	9
Bild 3.3	Formblatt K6 E .....	10
Bild 4.1	Leistungsverlauf während der Vorhaltezeit.....	17
Bild 4.2	Arbeitsspiel eines Hydraulikbaggers .....	19
Bild 5.1	Nutzleistungsfaktor $f_E$ .....	28
Bild 5.2	Einflüsse auf die Leistung 1/2 .....	29
Bild 5.3	Einflüsse auf die Leistung 2/2 .....	30
Bild 5.4	Vergleich der Leistungsdefinitionen.....	37
Bild 6.1	Einsatzbereiche verschiedener Erdbaugeräte.....	39
Bild 6.2	Arbeitsweise – in Reihe .....	41
Bild 6.3	Arbeitsweise- parallel .....	41
Bild 6.4	Arbeitsweise- kombiniert .....	41
Bild 6.5	Klassifikation der Erdbaugeräte.....	42
Bild 6.6	Einteilung Standbagger .....	44
Bild 6.7	Hydraulikbagger EC 460 C der Firma Volvo im Arbeitseinsatz .....	46
Bild 6.8	Baugrößen der Hydraulikbagger .....	47
Bild 6.9	Aufbau Hydraulikbagger.....	48
Bild 6.10	Hydraulikbagger mit Monoblock- bzw. Verstellausleger .....	49
Bild 6.11	Verschiedene Grabgefäße (Löffel) und Spitzen (Zähne).....	51
Bild 6.12	Anbauwerkzeuge für den Hydraulikbagger.....	52
Bild 6.13	Grabkurve.....	52
Bild 6.14	Kräfte am Tieflöffel .....	53
Bild 6.15	Kräfte am Hochlöffel.....	54
Bild 6.16	Ideale Ladestellung des Transportfahrzeuges.....	55
Bild 6.17	Planierraupe 950J der Firma John Deere im Arbeitseinsatz .....	56
Bild 6.18	Baugrößen von Planierraupen.....	57
Bild 6.19	Bauteile einer Planierraupe .....	58
Bild 6.20	Nomogramm zur Ermittlung der Reißleistung.....	60
Bild 6.21	Reißvorrichtungen .....	61
Bild 6.22	Schildtypen.....	62
Bild 6.23	Außen- und innenliegender Schubrahmen .....	63
Bild 6.24	Mögliche Bewegungen des Schildes.....	63
Bild 7.1	Tieflöffelinhalt nach CECE/DIN ISO 7546 .....	65
Bild 7.2	Tieflöffelinhalt nach SAE- Norm .....	66

Bild 7.3	Spielzahl bei verschiedenen Bodenklassen nach DIN 18300, Tieflöffelausrüstung .....	67
Bild 7.4	Spielzahl bei verschiedenen Bodenklassen nach DIN 18300, Klappschaufelausrüstung .....	67
Bild 7.5	Füllungsfaktor $f_F$ für Hydraulikbagger .....	68
Bild 7.6	Auflockerungsfaktoren $f_S$ Teil 1/2 .....	69
Bild 7.7	Auflockerungsfaktoren $f_S$ Teil 2/2 .....	70
Bild 7.8	Schwenkwinkelfaktor $f_{E11}$ .....	71
Bild 7.9	Abbautiefenfaktor $f_{E12}$ für $0,5 \text{ m}^3 \leq V_N \leq 1,0 \text{ m}^3$ .....	71
Bild 7.10	Einsatzartenfaktor $f_{E13}$ .....	72
Bild 7.11	Entleerungsfaktor $f_{E14}$ .....	72
Bild 7.12	Volumenverhältnissfaktor $f_{E21}$ .....	72
Bild 7.13	Personen- und Maschinenfaktor .....	73
Bild 7.14	Nomogramm zur Leistungsermittlung von Hydraulikbagger mit Tieflöffelausrüstung von der Firma O&K .....	74
Bild 7.15	Auflockerungsfaktor $f_A$ .....	75
Bild 7.16	verschiedene Bodenkennwerte .....	76
Bild 7.17	Füllungsgrad $f_F$ .....	76
Bild 7.18	SAE-Inhalt .....	77
Bild 7.19	Spielzeiten von Baggern mit Tief- und Hochlöffelausrüstung .....	78
Bild 7.20	Lagerungsdichte, Auflockerung und Schüttdichte für verschiedene Bodenarten .....	79
Bild 7.21	Werte (Mittelwerte) für den Füllfaktor $\varphi$ .....	79
Bild 7.22	Werte für den Abbau- bzw. Grabtiefenfaktor $f_2$ .....	80
Bild 7.23	Werte für den Bedienungsfaktor $\eta_1$ .....	81
Bild 7.24	Werte für den Betriebsfaktor $\eta_2$ .....	81
Bild 7.25	Werte für den Geräteausnutzungsgrad $\eta_G$ .....	82
Bild 7.26	Tieflöffelinhalt SAE- Norm .....	83
Bild 7.27	Hochlöffel und Ladeschaufel nach CECE und SAE- Norm .....	84
Bild 7.28	Spielzeit $t_S$ , DIN 18300, Tieflöffel .....	85
Bild 7.29	Spielzeit $t_S$ , DIN 18300, Hochlöffel, Klappschaufel .....	85
Bild 7.30	Schüttdichte $\rho_s$ und Lösefaktor $\alpha$ .....	86
Bild 7.31	Füllfaktor $\varphi$ , Tieflöffel .....	87
Bild 7.32	Füllfaktor $\varphi$ , Hochlöffel und Klappschaufel .....	87
Bild 7.33	Optimale Wandhöhe .....	88
Bild 7.34	Abbau-/ Grabtiefenfaktor $f_1$ .....	89
Bild 7.35	Schwenkwinkeleinfluss $f_2$ .....	89
Bild 7.36	Entleerungsgenauigkeitsfaktor $f_3$ .....	90
Bild 7.37	Spielzahl $n$ [1/h] .....	92
Bild 7.38	Schwenkwinkelfaktor $f_1$ .....	92
Bild 7.39	Entleerungsfaktor $f_4$ .....	92
Bild 7.40	Einsatzartenfaktor $f_4$ .....	93

Bild 7.41	Nutzleistungsfaktor $f_E$ .....	93
Bild 7.42	Bodenarten und Bezugnahme zur DIN 18300 .....	94
Bild 7.43	Grundspielzeit $T_0$ , Tieflöffel .....	95
Bild 7.44	Grundspielzeit $T_0$ , Hochlöffel, Ladeschaufel und Klappschaufel .....	95
Bild 7.45	Auflockerungsfaktor $f_A$ .....	96
Bild 7.46	Füllungsfaktor $f_F$ .....	96
Bild 7.47	Ablaufbedingte Unterbrechung $t_a$ infolge Fahrzeugwechsel .....	97
Bild 7.48	Zuschlag auf die Spielzeit infolge Schwenkwinkel .....	98
Bild 7.49	Zuschlag auf die Spielzeit infolge Abgrabungshöhen und -tiefen .....	98
Bild 7.50	Zuschlag auf die Spielzeit infolge Auslegerlänge .....	98
Bild 7.51	Zuschlag auf die Spielzeit infolge Entleerung .....	98
Bild 7.52	Anhaltswerte $f$ für die Nutzleistung $Q_N$ [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] von Hydraulik-Hochlöffelbaggern bei normalen, üblichen, guten bis mäßigen Betriebsbedingungen .....	99
Bild 7.53	Abminderungsfaktor $f_x$ für Bagger .....	99
Bild 10.6	Einflussfaktoren Hydraulikbagger .....	100
Bild 8.1	Schildfüllung nach SAE .....	103
Bild 8.2	Spielzahl in $1/h$ .....	103
Bild 8.3	Schildfaktor $f_S$ .....	104
Bild 8.4	Füllungsfaktor $f_F$ für Planierraupen .....	104
Bild 8.5	Baustellenfaktor $f_{E1}$ .....	105
Bild 8.6	Personen- und Maschinenfaktor .....	105
Bild 8.7	Nomogramm zur Planierraupen- Leistungsabschätzung .....	106
Bild 8.8	Faktoren für Schieben im Gefälle oder an Steigungen .....	107
Bild 8.9	Leistungsdiagramm für Liebherr Schubaupen mit Semi-U- Schild ..	108
Bild 8.10	Korrekturfaktoren für Planierraupeneinsätze .....	108
Bild 8.11	Theoretische Leistung $Q_B$ einer Planierraupe beim Abschieben in $\text{Im}^3$	109
Bild 8.12	Werte für den Steigungsfaktor $f_S$ .....	110
Bild 8.13	Grundschiebleistung von Planierraupen .....	113
Bild 8.14	Steigungsfaktor $f_3(\beta)$ .....	115
Bild 8.15	Leistungsdiagramm $Q_0$ .....	115
Bild 8.16	Förderleistungsdiagramm für (Sraper), Rad- und Raupenplaniergeräte	117
Bild 8.17	Schildfüllung $V_R$ .....	118
Bild 8.18	Spielzahl $n$ [ $1/h$ ] .....	118
Bild 8.19	Berücksichtigung der Schildform $f_1$ .....	118
Bild 8.20	Berücksichtigung der Neigung des Schürf- und Förderweges $f_2$ .....	119
Bild 8.21	Nutzleistungsfaktor $f_E$ .....	119
Bild 8.22	Nomogramm zur Leistungsabschätzung .....	120
Bild 8.23	Grundspielzeit $T_0$ für Planierraupen beim Lösen und Transportieren	122
Bild 8.24	Füllungsfaktor $f_F$ für Planierschilde .....	122
Bild 8.25	Schildbeiwert $f_S$ .....	123

Bild 8.26	Zuschlag für verschiedene Geländeneigungen $p_N$ .....	124
Bild 8.27	Anhaltswerte für die Nutzleistung von Planiertrauben beim Lösen und Transportieren unter mittleren Betriebsbedingungen .....	124
Bild 8.28	Grundspielzeit $T_0$ von Planiertrauben beim Einbauen und Planieren	126
Bild 8.29	Anhaltswerte für die Nutzleistung von Planiertrauben beim Verteilen und Planieren unter mittleren Betriebsbedingungen.....	127
Bild 10.5	Einflussfaktoren Planiertraube.....	128
Bild 9.1	Baufeld, Mutterbodenabtrag .....	131
Bild 9.2	Planiertraube PR 714 LGP Litronic der Firma Liebherr .....	131
Bild 9.3	Datenblatt für Planiertraube PR 714 LGP Litronic der Firma Liebherr	132
Bild 9.4	Ermittlung der Leistung mit Nomogramm .....	134
Bild 9.5	Nomogramm zur Ermittlung der Leistung .....	138
Bild 9.6	Diagramm zur Leistungsabschätzung .....	140
Bild 9.7	Hydraulikbagger R 934 C der Firma Liebherr.....	141
Bild 9.8	Grabkurve Hydraulikbagger R 934 C .....	141
Bild 9.9	Datenblatt Hydraulikbagger R 934 C der Firma Liebherr.....	142
Bild 9.10	Nomogramm zur Leistungsermittlung.....	144
Bild 9.11	Diagramm zur Ermittlung der Leistung .....	150
Bild 10.1	Technische Nutzleistung Planiertraube .....	152
Bild 10.2	Technische Nutzleistung bezogen auf TU Graz .....	153
Bild 10.3	Technische Nutzleistung Hydraulikbagger .....	154
Bild 10.4	Technische Nutzleistung bezogen auf TU Graz .....	155

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.1	Unterschiedliche Bezeichnungen Girmscheid - TU Graz.....	26
Tabelle 9.1	Technische Grundleistung nach TU Graz.....	133
Tabelle 9.2	Technische Nutzleistung nach TU Graz .....	133
Tabelle 9.3	Dauerleistung nach UNI Innsbruck.....	134
Tabelle 9.4	Technische Nutzleistung nach Girmscheid.....	135
Tabelle 9.5	Technische Nutzleistung nach Girmscheid Alternative A .....	136
Tabelle 9.6	Grundleistung nach Hoffmann.....	137
Tabelle 9.7	Nutzleistung nach Hoffmann .....	137
Tabelle 9.8	Grundleistung nach Hüster .....	138
Tabelle 9.9	Nutzleistung nach Hüster .....	139
Tabelle 9.10	Technische Grundleistung TU Graz .....	143
Tabelle 9.11	Technische Nutzleistung nach TU Graz .....	143
Tabelle 9.12	Nutzleistung nach TU Wien.....	145
Tabelle 9.13	Dauerleistung nach UNI Innsbruck.....	146
Tabelle 9.14	Technische Nutzleistung nach Girmscheid.....	147
Tabelle 9.15	Grundleistung nach Hoffmann.....	148
Tabelle 9.16	Nutzleistung nach Hoffmann .....	148
Tabelle 9.17	Grundleistung nach Hüster.....	149
Tabelle 9.18	Nutzleistung nach Hüster .....	149
Tabelle 10.1	Ergebnis Planierraupe .....	152
Tabelle 10.2	Ergebnis Hydraulikbagger .....	154
Tabelle 13.1	Formblatt K6 E, Planierraupe Max. Nutzleistung.....	164
Tabelle 13.2	Formblatt K7, Planierraupe Max. Nutzleistung .....	165
Tabelle 13.3	Formblatt K6 E, Planierraupe Min. Nutzleistung.....	166
Tabelle 13.4	Formblatt K7, Planierraupe Min. Nutzleistung .....	167
Tabelle 13.5	Formblatt K6 E, Hydraulikbagger Max. Nutzleistung .....	168
Tabelle 13.6	Formblatt K7, Hydraulikbagger Max. Nutzleistung .....	169
Tabelle 13.7	Formblatt K6 E, Hydraulikbagger Min. Nutzleistung .....	170
Tabelle 13.8	Formblatt K7, Hydraulikbagger Min. Nutzleistung .....	171

## Abkürzungsverzeichnis

BGL	Baugeräteliste (Deutschland)
CECE	Committee for European Construction Equipment (legt in Europa Gerätenormen fest)
DIN	Deutsches Institut für Normung
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
ÖBGL	Österreichische Baugeräteliste
SAE	Society of Automotive Engineers (legt in den USA Gerätenormen fest)

## 1 Einleitung und Problemstellung

In den vergangenen Jahrzehnten hat die technische Weiterentwicklung im modernen Baubetrieb einen immer umfangreicheren Einsatz von Maschinen und Geräten gefordert. Der optimale Einsatz dieser Geräte und Maschinen hat direkten Einfluss auf die Bauleistung und ist somit für den wirtschaftlichen Erfolg einer Baumaßnahme verantwortlich. Im heutigen Baubetrieb nehmen die Gerätekosten einen bedeutenden Anteil der Herstellungskosten ein. Die Gerätekosten hängen wiederum wesentlich von den Geräteleistungen ab. Daher ist auf einen angepassten Geräteinsatz besonderer Wert zu legen, wobei diese Einsatzmöglichkeiten mit technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen einhergehen. Damit die Gerätekosten möglichst niedrig bleiben, müssen die Leistungen der zum Einsatz kommenden Maschinen und Geräte richtig kalkuliert werden und über den gesamten Bauablauf – von der Planung bis zur Kontrolle – betrachtet werden.

Die Leistung von Maschinen und Geräten im Baubetrieb hängt von nachstehenden Faktoren ab, die in den nachfolgenden Ausführungen ausführlich erläutert werden:<sup>1</sup>

- ◆ *von der Maschine selbst*  
z.B. Größe, Antriebsleistung, Einsatzgewicht, Störanfälligkeit, Arbeitseinrichtungen, Maschinenzustand
- ◆ *von dem zu bearbeitenden Material*  
z.B. Gewicht, Dichte, Verdichtung des zu bearbeitenden Bodens
- ◆ *vom Bedienungspersonal*  
z.B. Erfahrung, Motivation, Qualifikation, Leistungsfähigkeit des Geräteführers
- ◆ *von den Einsatzbedingungen der Baustelle*  
z.B. Behinderung durch bestehende Platzverhältnisse, hohe erforderliche Arbeitsgenauigkeit
- ◆ *von der Betriebsorganisation der Baustelle*  
z. B. richtig abgestimmte Prozesskette
- ◆ *von den Witterungsverhältnissen*  
z.B. Sichtverhältnisse, Temperatur, Jahreszeit, Einstellung des Baubetriebs

---

<sup>1</sup> Vgl. SCHEUER, CH.: Diplomarbeit: Zur Leistungsermittlung von Maschinen und Geräten im Baubetrieb; S. 0.3

Aus den eben erwähnten Aufzählungen kann daher folglich festgehalten werden, dass bei der Leistungsermittlung **humane, organisatorische, technische** und **umweltbedingte** Faktoren eine Rolle spielen.

Die Problemstellung in Bezug auf die Leistungsermittlung von Maschinen und Geräten im Baubetrieb formuliert Hüster in seinem Buch „Leistungsberechnung der Baumaschinen“ sehr treffend: *„In den wenigen Veröffentlichungen über dieses Thema werden zudem verschiedene Definitionen und Formelzeichen nach wie vor widersprüchlich angewendet, so daß es mitunter nur mit erheblichen Unsicherheiten gelingt, mehrere Publikationen zur Lösung eines Problems vergleichend heranzuziehen.“*<sup>2</sup>

Diese Arbeit soll demnach einen Überblick bieten, auf welche Art und in welchem Ausmaß sich einzelne Autoren mit der Fragestellung der Leistungsermittlung beschäftigt haben. Anschließend werden die Erkenntnisse der Autoren in 2 Beispielen miteinander verglichen.

Folgende Literaturquellen werden für eine genaue Untersuchung herangezogen: Die Skripten der drei österreichischen Bauingenieur fakultäten

- TU Graz (Heck, D: „Baubetriebslehre“)
- TU Wien (Jodl, H: „Bauverfahrenstechnik“)
- UNI Innsbruck (Purrer, W: „Baubetrieb und Bauwirtschaft“)

sowie adäquate Publikationen nachstehender anerkannter Autoren

- Gerhard Girmscheid:  
„Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse“
- Felix Hüster:  
„Leistungsberechnung für Baumaschinen“
- Manfred Hoffmann  
„Zahlentafeln für den Baubetrieb“

---

<sup>2</sup> HÜSTER, F.: Leistungsberechnung der Baumaschinen; S. V

## 2 Allgemeine Grundlagen

### 2.1 Definition von Baumaschinen und Baugeräten

Eine eindeutige Definition bzw. eine klare Abgrenzung der bei den Begriffen ist in der Literatur nicht auszumachen.

Eine mögliche Definition ist von Raaber<sup>3</sup> formuliert worden:

*„Unter Baugeräten sollen Hilfsmittel verstanden werden, die durch ihren Einsatz auf der Baustelle menschliche Arbeitsleistung erleichtern oder ersetzen ohne selbst in das Bauwerk einzugehen. Sie zeichnen sich in der Regel durch Entstehung außerhalb der Baustelle und Wertverzehr über mehrere Abrechnungsperioden aus. Unter den Baugeräten werden Baumaschinen jene genannt, die mit einem Antriebsmotor ausgestattet sind und die befähigt sind, eine Produktionsleistung zu vollbringen.“*

Baugerät

Baumaschine

Bei manchen Definitionen ist keine strikte Trennung der zwei Begriffe mehr vorhanden. So ist in der Enzyklopädie Wikipedia<sup>4</sup> zu lesen:

*„Baumaschinen, auch als Baugeräte oder Baufahrzeuge bezeichnet, sind stationäre, semimobile oder mobile Maschinen, die meistens verbrennungs- oder elektromotorische Antriebe besitzen und mit denen in der Regel Baustoffe und Bauhilfsstoffe transportiert oder im Sinne des Baufortschrittes verändert werden.“*

Eine Auflistung der im Baubetrieb üblichen Geräte findet sich in der Österreichischen Baugeräteliste (ÖBGL), die von der Vereinigung industrieller Bauunternehmungen Österreichs (VIBÖ) herausgegeben wird.

ÖBGL

<sup>3</sup> RAABER, N.: Vorlesungsskriptum Baugerätekunde WS 1995/96; S. 1.2.

<sup>4</sup> www.wikipedia.at, Datum des Zugriffs 25.12.2009, 11.23 Uhr

## 2.2 Definition von Zeit- und Kostenbegriffen

Zur Ermittlung der Gerätekosten, die einen wesentlichen Anteil an den Gesamtbaukosten bilden, sind eine Reihe von Zeit- und Kostenbegriffen notwendig.

Folgende Zeitbegriffe sind für den Geräteeinsatz und die Gerätebewertung, unter anderem in der ÖBGL 1996, definiert:

### 2.2.1 Lebensdauer

Zeitbegriffe

Ist die Zeitspanne zwischen Beschaffung und Ausmusterung des Gerätes.

### 2.2.2 Nutzungsdauer

Ist die Zeitspanne, in der das Gerät erfahrungsgemäß wirtschaftlich eingesetzt werden kann, ausgedrückt in Nutzungsjahren.

### 2.2.3 Vorhaltezeit

Ist die Zeitspanne, in der ein Gerät einer Baustelle zur Verfügung steht und anderweitig nicht darüber verfügt werden kann. Sie beinhaltet die Lade- und Transportzeiten, die Auf- und Abbauphase, die Umrüstungs- und Umsetzzeiten, die Stilliegezeit auf der Baustelle infolge höherer Gewalt, die Wartungs- und Pflegezeit, die Reparaturzeit auf der Baustelle und die Einsatzzeit. Sie beginnt mit der Verladung für den Transport und endet mit der Freimeldung bzw. mit dem Abladen auf dem Bauhof.

### 2.2.4 Stilliegezeit

Ist die Zeitspanne, in der das Baugerät aus Gründen, die der Gerätebenutzer nicht zu vertreten hat, für mehr als zwei Wochen ohne Unterbrechung stillgelegt wird und vereinbarungsgemäß auf der Baustelle bleibt. Stilliegezeiten von weniger als zwei Wochen sind daher als Vorhaltezeit zu werten.

### 2.2.5 Reparaturzeit

Ist die Zeitspanne für die Vorbereitung und Durchführung von Reparaturen am Gerät auf der Baustelle und in Reparaturwerkstätten zur Erhaltung und Wiederherstellung der Einsatzfähigkeit einschließlich unvermeidbarer Wartezeiten auf Ersatzteile.

Zwei weitere Zeitbegriffe sind für die Leistungsermittlung von wichtiger Bedeutung.

### 2.2.6 Einsatzzeit

Sie ist jene Zeit, in der das Gerät zur Durchführung einer Leistung eingesetzt ist. Sie umfasst die Vorbereitung und Abschluss der Arbeiten, die baubetrieblich bedingten Wartezeiten, die Verteil- und Verlustzeiten und die reine Betriebszeit.

Die Einsatzzeit ist damit jene Zeit, in der das Gerät aus betrieblichen Gründen mit einem Geräteführer besetzt sein muss, einschließlich dessen kurzen persönlichen Pausen (WC, Zigarettenpause, usw.).

### 2.2.7 Betriebszeit

Sie ist jene Zeit, in der das Gerät eine vorgesehene Arbeit durchführt, einschließlich der Umsetzzeiten innerhalb des Arbeitsbereichs.

Des Weiteren sind in der Ö BGL 1 996 nachstehende Kostenbegriffe erläutert.

### 2.2.8 Kalkulatorische Abschreibung

Kostenbegriffe

Die kalkulatorische Abschreibung erfasst die Wertminderung eines Baugerätes infolge Verschleiß und/oder technischer Überalterung. Der Werteverzehr durch die Erstellung von Bauleistungen muss im Laufe der Nutzungsdauer eines Gerätes erwirtschaftet werden, um bei der Aussortierung des Gerätes ein neues, technisch und leistungsmäßig gleichwertiges Gerät anschaffen zu können. Die kalkulatorische Abschreibung wird in der Kalkulation linear in periodisch gleichen Beträgen angesetzt (€/Vorhaltemonat) und bezieht sich auf den mittleren Neuwert.

## 2.2.9 Kalkulatorische Verzinsung

Unter der kalkulatorischen Verzinsung versteht man Beträge, die sich durch rekursiver Verzinsung des im Baugerät investierten, kalkulatorisch noch nicht abgeschriebenene Kapitales ergeben. Diese Verzinsung wird als Mittelwert über die gesamte Abschreibung, also für das halbe Investitionskapital angesetzt, wobei von einem Zinsfuß von 6,5% pro Jahr und einer Zeiteinheit von einem Verhaltemonat ausgegangen wird.

## 2.2.10 Reparaturkosten

Die Reparaturkosten sind Aufwendungen zur Erhaltung und Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft der Baugeräte, ausgenommen Wartung und Pflege. Das gilt sowohl für den Einsatzort, als auch für die Reparatur in eigenen und fremden Werkstätten. Die Kostenanteile für Lohn und Stoff betragen jeweils 50%.

Hoffmann bietet eine, von der deutschen BGL übernommene, Darstellung der Zeitbegriffe an.



Bild 2.1 Zeitbegriffe der BGL<sup>5</sup>

<sup>5</sup> HOFFMANN, M.: Zahlentafeln für den Baubetrieb, S. 859.

Eine ähnliche Darstellung der Zeitbegriffe ist auch bei Girmscheid zu finden.

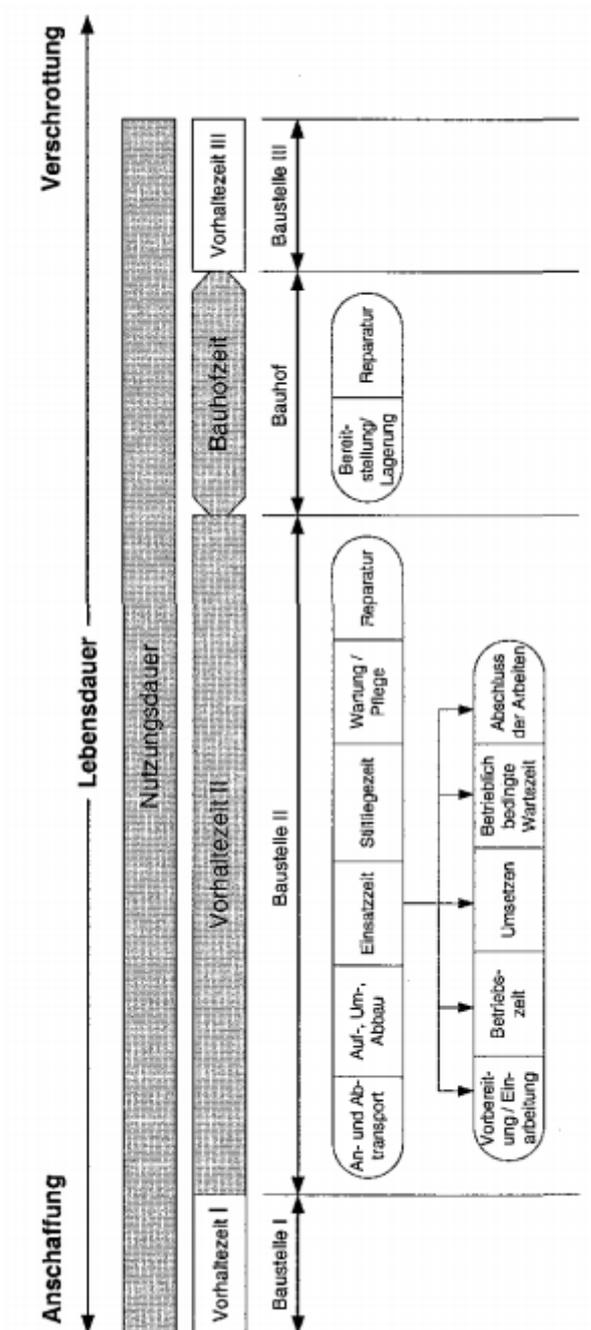


Bild 2.2 Zeitbegriffe für Baugeräte und -bewertung<sup>6</sup>

<sup>6</sup> GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse, S. 4.

### 3 Gerätekosten

Die Gerätekosten setzen sich aus nachstehenden Bestandteilen zusammen:

Gerätekosten

- Vorhaltekosten  
sind Kosten für Abschreibung, Verzinsung und Reparatur
- Energiekosten  
für Betriebsstoffe, Schmierstoffe, Wartung und Pflege
- Einrichtungskosten  
An- und Abtransport, Auf- und Abbau, Lagern
- Bedienungskosten
- Sonstige Kosten  
für Verwaltung, Versicherungen, Steuern

Einige dieser Kostenbestandteile evtl. eventuell auch häufig auf andere Kostenstellen verbucht werden können.

Bei den Gerätekosten wird zwischen Leistungs- und Vorhaltegeräten unterschieden.

Leistungsgeräte, auch Geräte für geräteintensive Arbeiten genannt, sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre Kosten den einzelnen Positionen des Leistungsverzeichnisses direkt zugeordnet werden können. So erfüllt z.B. die Planierdraupe beim Abtragen des Mutterbodens eine klare Position und die entstehenden Kosten können eindeutig auf diese Position verbucht werden. Zur Berechnung dieser Kosten ist daher einerseits die Kenntnis der Gerätekosten (in Euro pro Einsatzstunde) und andererseits die Geräteleistung (in m<sup>3</sup> pro Einsatzstunde) erforderlich. Die genaue Kenntnis der Leistungswerte je Zeiteinheit der zum Einsatz kommenden Baumaschinen und Baugeräte ist somit von entscheidender Bedeutung für die Genauigkeit der Kalkulation.

Leistungsgeräte

Vorhaltegeräte, auch Bestellgeräte oder Geräte für lohnintensive Arbeiten genannt, sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre Kosten den einzelnen Positionen des Leistungsverzeichnisses nicht direkt zugeordnet werden können. So muss z.B. ein Turmdrehkran auf einer Hochbaustelle umfangreiche Leistungen erfüllen, sodass dessen Kosten über seine gesamte Vorhaltezeit den Gemeinkosten der Baustelle zugerechnet werden und danach als anteiliger Zuschlag auf alle Leistungen umgelegt werden. Die Kosten für Geräte werden, im Gegensatz zu den Leistungsgeräten, daher in Euro/Vorhaltemonat angegeben.

Vorhaltegeräte

Für die Berechnung der Geräte- und Maschinenkosten ist die ÖBGL zusammen mit dem Kalkulationsblatt K 6 bzw. K 6 E ein geeignetes Hilfsmittel. Die ÖBGL ist eine Sammlung von technischen und wirtschaftlichen Daten gängiger Baumaschinen und Baugeräten. Die Ermittlung der Vorhaltegerätekosten erfolgt mit Hilfe des Formblattes K 6 bzw. K 6 A. Die Kalkulationsblätter sind in der ÖNORM B 2061 zu finden.

33 Lade- und Planiergeräte						
		Monatl. Satz für Abschreibung und Verzinsung				2,9 %
		Monatl. Satz für Reparaturentgelt				2,0 %
<b>33 11 Planierdrauen</b>						
PLANIERDRAUE						
Planierdrauen sind mit Quer- oder Schwenkschild ausgerüstet. Die Steuerung der Planiereinrichtung sowie der Zusatzausrüstungen erfolgt hydraulisch. Die Geräte sind mit Drehmomentwandlern und Lastschaltgetrieben oder mit hydrostatischen Fahrtriebwerken ausgeführt.						
Werte mit: Schild, Zughaken, überrollsicherer (ROPS)-Fahrerkabine, Arbeitsscheinwerfer						
Verschleißteile: Schneiden bei Aufreißer: Zahnschneidmesser, Schaufelverschleißschutz bei Winde: Seil						
Nr.	Motorleistung kW	Schildbreite cm	Masse t	Mittlerer Neuwert S	Monatlicher A. u. V. Betrag S	Monatliches Reparaturentgelt S
33 11-0045	45	245	6,4	1.160.000	33.640	23.200
50	50	270	7,5	1.390.000	40.310	27.600
70	70	305	10,8	1.850.000	53.650	37.000
95	95	305	13,3	2.660.000	77.140	53.200
110	110	350	16,2	3.010.000	87.290	60.200
140	140	350	19,3	3.930.000	113.970	78.600
160	160	380	20,5	4.510.000	130.790	90.200
195	195	430	28,0	5.430.000	157.470	108.600
230	230	450	32,1	6.470.000	187.630	129.400
275	275	450	40,5	7.750.000	224.750	155.000
305	305	450	45,5	8.670.000	251.430	173.400
390	390	480	59,1	11.100.000	321.900	222.000
460	460	520	76,0	13.290.000	385.410	265.800
520	520	550	86,3	15.490.000	449.210	309.800

3

Auszug ÖBGL

Bild 3.1 Auszug aus der ÖBGL

Lfd. Nr.	Anzahl	Nr. der Baugeräteleiste	Mittlerer Neuwert	Monatssatz		Gerätekosten		Summe		Gewicht		Einzel-Nr.	Insges.
				Einzel (e)	Insgesamt (i)	Abschreibung u. Verzinsung	Reparatur	Masch.-Leist.	Enz.	Insgs.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				€	€	Vorechnung	S	S	KW	KW	t	t	1 x 12
				1 x 5	1 x 5		6 x 7	6 x 7	ges	ges			1 x 12
Auffälliger Übertrag aus K 6A Seite 1													
1				A&V									
2				Rep									
3				A&V									
4				Rep									
5				A&V									
6				Rep									
7				A&V									
8				Rep									
A Summen:													
B				%	GPHI - Index								
C Abschreibung und Verzinsung:				A <sub>1</sub>	x	%	Lohn		Stoff		Gerät		
D Reparatur:				A <sub>2</sub>	x	%							
E Gerätekosten C + D													
F Gesamtzuschlag				% auf Lohn	% auf Stoff	% auf Gerät							
G GERÄTEPREIS				T014 + G 15 + G 16									
H Mittelpreis je Monat:				G / Baudauer in Monaten	Mo		€/mo	€/mo	€/mo	€/mo	€/mo	€/mo	€/mo
I Mittelpreis je Monat:							Lohn	€/mo	Sonstiges	€/mo	€/mo	€/mo	€/mo

Bild 3.2 Formblatt K6<sup>7</sup>

<sup>7</sup> www.bbw.tugraz.at



## 4 Leistungsermittlung

### 4.1 Definition

Unter der Leistung versteht man Arbeit, die in einer bestimmten Zeiteinheit von Maschinen und Geräten verrichtet wird. In diesem Zusammenhang bedeutet Arbeit ganz allgemein eine Menge, die entweder hergestellt, geliefert oder transportiert wird.

Leistung

$$\text{Leistung} = \frac{\text{hergestellte Menge}}{\text{Zeiteinheit}}$$

Zu beachten ist, dass diese beiden Begriffe im Zuge der Ermittlung von Leistungskennwerten präzise formuliert werden müssen. So macht es z.B. im Erdbau mitunter einen erheblichen Unterschied, ob sich die Menge von einem <sup>3</sup> Boden auf die natürliche, auf gelockerte oder verdichtete Lage bezieht und ob mit der Zeit die Betriebszeit, Einsatzzeit oder die Vorhaltezeit gemeint ist.

### 4.2 Zweck der Leistungsermittlung

Die Leistungsermittlung von Baumaschinen ist für eine Reihe von betrieblichen Prozessen notwendig. Nachstehend sind die betroffenen Bereiche beschrieben und jeweils mit einer Frage, die den Erbau betreffen, versehen.

In der **Planungsphase** können mit Hilfe einer Vorkalkulation verschiedene Arbeitsverfahren miteinander verglichen und die Anzahl der jeweiligen Geräte ermittelt werden.

Frage: Bietet beim Abräumen großer Flächen der Abtransport des Bodens mittels Scraper eine wirtschaftliche Alternative zu der üblichen Kombination von Lade- und Fahrbetrieb?

Bei der **Steuerung** wird unter anderem überprüft, ob die Arbeitsleistungen der Baugeräte ausreichen, um vorgesehene Termine einhalten zu können, was auch im Hinblick auf die Materialdisposition erforderlich ist.

Frage: Wie lange benötigt die Planierdrape mit dem Abtragen des Mutterbodens, bevor der Hydraulikbagger mit dem weiteren Erdaushub beginnen kann?

Bei der **Kontrolle** kann durch eine Nachkalkulation festgestellt werden, ob die Leistungswerte der Baumaschinen korrekt ermittelt worden sind und ob daher das richtige Arbeitsverfahren zum Einsatz gekommen ist.

Frage: Ist der Boden und dessen Lösbarkeit richtig beurteilt und durch passende Faktoren in der Berechnung berücksichtigt worden?

Für die **Entlohnung bzw. Kostenverursachung** sind die benötigten Arbeitsstunden von Gerät und Geräteführer maßgebend.

Frage: Wäre der kostenintensivere, aber mit einer höheren Arbeitsleistung ausgestattete Hydraulikbagger in der Endabrechnung die bessere Lösung gewesen?

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass für die Bewertung von Bauverfahren mit den dafür jeweils verbundenen Baukosten und Bauzeit, die Kenntnis von Leistungswerten der einzelnen Baumaschinen sowie der ganzen Prozesskette erforderlich ist.

#### 4.3 Bestimmung von Leistungswerten

Leistungswerte können entweder über eine **Nachkalkulation** oder das **Zeitmessverfahren** ermittelt werden.

Bei der Nachkalkulation werden die aus Erfahrungstammenden Leistungswerte nach Beendigung einer Bauausführung ausgewertet und analysiert. Der Quotient aus benötigter Arbeitszeit und ausgeführter Menge gibt den Aufwandswert wider, der danach bei den nächsten, mit gleichen Bedingungen auf tretenden Bauausführungen verwendet werden kann.

$$\text{Aufwandswert} = \frac{\text{benötigte Arbeitszeit}}{\text{geleistete Menge}} = \frac{1}{\text{Leistungswert}}$$

Aufwandswert

Die Leistungswerte sind in einschlägiger Literatur zusammengetragen; sie werden aber meist auch von Bauunternehmungen anhand eigener Erfahrungen selbst aufgestellt und in Datenbanken verwaltet.

Beim Zeitmessverfahren<sup>9</sup> werden die Leistungswerte durch direkte Messungen und Beobachtungen der Arbeitsabläufe bestimmt. Dafür stehen 2 Methoden zur Verfügung.

- Mit Hilfe einer durchlaufenden Stoppuhr werden sowohl die Dauer einzelner Arbeitsvorgänge als auch die Verlustzeiten protokolliert.
- Mit Hilfe des Multimomentenverfahrens, welches zu der Gruppe der Stichprobenverfahren gehört, wird durch Beobachtung in gewissen Zeitabständen eine direkte Information über die Tätigkeitsverteilung ermöglicht. Durch eine Momentaufnahme, z.B. in einem Zeitintervall von 1 Minute, kann festgestellt werden, welche Tätigkeit der einzelne Arbeiter oder eine Arbeitsgruppe gerade durchführt. Die Summe einer Vielzahl solcher Momentaufnahmen repräsentiert eine Häufigkeitsverteilung. Für die einzelnen Tätigkeiten kann nun der Zeitanteil, bezogen auf die Gesamtbeobachtungsdauer, angegeben werden. Mit dieser Methode kann bei genügend langer Beobachtungsdauer nicht nur die Leistungswerte ermittelt werden, sondern sie zeigt auch schlecht funktionierende Arbeitsausführungen und eine ungenügende Abstimmung einzelner Produktionsketten auf.

#### 4.3.1 Grenzen der Bestimmbarkeit

- Bei Leistungen geringen Umfanges, bei denen das Baugerät nur wenige Stunden im Arbeitseinsatz ist, kann keine präzise Leistungsermittlung für das Baugerät vorgenommen werden, da die Einflüsse aus Beginn und Abschluss der Arbeiten, eine zu große Auswirkung auf die Gesamtleistung haben. So dauert z.B. das Ausheben einer Baugrube für den Swimmingpool eines Einfamilienhauses oft nur wenige Stunden. Es wird daher keine Leistungsberechnung für den Aushub vorgenommen, da es normalerweise egal ist, ob die Arbeiten 2, 2.5 oder 3 Stunden dauern. Außerdem fällt im Allgemeinen ohnehin ein voller Vorhaltetag für das Baugerät an.
- Bei der Durchführung von komplizierten Arbeiten, die keine durchgehende Ausführung ermöglichen, kann die Leistung des Baugerätes nicht angegeben werden bzw. es kann seine volle Leistungsfähigkeit nicht ausschöpfen. Werden z. B. beim Erdaushub archäologische Funde vermutet bzw. sind bereits welche getätigt worden, kann der Bagger in weiterer Folge nur vorsichtig

---

<sup>9</sup> Vgl. GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse, S. 9.

weiterarbeiten. Er kann daher nicht jene Leistung erbringen, die er im Normalfall zustande bringen könnte.

- Nicht immer stehen alle Kennwerte für die Leistungsermittlung zur Verfügung bzw. es wäre ein unverhältnismäßig großer Aufwand diese zu eruiieren. So hängt z.B. die Leistungsermittlung eines Transportfahrzeuges unter anderem von der Spielzeit ab. Diese Spielzeit besteht aus mehreren Komponenten, zu denen auch die Last- und Leerfahrzeit zählen. Führt nun die Transportstrecke durch das Stadtgebiet, macht es, im Hinblick auf das allgemeine Verkehrsaufkommen, einen erheblichen Unterschied, zu welcher Uhrzeit der Transport erfolgt. So stellt in diesem Fall ein ungefähres Richtwert eine ausreichende Genauigkeit dar.

#### 4.4 Leistung von Produktions- und Arbeitskett

Eine Arbeitskette liegt dann vor, wenn die zu erbringende Produktionsleistung nicht nur von einem Gerät, sondern durch ein Zusammenwirken mehrerer Geräte erbracht wird. Das Zusammenwirken von Geräten findet z.B.

Produktionskette

- im Straßenbau, durch Asphaltmischwerk, Transportfahrzeuge, Straßenfertiger und Verdichtungswalzen
- im Erdbau, durch Planiergeräte, Ladegeräte sowie Transportfahrzeuge statt.

Die Arbeitskette ist dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungsminderung eines Produktionsglieders eine entsprechende Leistungseinbuße der gesamten Arbeitskette zur Folge hat. Für die Leistung der gesamten Produktionskette ist die Leistung des schwächsten Gliedes, das sogenannte Engpassgerät oder Leitgerät, ausschlaggebend. Das Engpassgerät ist jenes Gerät in der Produktionskette, das die geringste Leistung aufweist bzw. dessen Leistungsfähigkeit selbst nur schwer angepasst werden kann. Die übrigen Geräte der Arbeitskette sind in weiterer Folge auf das Engpassgerät abzustimmen.

Dass die genaue Bestimmung der Leistungsfähigkeit einer Arbeitskette eine sehr komplexe Angelegenheit ist, bekräftigt Hüster mit seiner Aussage: „Alle bisherigen Versuche, für die Leistungsberechnung von Arbeitskett

*en mit mehr als zwei hintereinanderliegenden Kettengliedern praktikable Berechnungsansätze aufzustellen, sind fehlgeschlagen.“<sup>10</sup>*

<sup>10</sup> HÜSTER, F.: Leistungsberechnung der Baumaschinen; S. 26.

#### 4.5 Berechnungsverfahren für Leistungswerte

Die Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Leistungswerte sind generell ziemlich exakt, jedoch sind die getroffenen Annahmen mit Unsicherheiten behaftet. Im Gegensatz zu vielen anderen Bereichen des Ingenieurbaus liegen damit die angenommenen Berechnungen nicht immer „auf der sicheren Seite“, da aufgrund des Wettbewerbes in der Baupreisermittlung keine Sicherheiten mit eingerechnet werden.

Grundsätzlich kann die Berechnung auf 2 verschiedene Arten erfolgen:

- Multiplikationsmethode
- Additionsmethode

Berechnungsverfahren

Beim Multiplikationsverfahren (Faktorenverfahren) werden die Leistungseinflüsse aus Maschine, Material, Betriebsbedingungen, Witterung, u sw., die durch verschiedene Faktoren ausgedrückt werden, miteinander multipliziert.

Multiplikationsverfahren

Beim Additionsverfahren (Zeitzuschlagsverfahren) wird hingegen nicht die Leistung mit leistungsmindernden Faktoren beaufschlagt, sondern die Zeit durch Zeitzuschläge oder Zeitabschläge korrigiert.

Additionsverfahren

Im Wesentlichen hat sich das Multiplikationsverfahren durchgesetzt, nur bei der Berechnung von Transportfahrzeugen und Kranen wird weiterhin das Additionsverfahren angewandt. Zu beachten ist, dass bei der Lösung desselben Problems die bei den Verfahren mitunter sehr verschiedene Ergebnisse liefern, wobei keines der beiden auf jeden Fall ein korrektes Ergebnis sein muss. Die unterschiedlichen Ergebnisse werden durch folgendes Beispiel erläutert:

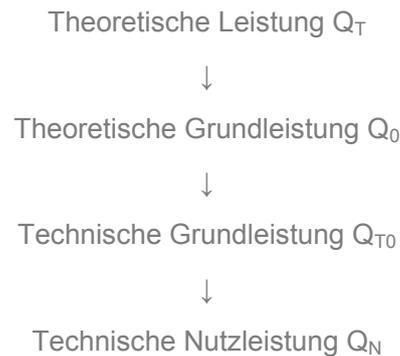
Ein Bauherr kauft für eine Baustelle vom Baustoffhändler Portlandzement in Säcken im Gesamtwert von 1000 €. Als Stammkunde erhält er vom Händler 6% auf den Listenpreis und zusätzlich wird ihm, aufgrund der sofortigen Barzahlung, ein Skonto von 2% auf den Listenpreis gewährt.

Nach dem Multiplikationsverfahren ergibt sich nun ein zu bezahlender Betrag von  $1000 \times 0,94 \times 0,98 = 921,2 \text{ €}$ .

Beim Additionsverfahren hingegen beläuft sich der zu bezahlende Betrag aufgrund der vorherigen Addition der Nachlässe ( $6\% + 2\% = 8\%$ ) auf  $1000 \times 0,92 = 920,0 \text{ €}$ .

Der Unterschied ist in diesem Fall sehr gering, er kann aber bei höheren Prozentsätzen und/oder dem Vorhandensein mehrerer Faktoren deutlich größer werden.

Die Reihenfolge der Leistungsberechnung einer Baumaschine gliedert sich in nachstehende Rechenschritte. Die Begriffe werden in verschiedenen Literaturwerken nicht einheitlich verwendet und mit teils unterschiedlichen Indizes versehen. Nachstehende Bezeichnungen stammen von Girmscheid.<sup>11</sup>



Berechnungsschritte

- Theoretische Leistung  $Q_T$

Die theoretische Leistung ist ausschließlich von Faktoren, die einerseits die Maschine selbst betreffen (Maschinenleistung, Technologie, Kinematik, usw.), und andererseits von Faktoren, die durch das verwendete Arbeitswerkzeug (Lade- oder Transportgefäßinhalt) bestimmt werden, abhängig. Die theoretische Leistung bleibt über die Zeit konstant, da die realen Einsatzbedingungen nicht berücksichtigt werden. Daher sind diese Leistungsangaben nur für den Maschinenhersteller bzw. Maschinenbauingenieur interessant.

- Theoretische Grundleistung  $Q_0$

Die theoretische Grundleistung ist jene Leistung, welche von einer bestimmten Maschine unter idealen Bedingungen **materialabhängig**, aber ohne Berücksichtigung geräte- oder organisationsbedingter Einflüsse, für kurze Zeit erbracht werden kann.

- Technische Grundleistung  $Q_{T0}$

Die technische Grundleistung geht neben den **materialbedingten** auch auf die **technischen** Einflussfaktoren der Maschine ein. Sie berücksichtigt aber weder betriebs- und betriebsbedingte Einflüsse noch die Geräteausnutzung.

<sup>11</sup> GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse, S. 11ff.

▪ Technische Nutzleistung  $Q_N$

Die technische Nutzleistung, auch als Durchschnitts-, Dauer- oder Kalkulationsleistung genannt, inkludiert neben den **materialbedingten** und **technischen** Faktoren auch alle anderen bekannten Leistungseinflüsse, insbesondere auch die **Bediengungs- und Betriebsbedingungen** sowie die **Geräteausnutzung**. Mit der technischen Nutzleistung ist es nun möglich, die Leistungseinsatzspezifisch zu berechnen.

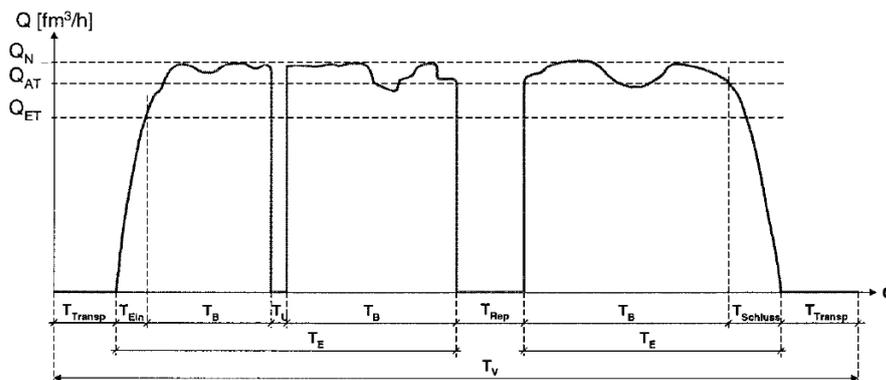
Die technische Nutzleistung  $Q_N$  definiert die sogenannte Kurzzeitleistung, die sich auf die reine Arbeitszeit (Betriebszeit) des Gerätes bezieht. Im Gegensatz dazu bezieht sich die Langzeitleistung, auch als Einsatzleistung  $Q_{ET}$  bezeichnet, auf die Einsatzzeit der Geräte. Die Langzeitleistung setzt sich aus der Kurzzeitleistung und zusätzlichen Zeitanteilen aus Vorbereitung, Unterbrechung, Warten, Einarbeitung und Abschluss zusammen.

Kurzzeitleistung

Langzeitleistung

Die Auswahl der Baumaschine erfolgt auf Basis der Kurzzeitleistung, ihre Kalkulation hingegen auf Basis der Langzeitleistung.

Die grafische Darstellung des Leistungsverlaufs ist in nachstehender Abbildung ersichtlich.



Leistungsverlauf

Bild 4.1 Leistungsverlauf während der Vorhaltezeit<sup>12</sup>

$Q_N$ ..... Nutzleistung des Gerätes

$Q_{AT}$ ..... Tagesdurchschnittsleistung des Gerätes

$Q_{ET}$ ..... Einsatzleistung des Gerätes

<sup>12</sup> GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse, S. 15.

$T_{\text{Transp}}$ .....Transportzeit  
 $T_{\text{Ein}}$ .....Einarbeitungszeit  
 $T_{\text{B}}$ .....Betriebszeit  
 $T_{\text{U}}$ .....Zeit für betrieblich bedingte Unterbrechungen  
 $T_{\text{Rep}}$ .....Zeit für Wartungen und Reparaturen  
 $T_{\text{Schluss}}$ ..... Zeit für Abschlussarbeiten  
 $T_{\text{E}}$ .....Einsatzzeit der Geräte  
 $T_{\text{V}}$ .....Vorhaltezeit  
 $D$ ..... Vorgangsdauer

Die Leistungen werden in  $[\text{m}^3/\text{h}]$  und die Zeit in einer passenden Einheit  $[\text{h}, \text{AT}]$  angegeben.

Aus der obigen Abbildung ist erkennbar, dass die Leistungskurve sich nicht nur über die gesamte Zeit stark verändert, sondern auch im Bereich der reinen Betriebszeit Schwankungen aufweist.

Bei dem B erechnungsverfahren f ür d ie Leistungsermittlung i st zu beachten, ob di e Nut zleistung f ür ei ne z yklisch oder kontinuierlich arbeitende Maschine bestimmt werde n s oll. Di ese s ind durc h unterschiedliche A rbeitsweisen gekennzeichnet und haben somit auch andere Eingangsparameter für die Leistungsermittlung.

#### ▪ Zyklisch arbeitende Maschinen

Solche M aschinen erbringen ihre A rbeitsleistung in einem Z yklus v on zeitlich aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten. Die zeitliche Dauer für die Ausführung eines einzelnen Arbeitszyklus (Spiel) ist die Spielzeit  $T_{\text{S}}$ . Mit der S pielzahl kann m an d ie A nzahl der S piele i n ei ner bestimmten Zeiteinheit a ngeben. Zu di eser K ategorie gehören die wei taus meisten Baumaschinen un d B augeräte. Das t ypische B eispiel f ür ei ne z yklisch arbeitende Maschine i st der Hy draulikbagger m it T ieflöffel- bzw. Hochlöffelausrüstung.

Zyklische arbeitende  
Maschinen

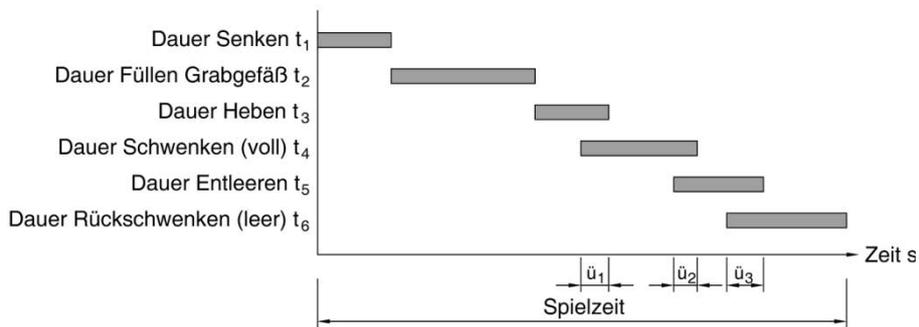


Bild 4.2 Arbeitsspiel eines Hydraulikbaggers<sup>13</sup>

Die Spielzeit  $t_s$  ergibt sich aus der Summe aller Teilzeiten abzüglich der Überlappungszeiten.

$$t_s = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 - \ddot{u}_1 - \ddot{u}_2 - \ddot{u}_3 = \sum_{i=1}^6 t_i - \sum_{i=1}^3 \ddot{u}_i$$

▪ Kontinuierlich arbeitende Maschinen

Solche Maschinen weisen entweder überhaupt keine Spielzeiten auf oder sie sind sehr kurz. Bei dieser Gruppe von Maschinen, wie z.B. Förderbänder, Kreiselpumpen oder Straßenfertiger usw. gehen charakteristische Kenngrößen wie Förderquerschnitt und Fördergeschwindigkeit, Arbeitsgeschwindigkeit oder Drehzahl in die Leistungsberechnung ein.

Kontinuierlich arbeitende  
Maschinen

<sup>13</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 156.

## 5 Leistungsermittlung nach verschiedenen Quellen

In diesem Kapitel werden die Berechnungsmethoden einzelner Literaturquellen dargestellt. Dabei wird aus Zweckmäßigkeit nur auf die Berechnung zyklisch arbeitender Maschinen eingegangen, da sie die Grundlage für die späteren Rechenbeispiele bilden.

### 5.1 Berechnungsmethodik auf der TU Graz

Die Berechnungsmethodik basiert auf dem Vorlesungsskriptum „Baubetriebslehre“<sup>14</sup> der Technischen Universität Graz. Die Berechnungsschritte erfolgen, wie bereits in Abschnitt 4.5. erwähnt, von der theoretischen Grundleistung zur technischen Nutzleistung.

Die **theoretische Grundleistung**  $Q_0$  ist durch nachstehende Formel definiert.

$$Q_0 = 60 \times V_N \times n = 3600 \times \frac{V_N}{T_S} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Dabei ist:

$V_N$ ..... Nenninhalt des Misch-, Grab- oder Fördergefäßes [ $\text{m}^3$ ]

$T_S$ .....theoretische Spielzeit eines Arbeitszyklus [s]

$n$ ..... Spielzahl [1/min]

Daraufhin wird die **technische Grundleistung**  $Q_T$  ermittelt, in die nun Leistungsverluste aufgrund Zwitterverlust und dem zube- und verarbeitenden Material einfließen.

$$Q_T = Q_0 \times \frac{T_S}{T_N} \times f_Z \times f_F = 3600 \times \frac{V_N \times f_Z \times f_F}{T_N} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

<sup>14</sup> HECK, D.: Vorlesungsskriptum Baubetriebslehre WS 2009/10; S. 65ff.

Dabei ist:

$f_Z$ .....Zeitfaktor, maschinenspezifische Kennzahl der Größenordnung  
 $0,83 \leq f_Z \leq 0,92$ , wodurch eine Betriebszeit der Geräte von 50 bis  
 55 Minuten pro Stunde erreicht werden

$f_F$ .....Füllungsfaktor des Misch-, Grab- oder Fördergefäßes; Abhängig  
 von der Art der Maschine und vom be- und verarbeitenden  
 Material

$T_N$ .....erhöhte Nutzspielzeit; allgemein kein großer Einfluss  $\rightarrow T_N = T_S$

Als letzter Schritt wird nun die **technische Nutzleistung  $Q_N$**  bestimmt, in  
 der alle übrigen Einflussfaktoren mit einfließen.

$$Q_N = Q_T \times f_E = Q_0 \times f_Z \times f_F \times f_E \quad [m^3/h]$$

Dabei ist:

$f_E$ .....Abminderungsfaktor oder Nutzleistungsfaktor, dessen  
 Einflussgrößen sich in Baustellenbedingungen ( $f_{E1}$ ) und  
 Betriebsbedingungen ( $f_{E2}$ ) einteilen lassen.

$f_{E1}$ .....Baustellenfaktor, resultiert aus Aufmaß der Arbeiten, ungünstigen  
 Platzverhältnissen, Witterungs- und Wasserverhältnissen,  
 Höhenlage der Arbeitsstelle, störungsbedingte Unterbrechungen

$f_{E2}$ .....Betriebsfaktor, resultiert aus technischem Zustand der  
 Maschinen, Qualifikation und Leistungsbereitschaft des  
 Maschinenführers, Betriebsklima, persönlichen Erholzeiten,  
 Arbeitsvorbereitung und Controlling

## 5.2 Berechnungsmethodik auf der TU Wien

Der Berechnungsvorgang ist dem Skriptum „Bauverfahrenstechnik“ der  
 Technischen Universität Wien entnommen.

Die Formel für die Grundleistung  $Q_G$  wird nicht dargestellt. Es wird gleich  
 auf die Nutzleistung eingegangen und zwar

- in der Form von Faktoren

$$Q_N = V_N \times n_G \times \prod f_j = V_N \times \left( \frac{60 \text{ min/h}}{T_G} \right) \times \prod f_j$$

Mit:

$V_N$ ..... je Zyklus bearbeitete Menge

$n_G$ ..... Grundspielzahl in LS/h

$T_G$ ..... Grundspielzeit in min/LS

$f_j$ ..... Faktoren zur Berücksichtigung der Einsatzbedingungen und des konkreten Arbeitsablaufs

- in der Form von Zuschlägen

$$Q_N = V_N \times \left( \frac{60 \text{ min/h}}{T_G + \sum \Delta t_j} \right) \times \prod f_j = V_N \times \frac{1}{z \times (t_h + t_n + t_b)} \times \prod f_j$$

$\Delta t_j$ .....Zuschlag auf die Grundspielzeit für den j-ten Einflussfaktor

$z$ ..... Faktor für die Berücksichtigung der Verteil- und Erholungszeiten

$t_h$ ..... Hauptnutzungszeit

$t_n$ ..... Nebennutzungszeit

$t_b$ ..... Brachzeit (ablaufbedingte Unterbrechungen)

### 5.3 Berechnungsmethodik auf der UNI Innsbruck

Die Berechnungsmethodik findet sich im Skriptum „Baubetrieb und Bauwirtschaft 1“ der Universität Innsbruck wieder. In diesem Skriptum sind 3, mehr oder weniger ausführliche Berechnungsverfahren zur Leistungsermittlung aufgeführt.

- Qualifizierte Schätzung

Grundlagen für eine qualifizierte Schätzung bieten einerseits Herstellerdatenblätter oder andererseits innerbetriebliche Leistungswerte aus der technischen Nachkalkulation. Näheres dazu im Abschnitt 4.3.

- Multiplikationsmethode
- Additionsmethode

Die beiden Berechnungsmethoden sind bereits im Unterkapitel 4.5 vorgestellt worden.

Die sehr genau beschriebene Multiplikationsmethode orientiert sich sehr stark an der Berechnungsmethode von Girmscheid (siehe nächstes Unterkapitel).

Ausgangspunkt der Leistungsermittlung ist die theoretische Leistung  $Q_0$  der Baumaschine.

$$Q_0 = \frac{3600}{t_S} \times V_{SAE} \quad [m^3/h]$$

Sie ist jene Leistung, die sich aus den konstruktiv vorgegebenen Arbeitsgeschwindigkeiten für die einzelnen Teilvorgänge eines Arbeitsspieles ergibt.

Werden die Bodenkennwerte, Auflockerung und Füllfaktor des Grabgefäßes mit einbezogen, ergibt sich die Grundleistung  $Q_G$ .

$$Q_G = \underbrace{\frac{3600}{t_S} \times V_{SAE}}_{Q_0} \times \underbrace{\alpha_L \times \varphi}_{k_1 \dots \text{Ladefaktor}} \quad [fm^3/h]$$

Werden die Grundleistung, die unter Normbedingungen zustande gebracht wird, weitere Parameter hinzugefügt, erhält man die technische Leistung  $Q_T$ .

$$Q_T = \underbrace{\frac{3600}{t_S} \times V_{SAE} \times k_1}_{Q_G} \times \underbrace{f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5}_{k_2 \dots \text{Leistungseinflussfaktor}} \quad [fm^3/h]$$

Im nächsten Schritt ist es notwendig, die bedingungs- und betriebsbedingten Einflüsse zu berücksichtigen, um zur Nutzleistung  $Q_N$  zu gelangen.

$$Q_N = \underbrace{\frac{3600}{t_S} \times V_{SAE} \times k_1 \times k_2}_{Q_T} \times \underbrace{\eta_1 \times \eta_2}_{k_3 \dots \text{Betriebsbeiwert}} \quad [fm^3/h]$$

Durch die Multiplikation der Nutzleistung mit dem Geräteausnutzungsgrad  $\eta_G$  liegt letztendlich die Dauerleistung  $Q_D$  vor.

$$Q_D = \frac{3600}{t_S} \times V_{SAE} \times k_1 \times k_2 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_G \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

$Q_N$

In den Geräteausnutzungsgrad  $f$  ließen die Einarbeitungsphase und Abschlusszeit, die Umsetzzeiten, das Einnehmen der optimalen Geräteposition, betrieblich bedingte Unterbrechungen und Wartezeiten, etc. ein. In der Regel wird bei günstigen Verhältnissen mit einer Arbeitszeit von 50 Minute pro Stunde, bei ungünstigen Verhältnissen mit 45 Minuten pro Stunde gerechnet.

Zu hinterfragen ist, ob die Dauerleistung bezüglich des Geräteausnutzungsgrades richtig definiert worden ist. So ist im Skriptum „Baubetrieb und Bauwirtschaft 1“ auf der Seite 150 zu lesen: „Die **Nutzleistung** stellt also die Durchschnittsleistung über die Betriebszeit dar. Sie berücksichtigt alle bekannten, materialbedingten und technischen Leistungsminderungen, insbesondere auch die Bedienungs- und Betriebsbedingungen **sowie die Geräteausnutzung**.“ Diese Aussage wird auch von Girmscheid durch die Formel für die Nutzleistung (siehe nächste Seite) bekräftigt, in der ebenfalls der Geräteausnutzungsgrad beinhaltet ist.

#### 5.4 Berechnungsmethodik nach Girmscheid

Die Berechnungsmethodik wurde von Girmscheid, Prof. an der ETH Zürich, in seiner Veröffentlichung „Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse“ dargestellt. Die Berechnungen sind jenen der TU Graz ähnlich, sie unterscheiden sich aber hinsichtlich verwendeter Abkürzungen und Eingangsparameter mitunter recht deutlich.

Die Reihenfolge der Berechnungsschritte erfolgt wie im Unterkapitel 4.5.

**Theoretische Leistung  $Q_T$ :**

$$Q_T = \frac{V_{SAE}}{t_S} \times 3600 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

**Grundleistung  $Q_0$ :**

$$Q_0 = \frac{V_{SAE}}{t_S} \times 3600 \times k_1 \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

**Technische Grundleistung  $Q_{T0}$ :**

$$Q_{T0} = \frac{V_{SAE}}{t_S} \times 3600 \times k_1 \times k_2 \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

**Nutzleistung  $Q_N$ :**

$$Q_N = \frac{V_{SAE}}{t_S} \times 3600 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times \eta_G \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Diese sehr ausführliche Formel ist das Basisgerüst für fast alle zyklisch arbeitenden Baumaschinen. Im Einzelfall müssen eventuell Faktoren weggelassen oder leicht adaptiert werden.

Mit:

$k_1 = \alpha \times \varphi$	[-]
$k_2 = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5$	[-]
$k_3 = \eta_1 \times \eta_2$	[-]
$V_{SAE}$ .....Nenninhalt Grab-/ Transportgefäß gemäß SAE	[m <sup>3</sup> ]
$t_S$ .....Spielzeit	[s]
$\alpha$ ..... Lösefaktor	[fm <sup>3</sup> /lm <sup>3</sup> ]
$\varphi$ ..... Füllfaktor	[-]
$\eta_1$ ..... Bedienungsfaktor	[-]
$\eta_2$ ..... Betriebsbedingungen	[-]
$f_1$ ..... Abbau-/ Grabtiepenfaktor	[-]
$f_2$ ..... Schwenkwinkel-/ Fahrwegfaktor	[-]
$f_3$ ..... Entleerungsgenauigkeitsfaktor	[-]
$f_4$ ..... Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor	[-]
$f_5$ ..... Verfügbarkeits-/ Gerätezustandsfaktor	[-]
$k_1$ ..... Ladefaktor	[-]

$k_2$ ..... Leistungseinflussfaktor	[-]
$k_3$ ..... Betriebsbeiwert	[-]
$\eta_G$ .....Geräteausnutzungsgrad	[-]

Im Vergleich zum Baubetriebslehre-Skriptum der TU Graz ist die unterschiedliche Verwendung einiger Ausdrücke auffällig. Die im Baubetriebslehre-Skriptum mit  $Q_0$  bezeichnete theoretische Grundleistung stimmt zwar formelmäßig, aber nicht indexmäßig mit der von Girmscheid bezeichneten theoretischen Leistung  $Q_T$  überein.

Weitere unterschiedliche Bezeichnungen sind:

Tabelle 5.1 Unterschiedliche Bezeichnungen Girmscheid - TU Graz

Bezeichnung nach Girmscheid	Bezeichnung nach BBL- Skriptum
Lösefaktor $\alpha$	Alter Auflockerungsfaktor $f_A$
Bedienungsfaktor $\eta_1$	<u>Personen</u> u. Maschinenfaktor $f_{E22}$
Schneiden-/ Zahnzustandsf. $f_4$ Gerätezustandsfaktor $f_5$	Personen u. <u>Maschinen</u> faktor $f_{E22}$
Geräteausnutzungsgrad $\eta_G$	Zeitfaktor $f_Z$
Betriebsbedingungen $\eta_2$	$\approx$ Einsatzartenfaktor $f_{E13}$

### 5.5 Berechnungsmethodik nach Hoffmann

Der von Hoffmann in seinem Nachschlagewerk „Zahlentafeln für den Baubetrieb“ verwendete Berechnungsvorgang geht sehr konform mit der DIN ISO 9245 einher. Der Vorgang ist wieder sehr ähnlich dem der TU Graz, wobei die Bezeichnungen sich oft unterscheiden.

Die **Grundleistung  $Q_B$**  beträgt:

$$Q_B = V_R \times f_L \times n \times f_{1...} \quad [fm^3/h]$$

Mit:

$V_R$ ..... Nenninhalt des Misch-, Grab- oder Fördergefäß [ $m^3$ ]

$f_L$ ..... Ladefaktor [-]

$n$ ..... Spielzahl, Umlaufzahl [1/h]

$f_1, \dots$  Einsatzfaktoren, berücksichtigen folgende Einflussgrößen:

- Maschine
  - ♦ Art und Größe
  - ♦ Arbeitsausrüstung
  - ♦ Gefäßgröße
- Material
  - ♦ Materialart
  - ♦ Materialzustand
- Einsatz
  - ♦ Einsatzart
  - ♦ Einsatzbedingungen

Anschließend erfolgt die Bestimmung der **Nutzleistung  $Q_A$** :

$$Q_A = Q_B \times f_E \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Mit:

$f_E, \dots$  Nutzfaktor; gibt das Verhältnis von Nutzleistung zu Grundleistung an ( $f_E = Q_A/Q_B$ ). Er umfasst zusätzlich Betriebs- und Baustellenbedingungen.

- Betriebsbedingungen
  - ♦ Technischer Zustand
  - ♦ Qualifikation des Maschinenführers
 

Gut, eingearbeitet:	100 % Leistung
Ungeübt:	80 – 90 % Leistung
  - ♦ Persönliche Verteil- und Erholzeiten (hier wird von einer Verfügbarkeit der Baumaschine von 50 min pro Stunde ausgegangen → Faktor = 0.84)
- Baustellenbedingungen
  - ♦ Baustellenorganisation
  - ♦ Umfang der Arbeiten
  - ♦ Störungsbedingte Unterbrechungen
  - ♦ Wartungs- und Reparaturzeiten
  - ♦ Witterung

Große Anzahlwerte für den Nutzleistungsfaktor  $f_E$  können mit Hilfe nachstehender Tabelle abgeschätzt werden:

Baustellenbedingungen	Betriebsbedingungen			
	sehr gut	gut	mittelmäßig	schlecht
sehr gut	<b>0,84</b>	<b>0,81</b>	<b>0,76</b>	<b>0,70</b>
gut	<b>0,78</b>	<b>0,75</b>	<b>0,71</b>	<b>0,65</b>
mittelmäßig	<b>0,72</b>	<b>0,69</b>	<b>0,65</b>	<b>0,60</b>
schlecht	<b>0,63</b>	<b>0,60</b>	<b>0,57</b>	<b>0,52</b>

Bild 5.1 Nutzleistungsfaktor  $f_E$ <sup>15</sup>

Da Hoffmann stark mit der DIN ISO 9245 korreliert, sind an dieser Stelle wesentliche Inhalte dieser Norm dargestellt.

Es sind keine Regeln für die Leistungsermittlung oder Einzelheiten, in welcher Form die Leistung anzugeben ist, enthalten. Es werden ausschließlich Begriffe, Formelzeichen und Einflüsse auf die Leistung, angegeben.

- Leistung  $Q$ :  
Das pro Zeiteinheit bewegte Materialvolumen in Kubikmeter pro Stunde.
- Grundleistung (theoretische Leistung)  $Q_B$ :  
Leistung in Kubikmeter pro Stunde, die mit der jeweiligen Arbeitseinrichtung bei einer bestimmten Einsatz- und Materialart kurzzeitig erreichbar ist. Unberücksichtigt bleiben leistungsmindernde Einflüsse aus Gerätezustand, Baustellenorganisation und Witterung. Vorausgesetzt wird ein eingearbeiteter Baumaschinenführer.
- Nutzleistung  $Q_A$ :  
Leistung in Kubikmeter pro Stunde, die mit der jeweiligen Arbeitseinrichtung bei einer bestimmten Einsatz- und Materialart auf Dauer erreichbar wird. Hierbei werden alle leistungsbeeinflussenden Größen wie Gerätezustand und -bedienung, Baustellenorganisation und Witterung berücksichtigt.

$$Q_A = V_R \times f_L \times n \times f_E$$

<sup>15</sup> HOFFMANN, M.: Zahlentafeln für den Baubetrieb, S. 584.

Mit:

Nenninhalt  $V_R$

Ladefaktor  $f_L = f_F/f_S$

Arbeitsspiel  $n$

Nutzleistungsfaktor  $f_E$

- Nutzleistungsfaktor  $f_E$ :  
Verhältnis von Nutzleistung zu Grundleistung (theoretischer Leistung)

$$f_E = \frac{Q_A}{Q_B}$$

- Einflüsse auf die Leistung von Erdbaumaschinen  
Sie sind in der Norm in tabellarischer Form zu finden.

Einflußgruppe	Einflußart/ Maschinendaten	Auswirkungen auf:												
		Bagger		Lader		Planier- maschinen		Scraper		Mulden- fahrzeuge				
		$f_E$	$f_L$	$t$	$f_L$	$t$	$f_L$	$t$	$f_L$	$t$	$f_L$	$t$		
<b>1 Maschine</b>	1.1 Typ, Baujahr (sind anzugeben)													
	1.2 Motorleistung			●		●		●		●		●		
	1.3 Einsatzgewicht			●		●		●		●		●		
	1.4 Antriebsart			●		●		●		●		●		
	1.5 Fahrwerksart					●		●		●		●		
	1.6 Lenkungsart					●		●		●		●		
	1.7 Arbeitseinrichtung													
	1.7.1 Gefäßart und -nenninhalt		●	●	●	●	● <sup>1)</sup>	●	●	●	●	●	●	●
	1.7.2 Arbeitsausrüstung (Ausleger u. ä.)		●	●										
	1.8 Technischer Zustand	●												
<b>2 Maschinen- führer</b>		●												
<b>3 Material (Boden)</b>	3.1 Bodengruppe nach DIN 18196		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	3.2 Bodenklasse nach DIN 18300		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	3.3 Feuchtigkeitsgehalt		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	3.4 Dichte		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	3.5 Bodenzustand (fest oder lose)		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	3.6 Auflockerungsfaktor		●		●		●		●		●		●	

Bild 5.2 Einflüsse auf die Leistung 1/2 <sup>16</sup>

<sup>16</sup> NORM DIN ISO 92445 Beiblatt 1, Seite 2

Einflußgruppe	Einflußart/ Maschinendaten	Auswirkungen auf:											
		Bagger			Lader		Planier- maschinen		Scraper		Mulden- fahrzeuge		
		$f_E$	$f_L$	$t$	$f_L$	$t$	$f_L$	$t$	$f_L$	$t$	$f_L$	$t$	
<b>4 Einsatz</b>	4.1 Einsatzart (z. B. Grabenaushub, Laden von Haufwerk, Flachabtrag)		●	●	●	●	●	●	●	●			
	4.2 Einsatzbedingungen												
	4.2.1 Abbauhöhe		●	●	●	●							
	4.2.2 Grabtiefe		●	●									
	4.2.3 Abtragsdicke							●		●			
	4.2.4 Einbaudicke							●		●			
	4.2.5 Schwenkwinkel			●									
	4.2.6 Räumliche Begrenzung des Arbeitsraumes			●		●		●		●		●	
	4.2.7 Gezieltes Laden			●		●							
	4.2.8 Arbeitsweg					●		●		●			
	4.2.9 Transportweg					●		●		●		●	
4.2.10 Arbeits- genauigkeit			●		●		●		●		●		
4.2.11 Geodätische Höhe des Einsatzortes			●		●		●		●		●		
<b>5 Baustellen- Organisation</b>	5.1 Betriebsbedingte Unterbrechungen	●											
	5.2 Art und Zustand der Transportwege	●											
	5.3 Wartung und Reparatur der Maschinen	●											
	5.4 Verteilzeiten	●											
	5.5 Erholungszeiten	●											
<b>6 Wetter</b>	6.1 Temperatur	●											
	6.2 Luftfeuchte	●											
	6.3 Niederschläge (Regen, Hagel, Schnee)	●											
	6.4 Sicht	●											
	6.5 Frost	●											
<b>7 Datum</b> (ist anzugeben)													

Bild 5.3 Einflüsse auf die Leistung 2/2 <sup>17</sup>

<sup>17</sup> NORM DIN ISO 92445 Beiblatt 1, Seite 3

deterministisch

stochastisch

## 5.6 Berechnungsmethodik nach Hüster

Die Berechnungsmethode hat Felix Hüster, Prof. an der Fachhochschule Köln, in seinem Buch „Leistungsrechnung der Baumaschinen“ niedergeschrieben. Der Grundgedanke, sich ausgehend von der Grundleistung mit Leistungsminderungen aller Art bis hin zur Nutzleistung zu bewegen, ist hier wieder gleich. Unterschiedlich ist aber, wie die Leistungsminderungen bestimmt werden und in die Rechnung einfließen. Er legt sehr großen Wert auf die mathematisch richtige Formulierung der einwirkenden Faktoren. Bei Hüster treten ers tmals zwei Begriffe auf, die im Baubetriebslehre-Skriptum noch nicht zur Sprache gekommen sind. Dies sind die Begriffe „deterministisch“ und „stochastisch“ und sie bet ragen wes entlich z um korrekten Berechnungsvorgang bei. Sie sind daf ür v erantwortlich, ob die Einflussfaktoren additiv oder multiplikativ (siehe Unterkapitel 4.5.) berücksichtigt werden. Wenn sich die Leistungsmindernden Tei lzeiten nicht zufallsbedingt überlagern, so nennt man das deterministisch und die Berechnung erfolgt nach dem Additionsverfahren (Zeitzuschlagsverfahren). Wenn dagegen die Tei lzeiten zufallsbedingt zusammenfallen, nennt man das stochastisch und die Berechnung erfolgt nach dem Multiplikationsverfahren (Faktorenverfahren). Die alleinige Anwendung der Additionsformel oder der Produktformel ist meistens nicht ausreichend. Sie müssen daher in bei nahe allen Fällen miteinander kombiniert werden. Für die Anwendung des Zeitzuschlagsverfahrens ist die Erklärung neu hinzukommender Zeitfaktoren v onnöten. Dabei beziehen sich Tei lzeiten mit großgeschriebenem Index der Form  $t_i$  auf die Spielzeit (Ausnahme Hauptnutzungszeit  $t_N$ ) und Tei lzeiten mit kleingeschriebenem Index der Form  $t_i$  auf die Einsatzzeit.

Die **Grundleistung**  $Q_0$  errechnet sich zu:

$$Q_0 = V_N \times n_0 = V_N \times \frac{60}{T_0} \quad [\text{m}^3/\text{h}, \text{t/h}, \text{m}^2/\text{h}]$$

Mit:

$V_N$ ..... Nutzinhalt [ $\text{m}^3$ ]; tatsächlicher jeweiliger Gefäßinhalt von Grab- oder Transportgefäßen

$n_0$ ..... Grundspielzahl [1/h]

$T_0$ ..... Grundspielzeit [s, min]

Die **Nutzleistung**  $Q_N$  wird bestimmt durch:

$$Q_N = V_N \times \frac{t_N}{T_N} \times f_Z \quad [\text{m}^3/\text{h}, \text{t}/\text{h}, \text{m}^2/\text{h}]$$

Mit:

$T_N$ .....Nutzspielzeit; ist normalerweise höher als die Grundspielzeit

$$T_N = T_0 \times f_T$$

Wenn die Faktoren zur Berechnung von  $f_T$  deterministisch auftreten, dann gilt:

$$f_T = 1 + \frac{t_1}{60} + \frac{t_2}{60} + \dots + \frac{t_i}{60}$$

Wenn die Faktoren zur Berechnung von  $f_T$  miteinander stochastisch auftreten, dann gilt:

$$f_T = \left(1 + \frac{t_1}{60}\right) \times \left(1 + \frac{t_2}{60}\right) \dots \times \left(1 + \frac{t_i}{60}\right)$$

$t_N$ .....Hauptnutzungszeit je Einsatzstunde (Zeit für die planmäßige, abrechnungsfähige Nutzung. Sie setzt sich aus 60 Minuten Einsatzzeit, abzüglich der nicht planmäßigen Teilzeiten zusammen.

$$t_N = 60 - (t_n + t_z + t_a + t_p + t_s)$$

$t_n$ .....Nebennutzungszeit

$t_z$ ..... Zeit für zusätzliche Nutzung

$t_a$ ..... Zeit für ablaufbedingte Unterbrechungen

$t_p$ ..... Zeit für persönlich bedingte Unterbrechungen

$t_s$ ..... Zeit für störungsbedingte Unterbrechungen

Diese Addition liefert streng genommen nur dann ein korrektes Ergebnis, wenn die Teilzeiten nacheinander (deterministisch) auftreten. Treten einige der Teilzeiten stochastisch auf, kann das Ergebnis noch relativ genau sein. Dazu müssen aber die stochastisch auftretenden Teilzeiten klein sein. Wenn die Werte (vor allem  $t_a$ ,  $t_p$  und  $t_s$ ) groß werden, wird die Abweichung zum korrekten Ergebnis zu beträchtlich. Dann wird die

Hauptnutzungszeit auf andere Weise bestimmt. Zuerst werden die additionsfähigen Zeitanteile von der Hauptnutzungszeit abgezogen und mit einem Zeitfaktor  $f_z$ , der die nicht additionsfähigen Zeitanteile enthält, multipliziert.

$$t_N = 60 - (t_n + t_z + t_a)$$

$$f_z = \left(1 - \frac{t_p}{60}\right) \times \left(1 - \frac{t_s}{60}\right)$$

$f_z$ ..... Zeitfaktor, bei nur additionsfähigen Teilen  $\rightarrow f_z = 1$

Fallen zwei Zeitanteile zusammen, z. B.  $t_a + t_p$ , d. h. v. errichtet der Baggerfahrer seine persönliche Pause während derer ablaufbedingten Unterbrechung, so kann man auf den kleineren der beiden Werte verzichten oder ihn auf eine angemessene Größe reduzieren.

## 5.7 Vergleich der Leistungsbegriffe

Um die Leistungsbegriffe samt deren Einflussfaktoren untereinander gegenüberstellen zu können, werden die grundsätzlichen Abläufe nochmals kurz aufgelistet.

### 5.7.1 Ablauf TU Graz

#### 1. Schritt: Theoretische Leistung

Die theoretische Leistung einer Baumaschine ist die Menge des Arbeitsgegenstandes, die von der Maschine bestimmungsgemäß unter definierten Normbedingungen theoretisch in einer Zeiteinheit verändert werden kann. Es ist die Leistung, die aus den konstruktiv vorgegebenen Arbeitsgeschwindigkeiten für die einzelnen Teilvorgänge resultiert. Die theoretische Leistung ist mehr für den Maschinenhersteller und Maschinenbauingenieur von Interesse.

#### 2. Schritt: Theoretische Grundleistung $Q_0$

Die theoretische Grundleistung ist die Leistung, welche von einer bestimmten Maschine unter „idealen“ Bedingungen **materialabhängig**, aber ohne Berücksichtigung maschinenzustands- oder organisationsbedingter Einflüsse für kurze Zeit erbracht werden kann.

### 3. Schritt: **Technische Grundleistung $Q_T$**

Bei der technischen Grundleistung tritt ein Leistungsverlust gegenüber der theoretischen Grundleistung auf, da weder von Mensch noch Maschine über die volle Arbeitszeit eine 100 %ige Arbeitsleistung erbracht werden kann. Anfahr- und Auslaufverluste bei Schichtbeginn und Schichtende, kleinere Stillungswechsel, notwendige Tankpausen und persönliche Pausen des Maschinenführers werden durch einen Zeitfaktor berücksichtigt. Die technische Grundleistung wird zusätzlich auch durch das zu be- und verarbeitende Material beeinflusst.

### 4. Schritt: **Technische Nutzleistung $Q_N$**

In die technische Nutzleistung fließen Größen, die aus Betriebsbedingungen und Baustellenbedingungen resultieren, ein. Betriebsbedingungen sind z.B. der technische Zustand der Maschine, Qualifikation und Motivation des Maschinenführers, Betriebsklima oder die Arbeitsvorbereitung. Baustellenbedingungen sind z.B. Witterungsverhältnisse, Umfang der Arbeiten oder störungsbedingte Unterbrechungen.

## 5.7.2 Ablauf TU Wien

### 1. Schritt: **Theoretische Leistung $Q_0$**

Die theoretische Leistung einer Baumaschine ist die Menge des Arbeitsgegenstandes, die von der Maschine bestimmungsgemäß unter definierten Normbedingungen theoretisch in einer Zeiteinheit verändert werden kann. Es ist die Leistung, die aus den konstruktiv vorgegebenen Arbeitsgeschwindigkeiten für die einzelnen Teilvorgänge resultiert. Die Ermittlung erfolgt unter Laborbedingungen.

### 2. Schritt: **Grundleistung $Q_G$**

Die Grundleistung ist die Leistung, welche von einem bestimmten Gerät unter „idealen“ Bedingungen materialabhängig, aber ohne Berücksichtigung geräte- oder organisationsbedingter Einflüsse für kurze Zeit erbracht werden kann. Somit ist die Grundleistung die Leistung einer Baumaschine, die bei ununterbrochener Arbeit und weitestgehender Gleichzeitigkeit ihrer Haupt- und Nebenprozesse an einem bestimmten Arbeitsgegenstand nach einem standardisierten technologischen Schema erbracht werden kann.

### 3. Schritt: **Technische Leistung $Q_T$**

Die technische Leistung ist bei störungsfreiem Betrieb unter Berücksichtigung der konkreten Bedingungen des Arbeitsgegenstandes und des technologischen Schemas maximal erreichbare Leistung. Sie berücksichtigt nicht die Einflussfaktoren des praktischen Baubetriebs.

#### 4. Schritt: **Nutzleistung $Q_N$**

Die Nutzleistung wird aus der Grundleistung unter Berücksichtigung aller bekannten Leistungseinflüsse, insbesondere aus der Maschine (Maschinenzustand) selbst, dem Menschen, den Baustellen- und Witterungsverhältnissen ermittelt.

### 5.7.3 Ablauf UNI Innsbruck

#### 1. Schritt: **Theoretische Leistung $Q_0$**

Es ist die Leistung, die aus den konstruktiv vorgegebenen Arbeitsgeschwindigkeiten für die einzelnen Teilvorgänge eines Arbeitsspiels ergibt.

#### 2. Schritt: **Grundleistung $Q_G$**

Die theoretische Grundleistung ist die Leistung, die bei einer bestimmten Einsatz- und Materialart kurzzeitig erreichbar ist. Sie ist, wie die theoretische Leistung  $Q_0$ , nur eine rechnerische Größe, die unter bestimmten Bedingungen wie pausenlose Arbeit, einwandfreier Gerätezustand, immer gleiche Arbeitsbedingungen oder ungestörter Einsatz erreicht werden kann.

#### 3. Schritt: **Technische Leistung $Q_T$**

Die technische Leistung ist jene Leistung, die sich aus der Grundleistung unter Berücksichtigung der zuvor angeführten Abweichungen ergibt. Sie stellt somit die erreichbare Leistung einer Maschine bei störungsfreiem Betrieb dar.

#### 4. Schritt: **Nutzleistung $Q_N$**

Die Nutzleistung ist jene Leistung, die sich aus der technischen Leistung unter Berücksichtigung des praktischen Betriebes auf der Baustelle ergibt. Die Abminderung der technischen Leistung auf die Nutzleistung ist aufgrund humaner, organisatorischer, technischer und umweltbedingter Faktoren notwendig. Sie berücksichtigt alle bekannten, materialbedingten und technischen Leistungsminderungen, insbesondere auch die Bedienungs- und Betriebsbedingungen sowie die Geräteausnutzung.

#### 5. Schritt: **Dauerleistung $Q_D$**

Die Dauerleistung

### 5.7.4 Ablauf Girmscheid

Der Ablauf ist in Unterkapitel 4.5 ausführlich dargestellt.

### 5.7.5 Ablauf Hoffman

Siehe Seite 28. (DIN ISO 9245)

#### 1. Schritt: **Grundleistung (theoretische Leistung) $Q_B$**

Leistung in Kubikmeter pro Stunde, die mit der jeweiligen Arbeitseinrichtung bei einer bestimmten Einsatz- und Materialart kurzzeitig erreichbar ist. Unberücksichtigt bleiben leistungsmindernde Einflüsse aus Gerätezustand, Baustellenorganisation und Witterung. Vorausgesetzt wird ein eingearbeiteter Baumaschinenführer.

#### 2. Schritt: **Nutzleistung $Q_A$**

Leistung in Kubikmeter pro Stunde, die mit der jeweiligen Arbeitseinrichtung bei einer bestimmten Einsatz- und Materialart auf Dauer erreicht wird. Hierbei werden alle leistungsbeeinflussenden Größen wie Gerätezustand und -bedienung, Baustellenorganisation und Witterung berücksichtigt.

### 5.7.6 Ablauf Hüster

#### 1. Schritt: **Grundleistung $Q_0$**

Die Grundleistung ist eine „synthetische“ Leistung, welche von einem bestimmten Gerät unter idealen Bedingungen materialabhängig, aber ohne Berücksichtigung geräte- oder organisationsbedingter Einflüsse für kurze Zeit erbracht werden kann.

#### 2. Schritt: **Nutzleistung $Q_N$**

Die Nutzleistung wird auch Durchschnittsleistung, Dauerleistung oder auch Kalkulationsleistung genannt. Sie wird ermittelt unter Berücksichtigung aller bekannten Leistungseinflüsse, insbesondere auch derjenigen der Baustellenverhältnisse und der Witterung.

Im folgenden Bild sind die Definitionen der Leistungsbegriffe der einzelnen Autoren dargestellt. Ausgangspunkt sind die Definitionen der TU Graz. Alle anderen Definitionen beziehen sich auf diese.

	TU Graz	TU Wien	UNI Innsbruck	Girmscheid	Hoffmann	Hüster
	Theoretische Leistung	Theoretische Leistung $Q_0$	Theoretische Leistung $Q_0$	Theoretische Leistung $Q_T$	_____	_____
	Theoretische Grundleistung $Q_0$	Grundleistung $Q_G$	Grundleistung $Q_G^1$	Theoretische Grundleistung $Q_0^3$	_____	Grundleistung $Q_0$
	Technische Grundleistung $Q_T$	Technische Leistung $Q_T$	≠ Technische Leistung $Q_T^2$	Technische Grundleistung $Q_{T0}^4$	Grundleistung $Q_B^5$	_____
	Technische Nutzleistung $Q_N$	Nutzleistung $Q_N$	Nutzleistung $Q_N$	Technische Nutzleistung $Q_N$	Nutzleistung $Q_A$	Nutzleistung $Q_N$

Bild 5.4 Vergleich der Leistungsdefinitionen

Anmerkungen:

- 1 Die Definitionen stimmen inhaltlich überein, die Formeln weichen aber voneinander ab.
- 2 Die Definitionen stimmen weder inhaltlich noch formelmäßig überein.
- 3 Die Definitionen stimmen inhaltlich überein, die Formeln weichen aber voneinander ab.
- 4 Die Definitionen stimmen weder inhaltlich noch formelmäßig überein.
- 5 Die Definitionen stimmen inhaltlich überein, die Formeln weichen aber voneinander ab.

## 6 Erdbaugeräte

### 6.1 Allgemeines

Zum Erdbau zählen alle Baumaßnahmen, bei denen der Boden in seiner Lage, in seiner Form und in seiner Lagerungsbeschaffenheit verändert wird. Beim Erdbau lassen sich nachstehende Arbeitsschritte unterscheiden, wobei ein Gerät einen oder mehrere Arbeitsvorgänge gleichzeitig ausführen kann:

- Lösen
- Laden
- Fördern
- Einbauen
- Verdichten
- (Profilieren)

Erdbau

Arbeitsvorgänge Erdbau

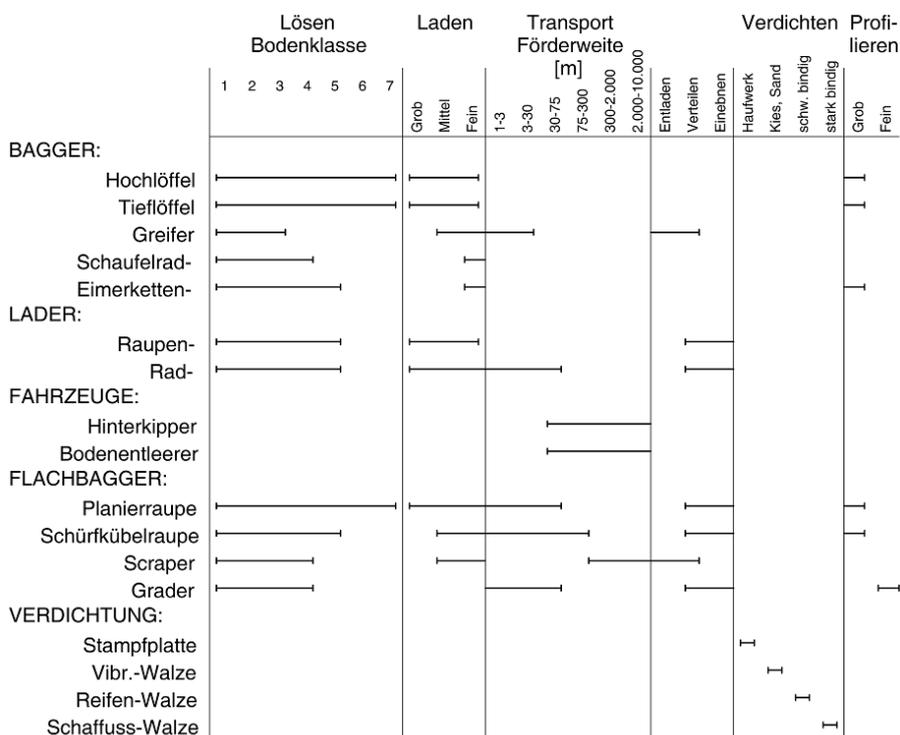


Bild 6.1 Einsatzbereiche verschiedener Erdbaugeräte<sup>18</sup>

<sup>18</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 17.

Für die Auswahl der geeigneten Maschine im Erdbau sind eine Reihe von Bodenkenngrößen zu beachten.<sup>19</sup>

- Auflockerung
- Füllfaktor
- Füllwiderstand
- Kinematische Bodenzähigkeit
- Gewebewiderstand
- Schürfwiderstand
- Kraftschluss
- Rollwiderstand
- Zulässiger Bodendruck

Die ersten sechs Kenngrößen sind für den Schürf- und Füllvorgang, die restlichen drei Kenngrößen für die Fahrbahnbeschaffenheit von entscheidender Bedeutung.

Erdbauarbeiten spielen bei nahezu jeder Baumaßnahme eine Rolle, egal ob der Boden als Tragkonstruktion (Hochbau, Verkehrswegebau,...) oder als Baustoff selbst (Dammbau, Lärmschutzwand,...) eingesetzt wird. Der Boden ist so zu bearbeiten, dass ein Bauwerk stand sicher und setzungsfrei darauf errichtet werden kann.

Nur selten können Baumaschinen des gleichen Typs die gesamten Arbeiten auf einer Erdbaustelle alleine bewerkstelligen.<sup>20</sup> In der Regel werden Baumaschinen in Gruppen oder Komplexen zusammen eingesetzt. Die richtige Auswahl der Maschinenkombination ist eine Entscheidung von technischen, betriebswirtschaftlichen und arbeitsorganisatorischen Komponenten. Folgende Zusammenspiele der Baumaschinen sind möglich:

Zusammenspiel  
Baumaschinen

- Maschinengruppe

Bei der Maschinengruppe bilden mehrere gleichartige Maschinen eine Gruppe, um gemeinsam eine Aufgabe zu erfüllen.

- Maschinensatz

Der Maschinensatz ist eine Menge von Maschinen, die funktionell einer komplexen Aufgabe zugeordnet sind, ohne sie geometrisch oder leistungsfähig auf einander abzustimmen, da sie normalerweise als Beistellgeräte arbeiten; z.B. Turmdrehkran, Rüttler,...

<sup>19</sup> Vgl. PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 17.

<sup>20</sup> Vgl. JODL, H.: Vorlesungsskriptum Bauverfahrenstechnik SS 2010; S. 56ff.

- Maschinenkomplex

Beim Maschinenkomplex bilden zusammenarbeitende Maschinen eine Kombination, bei der die Maschinen sowohl in geometrischer als auch in leistungsmäßiger Hinsicht aufeinander abgestimmt werden. z.B. Bagger-LKW.

Aus den unterschiedlichen Maschinenkombinationen ergeben sich verschiedene Arbeitsweisen.

- Bei der Maschinenkombination „in Reihe“ erledigen die einzelnen Baumaschinen ihre Aufgabe hintereinander

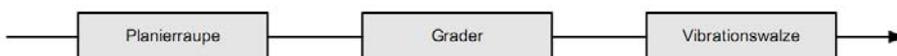


Bild 6.2 Arbeitsweise – in Reihe<sup>21</sup>

- Bei der Maschinenkombination „parallel“ erledigen mehrere Baumaschinen ihre Aufgabe nebeneinander

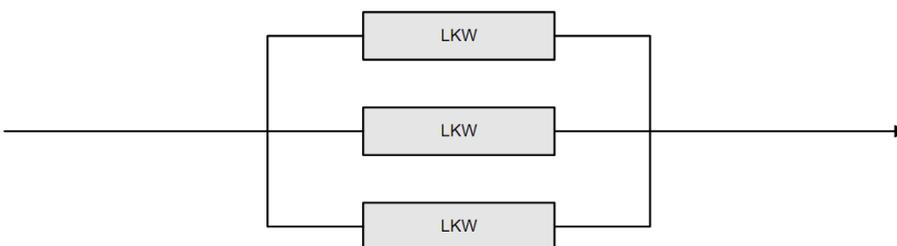


Bild 6.3 Arbeitsweise- parallel<sup>22</sup>

- Bei der Maschinenkombination „kombiniert“ treten die beiden oberen Arbeitsweisen zusammen auf.

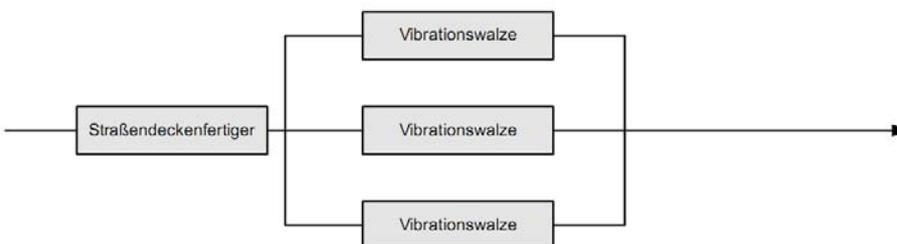


Bild 6.4 Arbeitsweise- kombiniert<sup>23</sup>

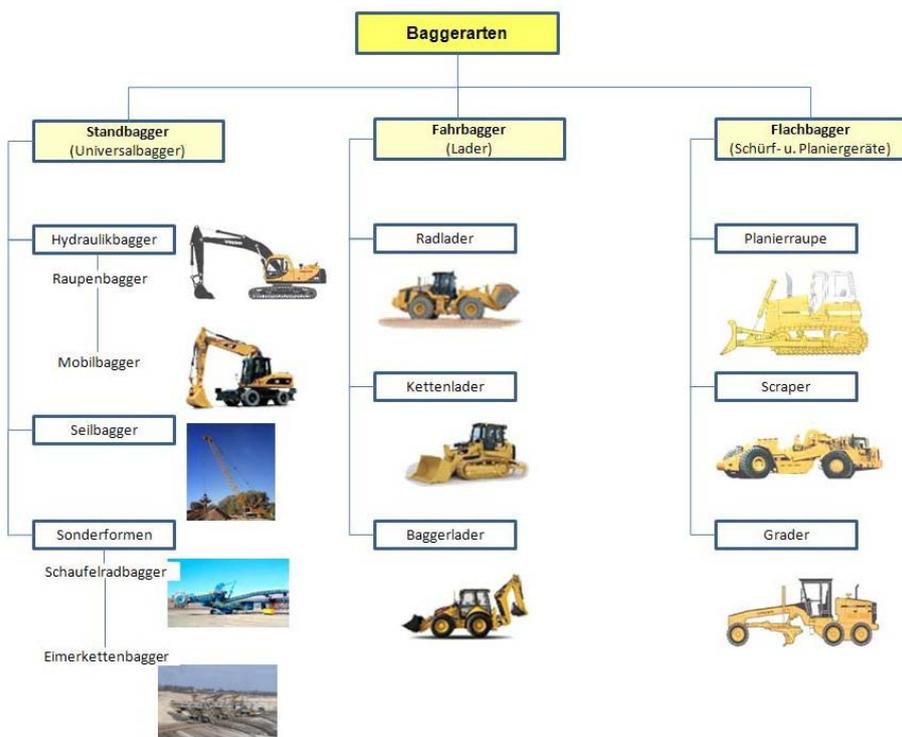
<sup>21</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 15.

<sup>22</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 15.

<sup>23</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 15.

**6.2 Einteilung der Erdbaugeräte**

Die Einteilung der Erdbaugeräte ist nicht einheitlich, sie kann nach verschiedenen Klassifikationen erfolgen. Die ÖBGL 1996 teilt die Erdbaugeräte in Bagger und Lade- und Planiergeräte ein, während andere Literaturquellen wiederum alle Erdbaugeräte unter dem Oberbegriff Bagger zusammenfassen. Die weitere Untergliederung erfolgt dann wie in Bild 6.5 ersichtlich in Stand-, Fahr-, und Flachbagger.



Einteilung Erdbaugeräte

Bild 6.5 Klassifikation der Erdbaugeräte<sup>24</sup>

**6.2.1 Standbagger (Universalbagger)**

Standbagger führen – wie der Name schon sagt – ihre hauptsächliche Arbeitsaufgabe, das Lösen und Laden von Erdmaterial, weitgehend an derselben Stelle aus. Im Normalfall führen sie nur Fahrbewegungen im Zuge von kleinen Stellungswechseln im Arbeitsbereich aus.

Standbagger können wie folgt unterschieden werden:<sup>25</sup>

<sup>24</sup> MARX, A.: Bachelorprojekt: Leistungswert Hydraulikbagger; S. 12.

<sup>25</sup> RAABER, N.: Vorlesungsskriptum Baugerätekunde WS 1995/96; S. 3.1.3.

- nach der Arbeitsweise
  - ♦ absatzweise arbeitende Bagger
  - ♦ kontinuierlich arbeitende Bagger
- nach der Stellung des Baggers am Abbauort
  - ♦ Hoch- oder Tiefbaggerung
- Nach der Lage des Baggergutes
  - ♦ Nass- oder Trockenbaggerung
- Nach dem Antrieb der Arbeitswerkzeuge
  - ♦ Seilbagger
  - ♦ Hydraulikbagger
- nach der Fahrwerksausbildung
  - ♦ Raupenfahrwerk
  - ♦ Radfahrwerk (Mobilbagger)
  - ♦ Gleisfahrwerk
  - ♦ Schreiteinrichtung
  - ♦ Schwimmbagger
- nach dem Grabgefäß
  - ♦ Löffel-, Schürfkübel-, Greifer-, Eimerketten-, Schaufelradbagger

Eine weitere Möglichkeit der Einteilung wäre:<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> HECK, D.: Vorlesungsskriptum Baubetriebslehre WS 2009/10; S. 78.

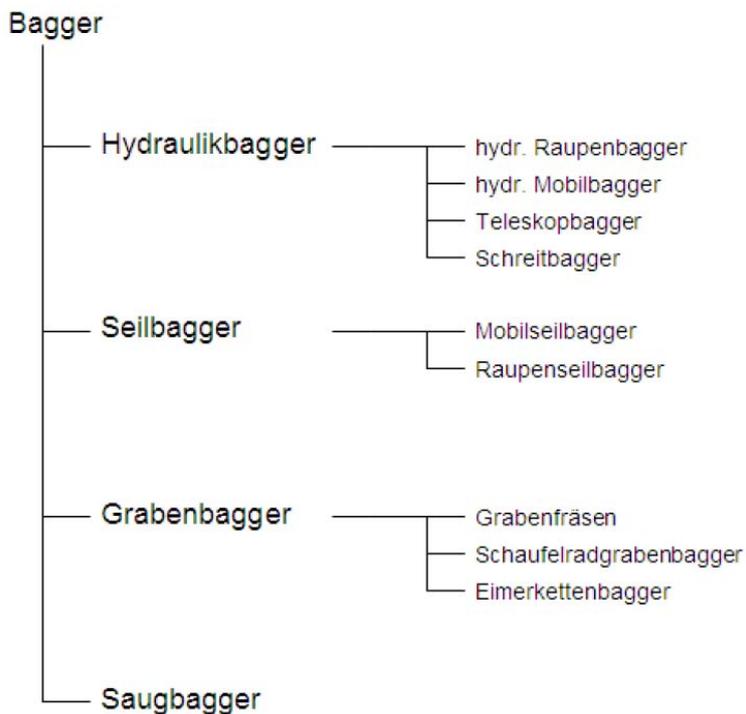


Bild 6.6 Einteilung Standbagger

### 6.2.2 Fahrbagger (Lader)

Im Gegensatz zum Standbagger muss der Fahrbagger, um seine Arbeit erledigen zu können, Fahrbewegungen durchführen. Seine Haupttätigkeiten sind das Lösen und Befördern von Erdmaterial und Schutzgütern sowie das Beladen von Transportfahrzeugen.

Fahrbagger bzw. Lader können wie folgt unterschieden werden<sup>27</sup>

- nach dem Fahrwerk
  - ◆ Radlader und Kettenlader
- nach der Art der Lenkung
  - ◆ Achsschenkelenkung
  - ◆ Knicklenkung
  - ◆ Kombinierte Lenkung
- nach der Anordnung der Schaufel

<sup>27</sup> HECK, D.: Vorlesungsskriptum Baubetriebslehre WS 2009/10; S. 95.

- ◆ Frontlader
- ◆ Kippschaufellader
- ◆ Schwenkschaufellader
- ◆ Überkopflader
- Nach der Art der Arbeitsausrüstung
  - ◆ Schaufellader und Baggerlader

### 6.2.3 Flachbagger

Beim Flachbagger ist wie beim Fahrbagger ebenfalls eine Fahrbewegung zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe notwendig. Haupttätigkeit ist einerseits der flache Auf- und Abtrag des Bodens (z.B. Planierdrape, Grader) und andererseits die Materialaufnahme sowie der Materialtransport über weitere Entfernungen (z.B. Scraper, Schürfkübeldrape).

In weiterer Folge wird nun auf zwei Erdbaugeräte näher eingegangen, da sie anschließend einer genauen Leistungsermittlung unterzogen werden.

### 6.3 Hydraulikbagger



Bild 6.7 Hydraulikbagger EC 460 C der Firma Volvo im Arbeitseinsatz<sup>28</sup>

Nach Bild 6.2 lassen sich die Hydraulikbagger in die Untergruppen

- Hydraulischer Raupenbagger
- Hydraulischer Mobilbagger
- Teleskopbagger
- Schreitbagger

einteilen.

Der Teleskopbagger und der Schreitbagger spielen eine untergeordnete Rolle und werden an dieser Stelle nicht weiter behandelt.

Der Hydraulikbagger (Raupen- und Mobilbagger) ist heute zutage aufgrund seiner vielseitigen Einsatzmöglichkeiten das Universalgerät auf einer klassischen Erdbaustelle. Der Siegeszug des Hydraulikbaggers begann in den 1970er Jahren, als er, aufgrund der Vorteile des Hydraulikantriebs, mit dem bis dahin in dominiierenden Seilbagger in Wettbewerb treten konnte. Die neue Antriebsweise erlaubte ein schnelles, zuverlässiges und leistungsfähiges Arbeiten. Der Einzug der Elektronik Anfang der 1990er Jahre, das ein noch wirtschaftlicheres Arbeiten ermöglichte, baute der Hydraulikbagger seine Vormachtstellung weiter aus. Heute hat er den Seilbagger aus all denjenigen Bereichen verdrängt, in denen die Seilwinde nicht aus anderen Gründen erforderlich ist.

Entwicklung Hydraulikbagger

<sup>28</sup> <http://www.volvo.at>

### 6.3.1 Einteilung

König teilt die Hydraulikbagger in 3 Baugrößen, die abhängig von den technischen Kenngrößen Betriebsgewicht und Motorleistung sind, ein.<sup>29</sup>

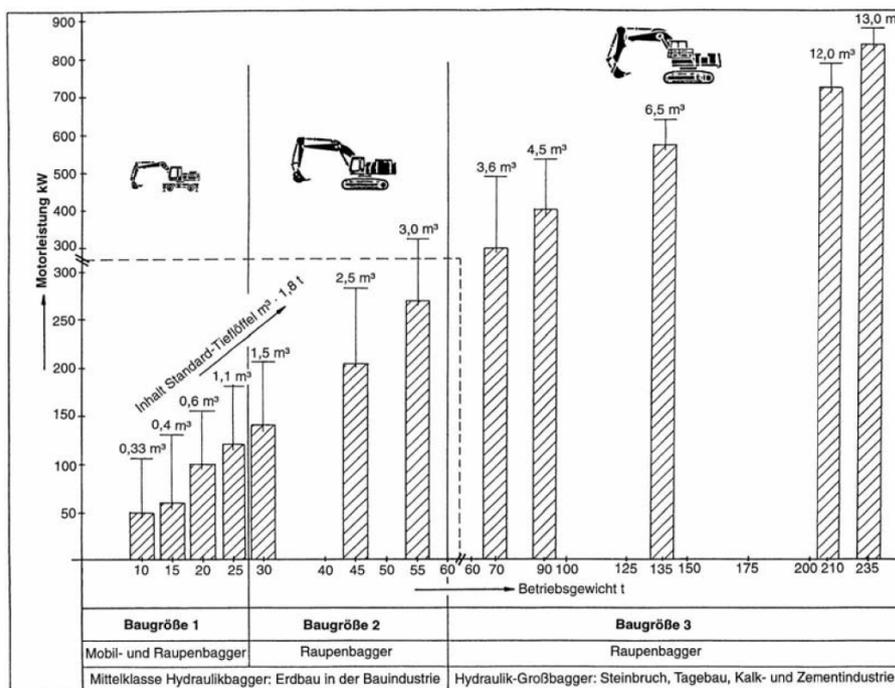


Bild 6.8 Baugrößen der Hydraulikbagger<sup>30</sup>

Hydraulikbagger der Baugröße 1 können mit einem Raupen- oder Radfahrwerk ausgestattet sein. Sie können aufgrund verschiedenartiger Arbeitswerkzeuge zu sehr umfangreichen Tätigkeiten auf der Baustelle herangezogen werden. Hydraulikbagger der Baugröße 2 werden nur mehr mit Raupenfahrwerk hergestellt. Die vorherrschende Arbeitsausrüstung ist der Tieföffel mit Monoblockausleger. Sie kommen auf Baustellen zum Einsatz, auf denen größere Erdmassen zu bewegen sind. Zur 3. Kategorie gehören Hydraulik-Großbagger, die nur mehr im Tagebau oder im Steinbruch Verwendung finden. Dort ist neben dem Tieföffel auch die Klappschaufel im Gebrauch. Im Gegensatz zu Hydraulikbaggern der Baugröße 1 und 2 können diese nicht mehr mit Tiefladern zum Einsatzort transportiert werden. Sie werden in Einzelteilen zum Bestimmungsort gebracht und erst vor Ort zusammengebaut.

<sup>29</sup> Vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 83 ff.

<sup>30</sup> KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 83.

### 6.3.2 Aufbau/ Konstruktion

Der Hydraulikbagger besteht aus:

- Unterwagen mit Fahrwerk
- Oberwagen mit Motor, Hydraulikpumpen und Fahrerkabine
- Schwenkwerk und
- Ausleger mit Arbeitsausrüstung

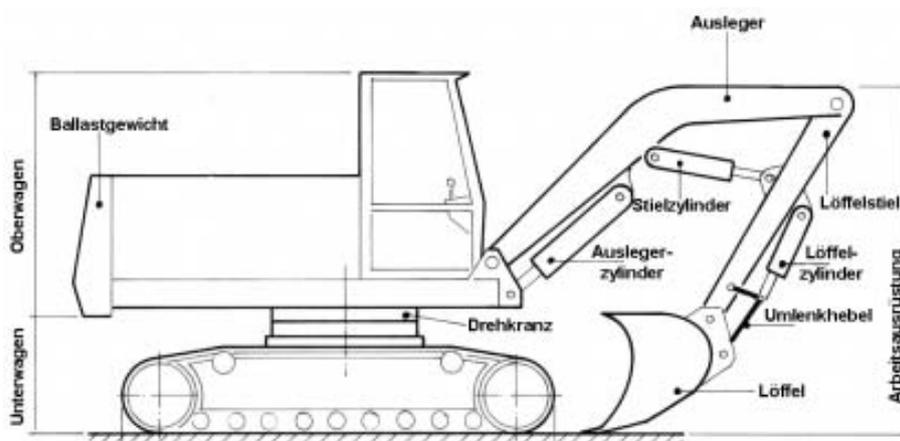


Bild 6.9 Aufbau Hydraulikbagger<sup>31</sup>

Die Einsatzbedingungen vor Ort sind dafür entscheidend, ob ein Unterwagen mit einem Kettenfahrwerk oder ein Unterwagen mit Radfahrwerk zum Zug kommt. Das Kettenfahrwerk bietet bei schweren und nas sen Böden eine bessere Standsicherheit, während das Radfahrwerk bei trockenem, festem Untergrund Vorteile in der Beweglichkeit besitzt. Hydraulikbagger mit einem sehr hohen Betriebsgewicht müssen mit einem Kettenfahrwerk ausgestattet werden, da nur so die Ableitung der hohen Kräfte in die Aufstandsfläche ermöglicht werden kann. Die Ausführungen der Raupenfahrwerke können der Arbeitsumgebung angepasst werden. Neben dem Standard-Laufwerk gibt es noch die LC-Ausführung (long crawler) und die HD-Ausführung (heavy duty). Die LC-Ausführung hat eine größere Aufstandsfläche, was bei besonders weichen Böden zu einem geringeren Bodendruck führt. Die HD-Ausführung ist schmaler und robuster gebaut und somit für den Einsatz im schweren Fels konzipiert.

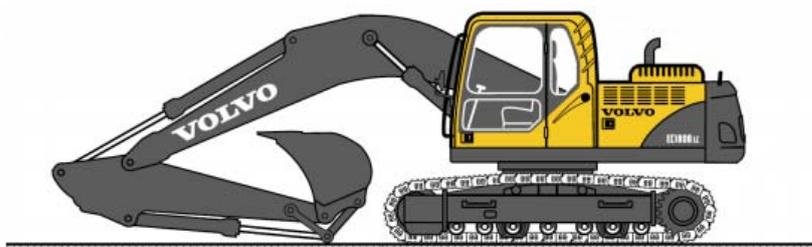
Der Oberwagen beinhaltet den Antriebsmotor, das Gegengewicht, die Fahrerkabine, die Flüssigkeitstanks, Zusatzaggregate und die Aufhängung des Auslegers mit den Hubzylindern.

<sup>31</sup> <http://tec.lehrerfreund.de>

Der Ober- und Unterwagen sind durch einen Kugeldrehkranz miteinander verbunden, womit ein Schwenken des Oberwagens um 360° gewährleistet wird.

Der Ausleger kann entweder als Verstellausleger (Knickausleger) oder als Monoblockausleger ausgeführt werden. Hydraulikbagger der Baugröße 1 werden sehr oft mit Verstellausleger ausgerüstet, da es ihren Arbeitsaufgaben entgegenkommt. Durch das zusätzliche Gelenk werden die Beweglichkeit der gesamten Arbeitsausrüstung und die Reichweite des Auslegers erhöht. Bei Hydraulikbaggern der Baugröße 2 werden überwiegend Monoblockausleger mit verschiedenen Löffelstiellängen verwendet. Der Monoblockausleger hat gegenüber dem Verstellausleger den Vorteil der stabileren und kostengünstigeren Ausführung.

## Monoblockausleger



## Verstellausleger

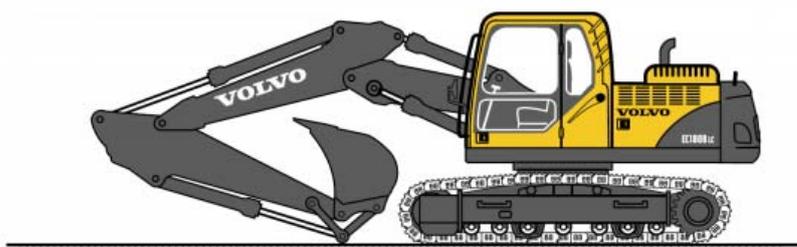


Bild 6.10 Hydraulikbagger mit Monoblock- bzw. Verstellausleger<sup>32</sup>

### 6.3.3 Arbeitsweise<sup>33</sup>

Der Bagger führt seine Fahr-, Schwenk- und Drehbewegungen hydraulisch aus. Der Dieselmotor des Baggers treibt die Hydraulikpumpen an, die die Hydraulikmotoren und Hydraulikzylinder mit

<sup>32</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 38.

<sup>33</sup> Vgl. DREES, G.: Baumaschinen und Bauverfahren, S. 81 ff.

Hydraulikflüssigkeit als Energieträger zu versorgen. Der Zusammenhang wird durch die nachstehende Gleichung erläutert.

$$P = p \times \frac{V}{t}$$

Mit: P..... Motorleistung [KW]

p..... Druck [KN/m<sup>2</sup>]

V/t..... Volumenstrom [m<sup>3</sup>/s]

Der große Vorteil des Hydrauliksystems ist die gute Anpassungsfähigkeit des Baggers an die jeweiligen Betriebsbedingungen. Mit Hilfe von eingebauten Belastungssensoren kann der Energieeinsatz der einzelnen Verbraucher untereinander abgestimmt und geregelt werden. Werden bei einer Arbeitsausführung hohe Kräfte benötigt, z.B. beim Lösen von Fels, wird ein großer Druck im Hydrauliksystem aufgebaut. Dadurch entsteht ein kleiner Volumenstrom, sodass sich der Hydraulikkolben und das angeschlossene Arbeitswerkzeug langsamer bewegen. Im umgekehrten Fall, z.B. beim Lösen von leichtem Oberboden, wird nur ein geringer Druck im Hydrauliksystem erzeugt, wodurch sich die Kolben schneller bewegen. Damit kann eine schnellere Arbeitsgeschwindigkeit erzielt werden.

Hydraulikantrieb

Elektronische Steuer- und Regelrichtungen sind bei den modernen Baggern Standard der Technik. Eine Grenzlastregelung schützt den Antriebsmotor und die Hydraulikmotoren vor Überlastung. Diagnosesysteme liefern Betriebsdaten für eine vorbeugende und planmäßige Instandhaltung, was zu einer gesteigerten Geräteverfügbarkeit beiträgt.

#### 6.3.4 Arbeitsausrüstung

Die klassische Arbeitsausrüstung für einen Hydraulikbagger besteht aus dem Schwenkarm mit zwei Hubzylindern (Auslegerzylinder), dem Ausleger mit Stielzylinder, dem Löffelstiel mit Löffelzylinder und dem Grabgefäß. Das Standardgrabgefäß ist der Tieflöffel in seinen verschiedensten Ausführungsformen und der Hochlöffel als Klapp- oder Kippschaufel.

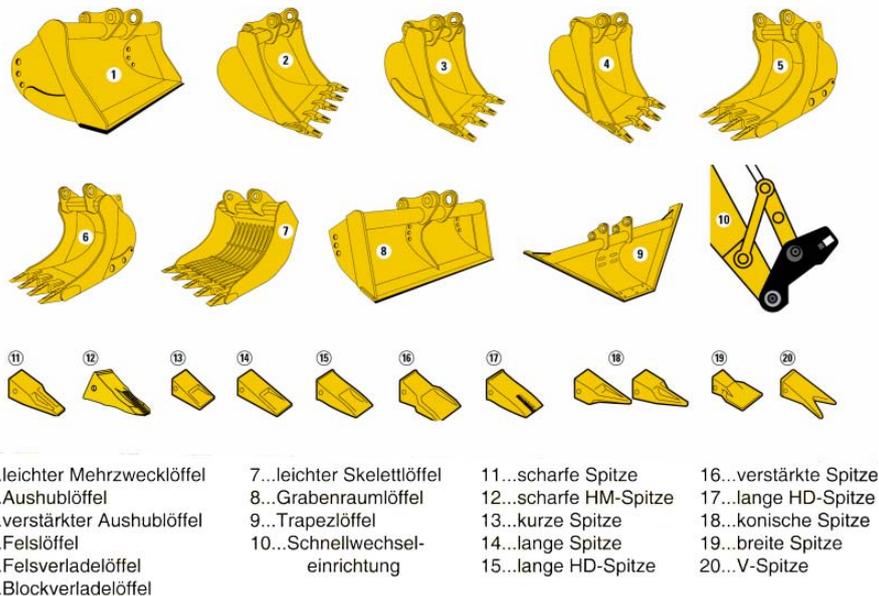


Bild 6.11 Verschiedene Grabgefäße (Löffel) und Spitzen (Zähne)<sup>34</sup>

Beim Tieflöfteleinsatz befindet sich die zu bearbeitende Fläche unterhalb der A ufstandsfläche des B aggers. Der Bagger f ührt da bei s einen Ausleger s tets v on o ben her ab und er bewegt s ich i m Lauf e s eines Arbeitsfortschrittes rü ckwärts. Beim Hochlöfteleinsatz bef indet s ich di e Arbeitsfläche ober halb d er A ufstandsfläche. Der B agger f ührt dabe i seinen Ausleger stets von unten nach oben und er bewegt sich im Laufe seines Arbeitsfortschrittes vorwärts.

Es kann aber auch eine Reihe von weiteren Anbaugeräten zum Einsatz kommen, wodurch der Hydraulikbagger eine große Einsatzvielfalt erfährt. Durch eine hydraulische Schnellwechseleinrichtung kann ein passendes Anbaugerät einfach und z ügig m ontiert wer den. Wie um fangreich die Arbeitsgestaltung mit verschiedenen Anbaugeräten sein kann, zeigt Bild 6.12

<sup>34</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 42.

Lade- und Grabwerkzeuge	Abbruchwerkzeuge; Werkzeuge zum Fräsen und Sägen	Werkzeuge zum Bohren, Rammen und Verdichten	Einrichtungen zum Heben von Lasten und sonstige Werkzeuge
Universalflöf­fel Felstieflöf­fel Löffel/Auswerfer Gesteinslöf­fel Verbaulöf­fel Drainagelöf­fel Grabenprofil­löf­fel Grabenräumlöf­fel Sortierlöf­fel Vibrationslöf­fel Ladeschau­fel Rundschalen­grei­fer Zweischa­len­grei­fer Univer­sal­grei­fer Mehrscha­len­grei­fer Holzgrei­fer Rohrklam­mer Stein­stapel­zange	Betonpul­verisier­er Beton­bei­ßer Abbruch­zange Schrottsche­re Hydraulik­hammer Abriß­zahn Holzspal­ter Roderechen Frei­fall­bär Beton­fräse Graben­fräse Baum­stump­f­fräse Greif­säge Beton-Asphalt­säge Felssäge	Erdbohrantrieb Bohrglocke Vibrationsramm­bär Ramm­bär Vibrationsver­dichter	Lasthaken Vaku­um­hebesystem Lasthebe­magnet Kabeltrom­mel Hubarbeits­bühne Räum-, Planierschild Graben­rei­niger Trichter mit Verfüll­för­der­band Schlackengabel pneumatische Saug­ein­rich­tung Betonspritz­mast Kehrmaschine Winde Schlägel­mähwerk Häckselein­rich­tung Manipulator Kombi­na­tions­werk­zeug

Bild 6.12 Anbauwerkzeuge für den Hydraulikbagger<sup>35</sup>

### 6.3.5 Reichweitendiagramme (Grabkurven)

Mit Hilfe der Reichweitendiagramme kann man die Reichweite und Grabtiefe eines Baggers bestimmen. Dadurch kann festgestellt werden, ob der Bagger von seiner Geometrie her für die spezielle Arbeit geeignet ist.

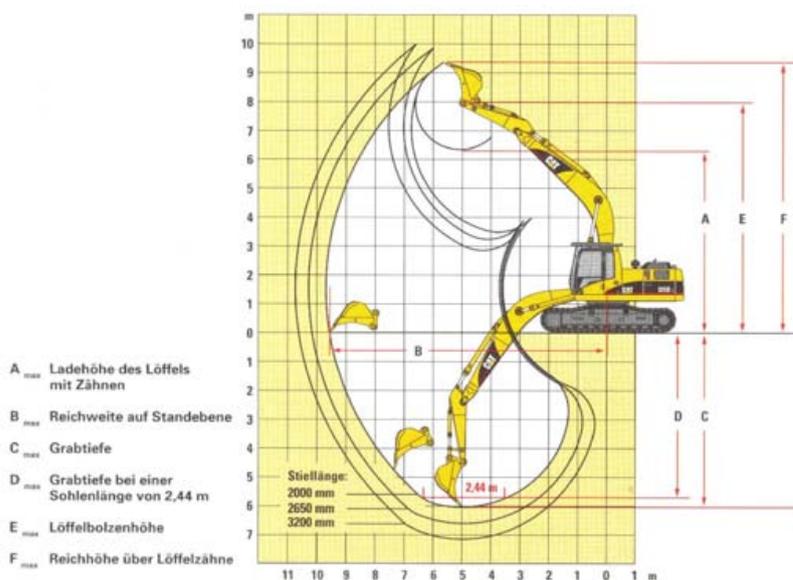


Bild 6.13 Grabkurve<sup>36</sup>

<sup>35</sup> KUNZE, G.: Baumaschinen, S. 173.

<sup>36</sup> WYMER, W.: Grundlagen der Erdbewegung, S. 74.

### 6.3.6 Kräfte am Tieflöffel<sup>37</sup>

Für das Eindringen des Löffels in den Boden sind die Losbrechkraft (L) des Löffels und die Reißkraft (R) des Löffelstiels verantwortlich. Diese Grabkräfte werden an den äußersten Zahnsitzen ermittelt und sind bei jedem Bagger im Dat enblatt ent halten. Die Reißkraft wird über den Stielzylinder erzeugt und sie ist dann am größten, wenn der Abstand a maximal wird. Die Losbrechkraft wird hingegen über den Löffelzylinder erzeugt und sie ist dann am größten, wenn der Abstand b maximal wird.

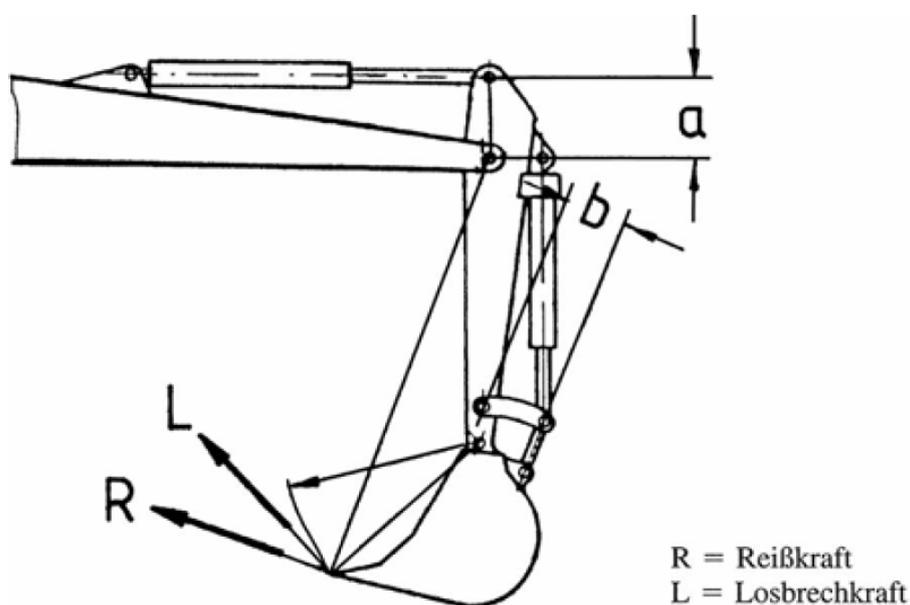


Bild 6.14 Kräfte am Tieflöffel<sup>38</sup>

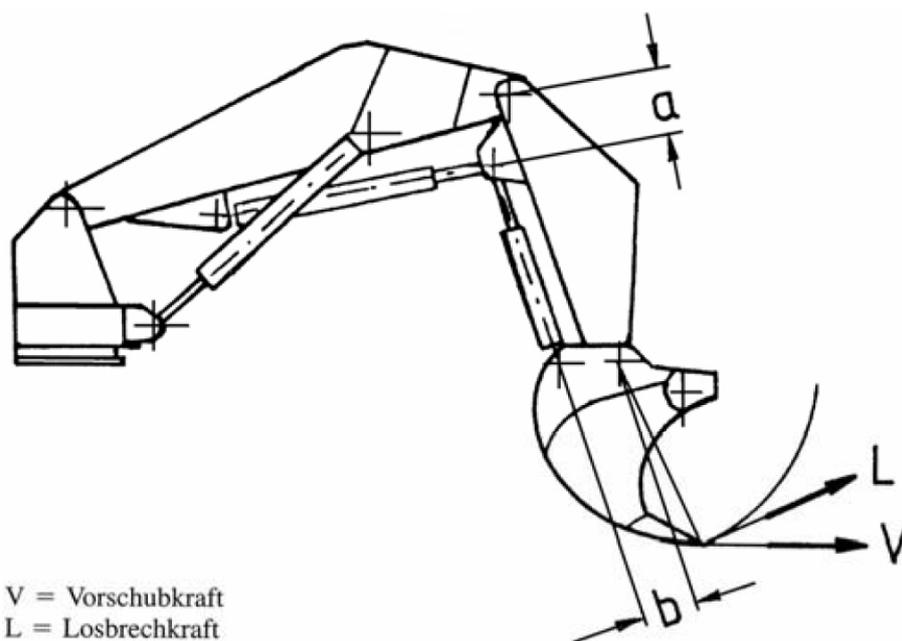
### 6.3.7 Kräfte am Hochlöffel<sup>39</sup>

Beim Hochlöffel sind die Vorschubkraft (V) und die Losbrechkraft (L) als Grabkräfte wirksam. Sie werden ebenfalls an den äußersten Zahnsitzen gemessen. Die Vorschubkraft wird über den Stielzylinder erzeugt und sie ist dann am größten, wenn der Abstand a maximal wird. Die Losbrechkraft wird hingegen über den Schaufelzylinder erzeugt und sie ist dann am größten, wenn der Abstand b maximal wird.

<sup>37</sup> Vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 89.

<sup>38</sup> KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 90.

<sup>39</sup> Vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 90.

Bild 6.15 Kräfte am Hochlöffel<sup>40</sup>

### 6.3.8 Systemgerechte Einsatzgestaltung bei Hydraulikbaggern

Eine sorgfältige Arbeitsvorbereitung und eine gut geplante Abstimmung des Geräteinsatzes sind für ein wirtschaftliches Arbeiten im Erdbau unerlässlich. Je günstiger die Arbeitsvoraussetzungen auf der Baustelle sind, desto größer ist die Leistungsfähigkeit des Baggers.

Ein systemgerechter Einsatz von Hydraulikbaggern setzt folgende Randbedingungen voraus:<sup>41</sup>

- günstige Anschnitthöhe; Schnitthöhe (Hochlöffel) bzw. Schnitttiefe (Tieflöffel) zu Löffelstielhöhe. Durch eine ungünstige Stellung des Grabgefäßes kann die vom Hydraulikzylinder erzeugte Kraft nur teilweise ausgenutzt werden.
- kleinstmöglicher Schwenkwinkel, günstig 15° - 60°
- Abstimmung der Grabgefäßgröße auf die Transportgefäßgröße; Als Richtwert kann ein Verhältnis von 1:5 angenommen werden, d.h. das Transportgefäß wird durch 5 Ladespiele des Baggers vollgefüllt.

Optimaler Baggereinsatz

<sup>40</sup> KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 90.

<sup>41</sup> Vgl. GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse, S. 56.

- Minimierung der Baggerfortbewegung; Die Zahl der Standortwechsel sollte möglichst gering gehalten werden.
- Effektives Zusammenspiel zwischen Bagger und Transportgefäß; Dabei ist besonders auf eine günstige Ladestellung des Transportgefäßes zu achten.

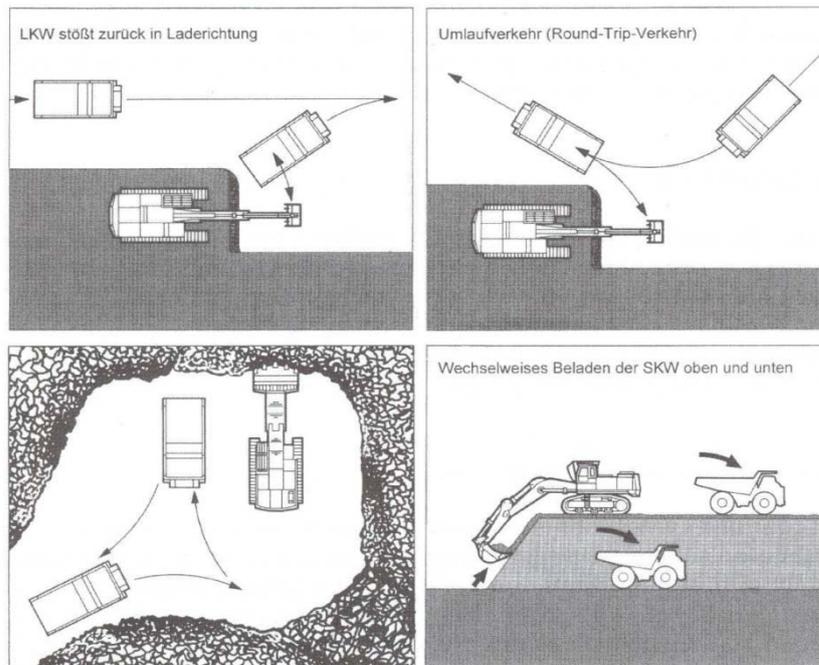


Bild 6.16 Ideale Ladestellung des Transportfahrzeuges<sup>42</sup>

Wie wichtig dieser fachgerechte Einsatz, neben den anderen Einflussfaktoren (Grabkraft, Können des Fahrers,...) auf die Baggerleistung ist, stellt Drees fest:

*Zwischen besonders günstigen und besonders ungünstigen Einsatzbedingungen werden Leistungen im Verhältnis 3:1, teilweise bis 5:1 erzielt. Erfahrungsgemäß treten aber weder extrem günstige, noch extrem ungünstige Einsatzbedingungen auf, so dass Baggerleistungen meist im Verhältnis von 2:1 streuen können.*<sup>43</sup>

<sup>42</sup> DREES, G.: Baumaschinen und Bauverfahren, S. 94.

<sup>43</sup> DREES, G.: Baumaschinen und Bauverfahren, S. 89.

## 6.4 Planierraupe



Bild 6.17 Planierraupe 950J der Firma John Deere im Arbeitseinsatz<sup>44</sup>

Die Planierraupe, die zur Gruppe der Flachbagger gehört, ist auch unter der Bezeichnung Bulldozer bzw. Kettendozer bekannt. Sie ist eine Erdbaumaschine, die zum Lösen und/oder Transportieren (Abschieben) sowie zum Einbau und Verdichten von Erdmaterial dient. Häufig durchzuführende Tätigkeiten sind z.B. der Abtrag von Oberboden oder das Verteilen von einzubauendem Material.

Planierraupe

<sup>44</sup> <http://www.deere.com>

### 6.4.1 Einteilung

König nimmt eine Einteilung der Planierdrauen über die Kenngrößen Motorleistung und Betriebsgewicht vor.<sup>45</sup>

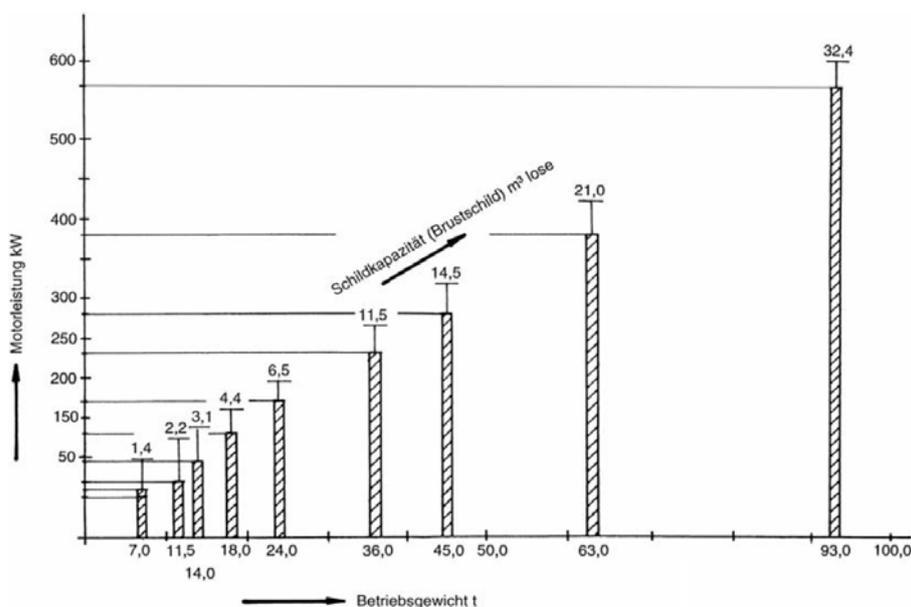


Bild 6.18 Baugrößen von Planierdrauen<sup>46</sup>

Planierdrauen bis etwa 300 kW werden überwiegend im Erd- und Straßenbau eingesetzt, während Großgeräte über 300 kW hauptsächlich im Tagebau und bei der Grundstoffindustrie verwendet werden.

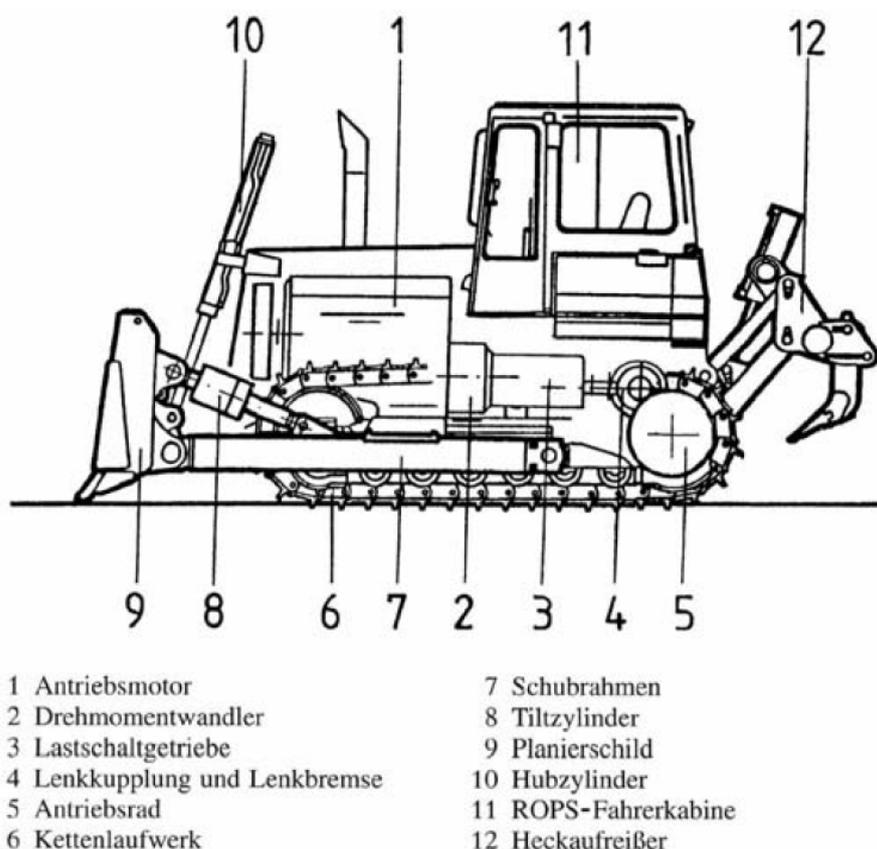
### 6.4.2 Aufbau/ Konstruktion

Eine Planierdraue besteht im Wesentlichen aus folgenden Elementen:

- Grundgerät mit Kettenlaufwerk und Fahrerkabine
- Antriebsmotor (Dieselmotor)
- Arbeitshydraulik
- Planierschild mit Schubrahmen
- Zusatzausrüstung

<sup>45</sup> Vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 132.

<sup>46</sup> KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 133.

Bild 6.19 Bauteile einer Planierraupe<sup>47</sup>

Die Planierraupe besteht aus dem Grundgerät, das sich aus den Raupenschleppern heraus entwickelt hat. Das Kettenlaufwerk ermöglicht eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Maschine und Boden, was den Einsatz sehr leistungsstarker Maschinen zulässt. Das Antriebsrad befindet sich beim herkömmlichen Laufwerk am Heck der Raupe. Beim Baumaschinenhersteller Caterpillar ist dieses Antriebsrad über der Längsachse der Laufrollen angeordnet, so dass sich die geometrische Form eines Deltas ergibt. Der Vorteil des Delta-Laufwerks liegt darin, dass die Antriebsräder außerhalb des größten Schmutzbereichs liegen und dadurch einen geringeren Verschleiß erfahren. Als Antriebsmotor fungiert ein Dieselmotor, der einen Hydraulikmotor bedient, und so einen hydrostatischen Fahrtrieb ermöglicht. Alternativ kann die Kraftübertragung vom Dieselmotor über Drehmomentwandler und Voll-Lastschaltgetriebe erfolgen (hydrodynamischer Antrieb), was ein Schalten ohne Kupplern im Lastzustand erlaubt. Dadurch wird eine optimale Nutzung der Motorleistung gewährleistet. Die Arbeitsausrüstung

<sup>47</sup> KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 134.

wird ebenfalls hydraulisch betätigt. So können die Höhenlage, der Schnittwinkel, die Querneigung und der Winkel des Schildes zur Fahrachse durch die Steuerung der Hydraulikzylinder verändert werden. Am Heck der Raupe können verschiedene Zusatzausrüstungen montiert werden.

### 6.4.3 Arbeitsweise

Die Planierraupe wendet bei der Arbeitsausführung normalerweise nicht. Sie fährt im Rückwärtsgang wieder zum Ausgangspunkt zurück und führt so einen Pendelverkehr durch. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt bei der Schubfahrt 7-11 km/h und bei der Leerfahrt 2-6 km/h. Dadurch ergibt sich eine wirtschaftliche Transportentfernung von ungefähr 50m. Für größere Transportentfernungen bis ungefähr 100m ist, wenn es die Baustellenbedingungen erlauben, ein Radplanierer (Radplanierer) besser geeignet. Dieser erreicht bei der Schubfahrt bis zu 10 km/h und bei der Leerfahrt bis zu 40 km/h. Durch seine Schnelligkeit und Wendigkeit vollbringt der Radplanierer eine hohe Arbeitsleistung, ist aber aufgrund seines Aufbaus in seiner Einsatzgestaltung eingeschränkt. Planierraupen können Geländesteigungen bis 100 Prozent (Steigungswinkel 45 °) befahren.

Für einen gut geplanten Arbeitseinsatz muss folgendes beachtet werden<sup>48</sup>. Beim Lösen und Transportieren von Material müssen, im Hinblick auf die Erbringung einer möglichst großen Arbeitsleistung, die Planierraupe und das Planierschild gut aufeinander abgestimmt sein. Die Eigenschaften des abzuschubenden Bodens sind von entscheidender Bedeutung. Materialkenngrößen wie Korngröße, Kornform, Hohlraumgehalt oder Feuchtigkeitsgehalt gilt es richtig zu beurteilen. Es gilt einen Kompromiss zwischen gutem Eindring- und Füllvermögen des Schildes und gutem Schubvermögen bei gleichzeitig hoher Schubgeschwindigkeit zu finden. Das leichte Eindringen in das Material und das schnelle Füllen des Schildes hängt vom passenden Verhältnis von Motorleistung zu Schildbreite (KW/m) ab. Das Schubvermögen wird durch das Gewicht und die Motorleistung der Planierraupe bestimmt. Die größte Abschubleistung wird bei guter Schildfüllung mit mäßiger Schubgeschwindigkeit erbracht.

---

<sup>48</sup> VGL. WYMER, W.: Grundlagen der Erdbewegung, S. 74.

### 6.4.4 Arbeitsausrüstung

Für spezielle Aufgaben können eine Reihe von Anbaugeräten eingesetzt werden. Da zu gehören u. a. die Seilwinde, die Roderausrüstung, die Steinharke, die Grabenfräse oder eine Laser-Nivellierautomatik. Das Hauptwerkzeug der Planierfrau ist aber das Planierschild, oft in der Kombination mit einem Heckaufreißer. Der Heckaufreißer bzw. Reißzahn ermöglicht das Arbeiten in leichtem bis mittlerem Fels. Das Lösen des Gesteins kann entweder, zur Erleichterung des Abschiebens, der Planierfrau selbst oder zur Unterstützung des Ladens eines Hydraulikbaggers dienen. Das Reißen ist ein relativ komplizierter Vorgang, bei dem es auf die richtige Auswahl der Aufreißkonstruktion, den richtigen Reißwinkel, die richtige Position des Reißzahns etc. ankommt. Die Reißleistung kann genau berechnet werden oder z.B. mit einem Nomogramm abgeschätzt werden.

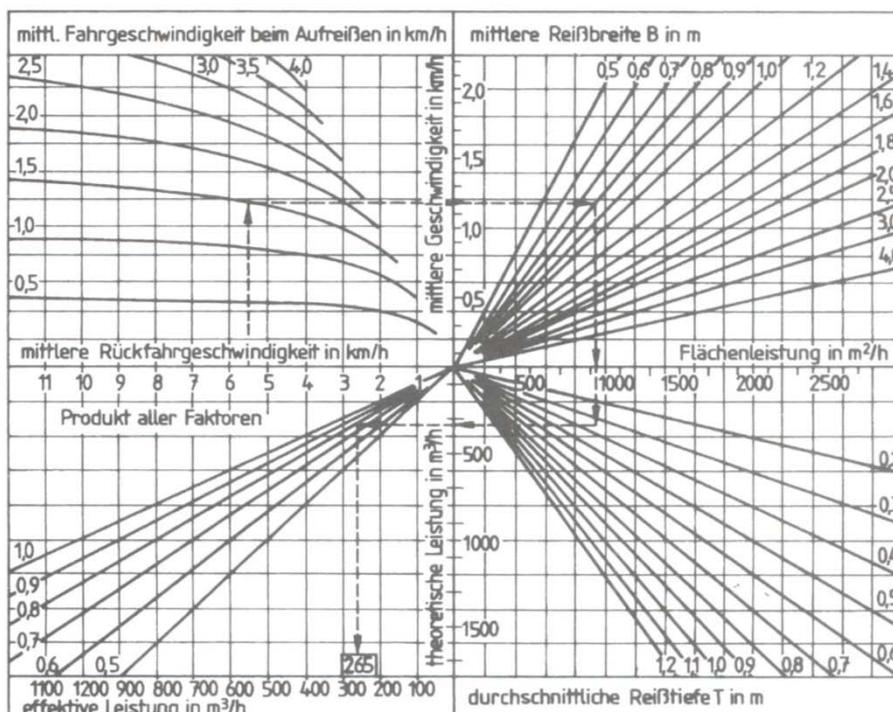


Bild 6.20 Nomogramm zur Ermittlung der Reißleistung<sup>49</sup>

Bei den Aufreißern kann man prinzipiell zwischen zwei verschiedenen Bauweisen unterscheiden.<sup>50</sup> Beim Parallelaufreißer hat die Reißvorrichtung die Form eines Parallelogramms, wodurch ein nahezu

<sup>49</sup> Vgl. HOFFMANN, M.: Zahlentafeln für den Baubetrieb, S. 627.

<sup>50</sup> Vgl. PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 99.

konstanter Reißwinkel über die Reißtiefe gewährleistet werden kann. Beim Radialaufreißer bewegt sich die Reißvorrichtung radial um einen Festpunkt am Heck der Planierdrape. Dadurch variiert der Reißwinkel in Abhängigkeit von der Eindringtiefe stetig. Die Reißzähne werden in einer geraden oder gebogenen Form ausgeführt. Der gerade Zahn kommt bei festen, geschichteten Gesteinsarten zum Einsatz. Der gebogene Zahn findet hingegen bei weniger festen Gesteinsarten Anwendung.

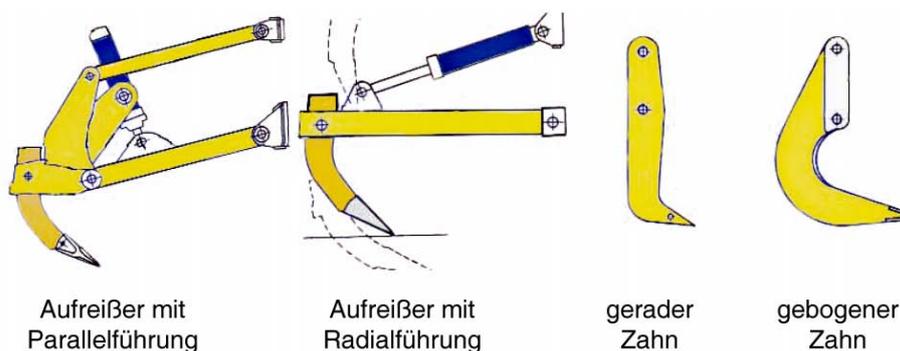


Bild 6.21 Reißvorrichtungen<sup>51</sup>

Die Auswahl des Schilds in seiner Form und Größe hängt von dem zu transportierenden Boden ab.

- S-Schild (engl. straight blade), Bild 6.22 links oben

Wird auch noch als Brust-, Quer- oder Standardschild bezeichnet und ist das am vielseitigsten verwendbare Planierschild. Es ist ein gerader Schild, dessen Enden leicht nach vorne abgewinkelt sind. Weiters besitzt das Schild ein günstiges Verhältnis von Motorleistung zu Schneidmesserlänge. Dadurch ergibt sich ein gutes Eindringverhalten in den anstehenden Boden.

- U-Schild (engl. universal blade), Bild 6.22 links unten

Das Universalschild kommt dann zum Einsatz, wenn große Massen über längere Transportentfernungen einfach zu schieben sind. Das ist z.B. bei Abbauarbeiten oder Haldenarbeiten der Fall. Die breit nach vorne abgewinkelte Schildflügel bewegen das geschobene Material während der Fahrt immer wieder zur Schildmitte hin. Dadurch kann ein Materialverlust weitgehend vermieden werden. Das Eindringverhalten darf aufgrund des schlechteren Verhältnisses von Motorleistung zu Schildbreite keinen maßgebenden Faktor darstellen.

- SU-Schild (engl. semi universal blade), Bild 6.22 rechts unten

<sup>51</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 99.

Das Semi- Universalschild stellt einen Kompromiss zwischen dem S und dem U- Schild dar und soll die Vorteile der beiden Schilder vereinen.

- A-Schild bzw. P-Schild (engl. angle blade bzw. power angle blade)

Dieses Schild ist eher für Planierarbeiten und seitliches Abschieben geeignet. Das Schild ist beidseitig hydraulisch schwenk- und kippbar. Es besitzt eine große Schildbreite und geringe Schildhöhe. Siehe Bild 6.22 rechts oben.

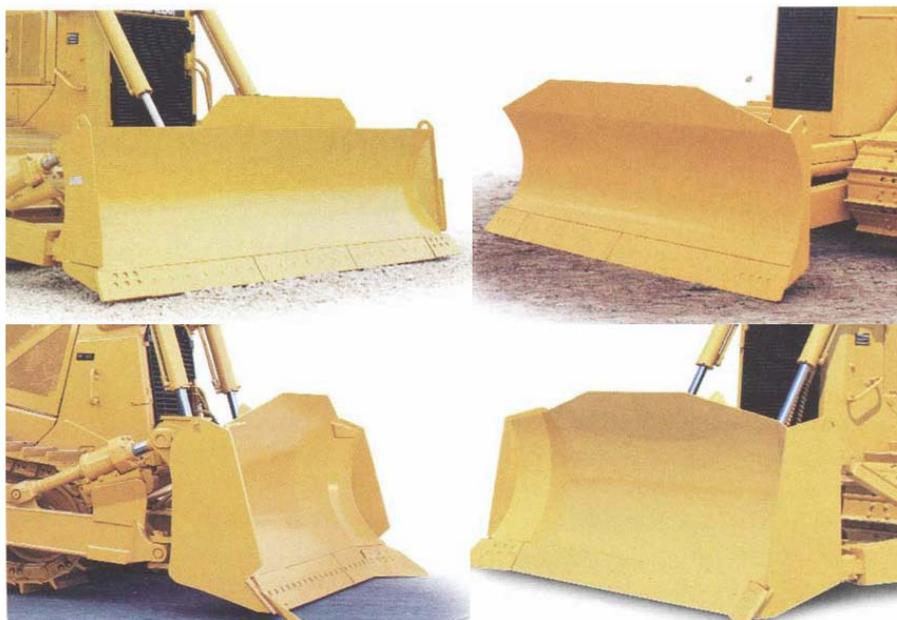


Bild 6.22 Schildtypen<sup>52</sup>

Zu unterscheiden ist noch, wie die Befestigung des Schildes erfolgt. Es stehen 2 Möglichkeiten zur Verfügung.<sup>53</sup>

- außenliegender Schubrahmen
- innenliegender Schubrahmen

Der außenliegende Schubrahmen ist die gebräuchlichere Bauart und er kommt bei großen und sehr unterschiedlichen seitlichen Schildbelastungen zum Einsatz. Die Kraftübertragung vom Schubrahmen auf das Grundgerät geschieht entweder über den Laufrollenrahmen oder über eine spezielle Stützachse, die mit dem Hauptrahmen verbunden ist. Beim innenliegenden Schubrahmen wird

<sup>52</sup> WYMER, W.: Grundlagen der Erdbewegung, S. 105.

<sup>53</sup> Vgl. PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 96ff.

die Kraft direkt auf den Hauptrahmen der Planierdraupe weitergeleitet. Dadurch werden große Belastungen von S tößen nicht direkt auf die Antriebsachsen übertragen.

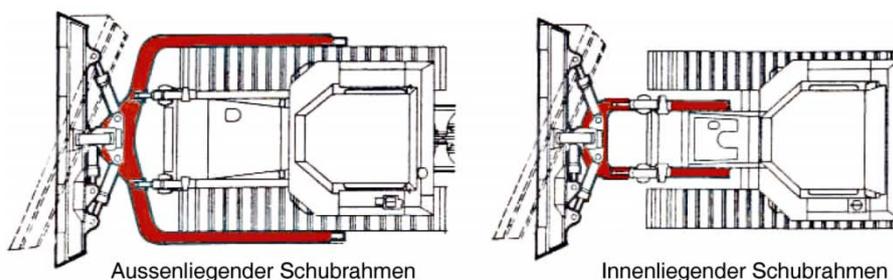


Bild 6.23 Außen- und innenliegender Schubrahmen<sup>54</sup>

In Bild 6.24 sind die Bewegungsmöglichkeiten des Schildes dargestellt.

Bewegung	Einstellung	Realisierung
Heben	durch Bewegung des Schubrahmens	während der Arbeit
Senken	durch Bewegung des Schubrahmens	während der Arbeit
Schnittwinkelveränderung	mechanisch durch Stellstangen	Einstellung bei Montage
Schrägstellung	mechanisch durch Anbolzung	Einstellung bei Montage
Schwenken	durch Hydraulikzylinder	während der Arbeit
Tilten	durch Tiltzylinder am Schubrahmen	während der Arbeit
Kippen	durch Kippzylinder am Schubrahmen	während der Arbeit

Bild 6.24 Mögliche Bewegungen des Schildes<sup>55</sup>

<sup>54</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 96.

<sup>55</sup> PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft WS 2009/10; S. 98.

## 7 Leistungsermittlung eines Hydraulikbaggers

Alle Bilder sind ausschließlich der jeweiligen Literaturquelle entnommen, sodass bei den Bildern, aus Gründen der Einfachheit, auf den üblichen Literaturverweis verzichtet worden ist.

### 7.1 Berechnung nach TU Graz

#### 7.1.1 Technische Grundleistung $Q_T$ :

$$Q_T = V_N \times n \times f_L \times f_Z \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Mit:

$V_N$ ..... Nenninhalt des Grabgefäß, nach CECE/DIN ISO 7546 oder SAE-Norm, siehe Bild 7.1. und 7.2.

$n$ ..... Spielzahl

$f_L$ ..... Ladefaktor;  $f_L = f_F/f_S$

$f_S$  Auflockerungsfaktor

$f_F$  Füllungsfaktor für Hydraulikbagger

$f_Z$ ..... Zeitfaktor;  $0,83 \leq f_Z \leq 0,92$

Anmerkung: Laut Girmscheid besitzt die europäische CECE- Richtlinie bei der Bestimmung des Tieföffelinhalt keine Gültigkeit mehr.<sup>56</sup>

<sup>56</sup> GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse, S. 248.

- Ermittlung des Nenninhaltes  $V_N$ :

### Tieflöffelinhalt nach CECE/DIN ISO 7546

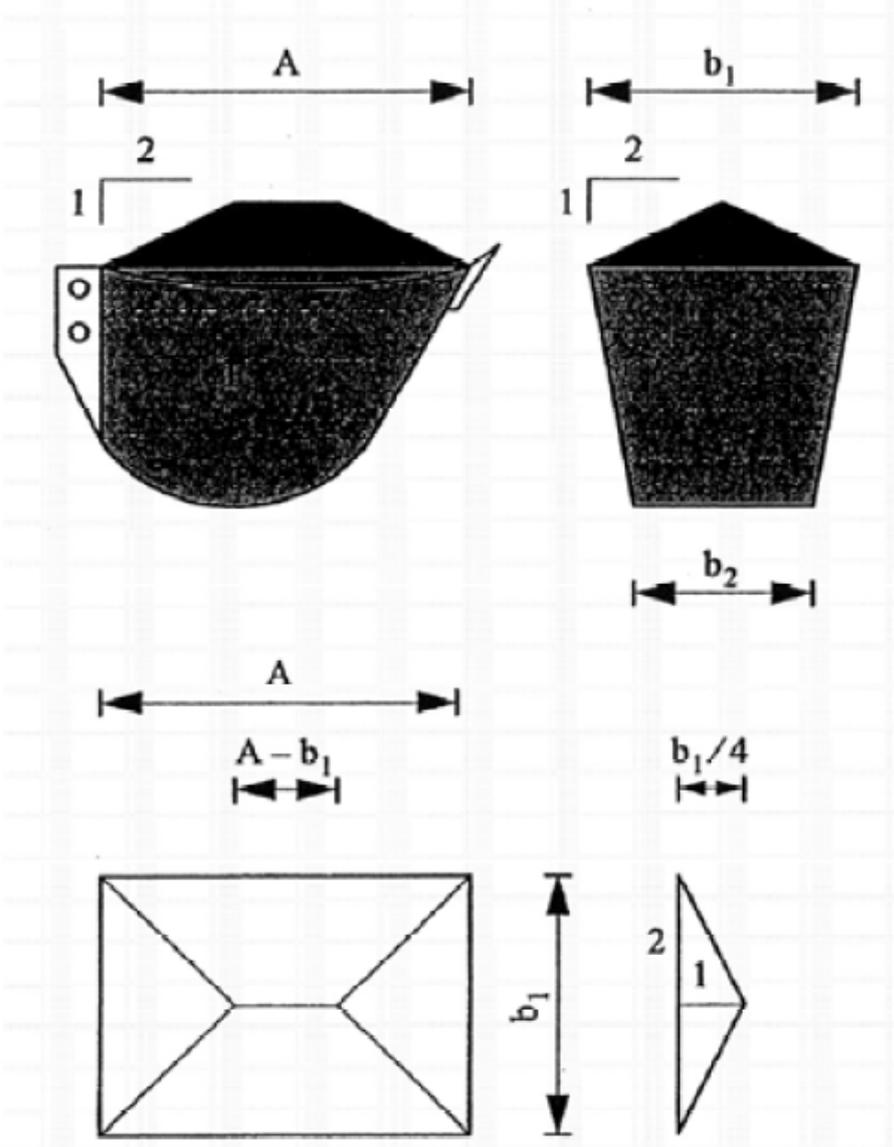


Bild 7.1 Tieflöffelinhalt nach CECE/DIN ISO 7546

$$V_{CECE} = F \times \frac{b_1 + b_2}{2} \times \frac{A + b_1^2}{8} \times \frac{b_1^3}{24} \quad [\text{m}^3]$$

mit  $F$  = Löffelquerschnittsfläche

### Tieflöffelinhalt nach SAE

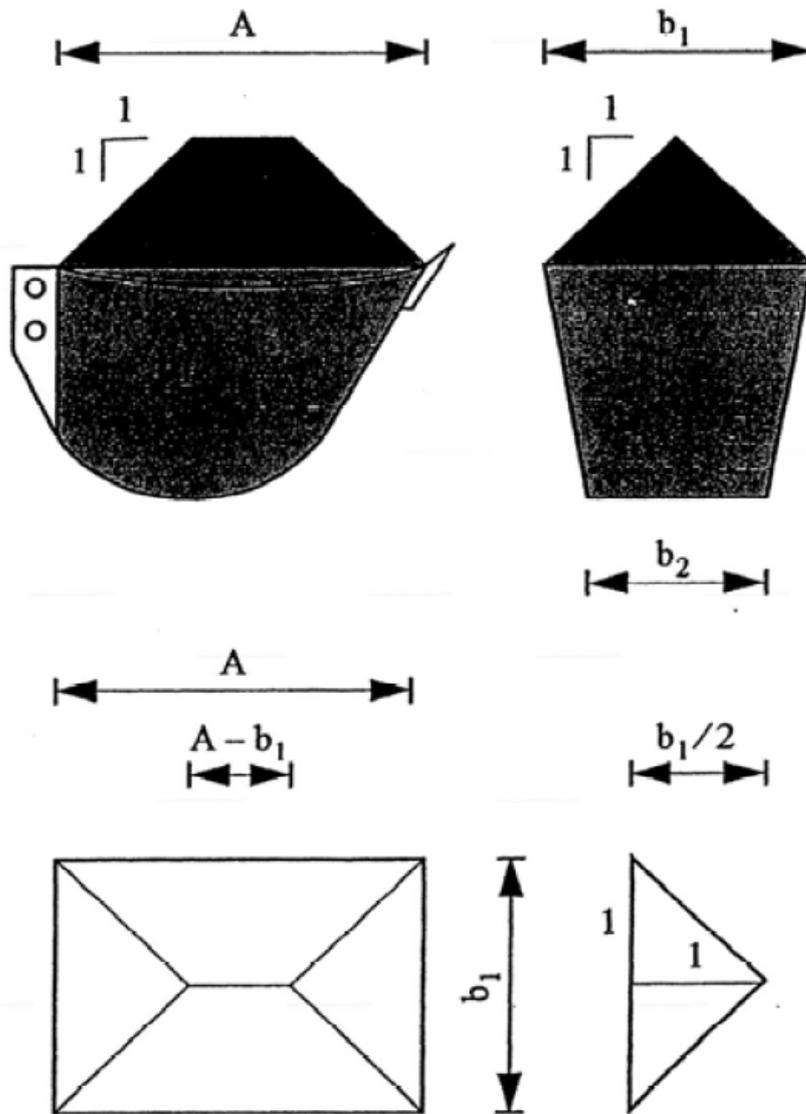


Bild 7.2 Tieflöffelinhalt nach SAE- Norm

$$V_{SAE} = F \times \frac{b_1 + b_2}{2} \times \frac{A + b_1^2}{4} \times \frac{b_1^3}{12} \quad [m^3]$$

Die bei den Formeln **müssen falsch** sein, weil sie das Kriterium der Einheitstreue nicht erfüllen! Die richtigen Formeln sind im Unterkapitel 7.4. nachzulesen.

- Spielzahl n:

Die Spielzahl n ist aus den beiden Diagrammen zu entnehmen.

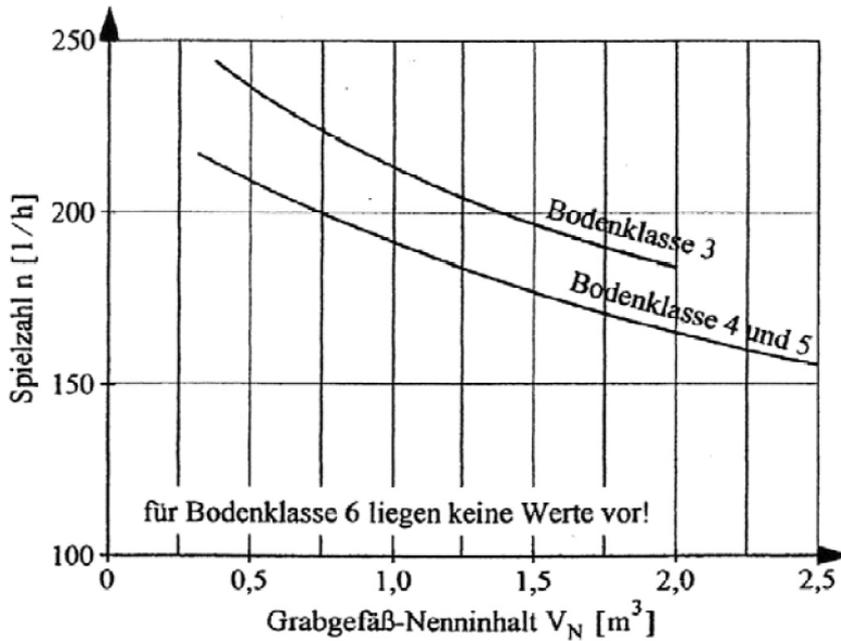


Bild 7.3 Spielzahl bei verschiedenen Bodenklassen nach DIN 18300, Tieföffelaustrüstung

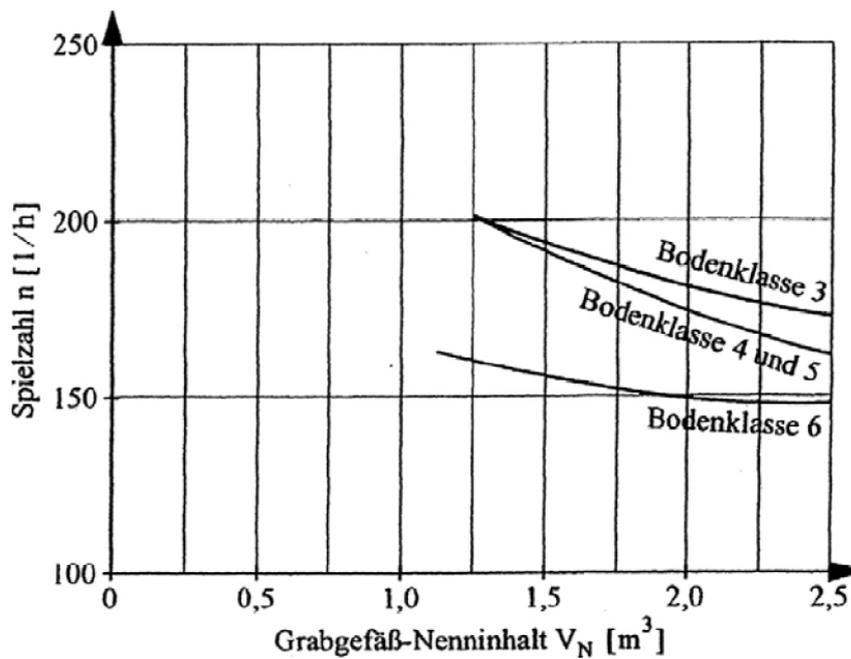


Bild 7.4 Spielzahl bei verschiedenen Bodenklassen nach DIN 18300, Klappschaufelaustrüstung

Ladefaktors  $f_L$ :  $f_L = f_F/f_S$

Füllungsfaktor  $f_F$ :

Bodenklasse nach DIN 18300	Füllungsfaktor $f_F$
<b>1. Oberboden (Mutterboden)</b>	1,20
<b>3. Leicht lösbare Bodenarten</b>	
Sand, Kiessand (nicht bindig)	1,13
Kies, Schotter (nicht bindig)	1,13
Sand, Kies (schwach bindig)	1,13
Torf, Mudden (schnittfest)	-
<b>4. Mittelschwer lösbare Bodenarten</b>	
Sand-Kies-Gemisch (bindig) mit höchstens 30% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt. Mergel, Schluff, lehm- und tonhaltige Böden mit höchstens 30% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt	1,20
<b>5. Schwer lösbare Bodenarten</b>	
Gesteinsschotter, Geröll mit mehr als 30% Steinen von über 0,63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt. Fest zusammenhängende Böden mit Geröll und höchstens 30% Steinen von über 0,01 m <sup>3</sup> bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt.	1,15
<b>6. Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten</b>	
Gesprengrter oder gerissener feinstückiger Fels mit mehr als 30% Steinen von über 0,01 m <sup>3</sup> bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt sowie grobstückiger Fels mit mehr als 30% Steinen von über 0,01 m <sup>3</sup> bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt	0,95
	0,92

Bild 7.5 Füllungsfaktor  $f_F$  für Hydraulikbagger

Auflockerungsfaktor  $f_S$ :

Der Auflockerungsfaktor  $f_S$  hat in der alten DIN 24095 die Bezeichnung  $f_A$  gehabt, die aber 1991 außer Kraft gesetzt worden ist. In der nun gültigen DIN ISO 9245 wird die Bezeichnung  $f_S$  verwendet, welcher gleichzeitig der Reziprokwert von  $f_A$  ist. In der Literatur hat sich aber die neue Bezeichnung nicht überall durchgesetzt.

Der Auflockerungsfaktor gibt das Verhältnis des Volumens nach dem Lösen bzw. Aufnehmen zum Volumen vor dem Lösen bzw. Aufnehmen an. Für den Faktor  $f_S$  gilt:  $f_S \geq 1$

Bodenklasse nach DIN 18300	Lagerung	Lagerungs-dichte $\rho$ in $t/m^3$	Auflockerungs-faktor $f_s$
<b>1. Oberboden (Mutterboden)</b> Oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z.B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.	locker	0,95	1
	mitteldicht	1,13	1,19
	dicht	1,37	1,45
<b>2. Fließende Bodenarten</b> Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben	-	-	-
<b>3. Leicht lösbare Bodenarten</b> Nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15% Beimengungen an Schluff und Ton (Korngröße kleiner als 0,06 mm) und mit höchstens 30% Steinen von über 53 mm Korngröße bis zu 0,01 $m^3$ Rauminhalt (z.B. Grobkies, Geröll)	locker	1,5	1
	mitteldicht	1,72	1,14
	dicht	1,86	1,23
	locker	0,95	1
	mitteldicht	1,13	1,19
<b>4. Mittelschwer lösbare Bodenarten</b> Gemisch von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15% der Korngröße kleiner als 0,06 mm (wie z.B. Auelehm, Geschiebelehm, Geschiebemergel mit < 30 Gew.% Steinen 63/100 mm n)	locker	1,34	1
	mitteldicht	1,7	1,27
	dicht	1,92	1,43
<b>4. Mittelschwer lösbare Bodenarten</b> Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und die höchstens 30% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 $m^3$ Rauminhalt* enthalten (z.B. Hochflutlehm Seeton, Geschiebemergel, Bänderthon)	locker	1,47	1
	mitteldicht	1,75	1,19
	dicht	1,84	1,25
<b>5. Schwer lösbare Bodenarten</b> Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 $m^3$ Rauminhalt* und nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30% Steinen von über 0,01 $m^3$ bis 0,1 $m^3$ Rauminhalt* (z.B. Moränen-geschiebe, Fels)	locker	1,45	1
	mitteldicht	1,73	1,19
	dicht	2,11	1,45
	locker	1,66	1
	mitteldicht	1,87	1,12
dicht	2,02	1,22	

Bild 7.6 Auflockerungsfaktoren  $f_s$  Teil 1/2

Bodenklasse nach DIN 18300	Lagerung	Lagerungs-dichte $\rho$ in $t/m^3$	Auflockerungs-faktor $f_A$
<b>5. Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten</b> Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten, z.B.. durch Austrocknung	locker	1,55	1
	dicht	2,6	1,67
<b>6. Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten</b> Nichtbinde und bindige Bodenarten mit mehr als 30% Steinen von über $0,01 m^3$ bis $0,1 m^3$ Rauminhalt* (z.B. gesprengter oder gerissener Fels).	locker	1,7	1
	dicht	2,26	1,33
<b>7. Schwer lösbarer Fels</b> Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügefestigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind und festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlakhalden der Hüttenwerke.	-	$\geq 2,26$	1,33 - 2

Bild 7.7 Auflockerungsfaktoren  $f_S$  Teil 2/2

**7.1.2 Technische Nutzleistung  $Q_N$ :**

$$Q_N = Q_T \times f_E = Q_T \times f_{E1} \times f_{E2} \quad [m^3/h]$$

Mit:

$f_E$ .....Abminderungsfaktor, unterteilt in  $f_{E1}$  und  $f_{E2}$

$f_{E1}$ .....Baustellenfaktor, ergibt sich aus dem Produkt von

$$f_{E1} = f_{E11} \times f_{E12} \times f_{E13} \times f_{E14}$$

$f_{E11}$ .....Schwenkwinkelfaktor

$f_{E12}$ .....Abbautiefenfaktor

$f_{E13}$ .....Einsatzartenfaktor

$f_{E14}$ .....Entleerungsfaktor

$f_{E2}$ .....Betriebsfaktor, ergibt sich aus dem Produkt von

$$f_{E2} = f_{E21} \times f_{E22}$$

$f_{E21}$ ..... Volumenverhältnisfaktor

$f_{E22}$ ..... Personal- und Maschinenfaktor

Schwenkwinkelfaktor  $f_{E11}$ :

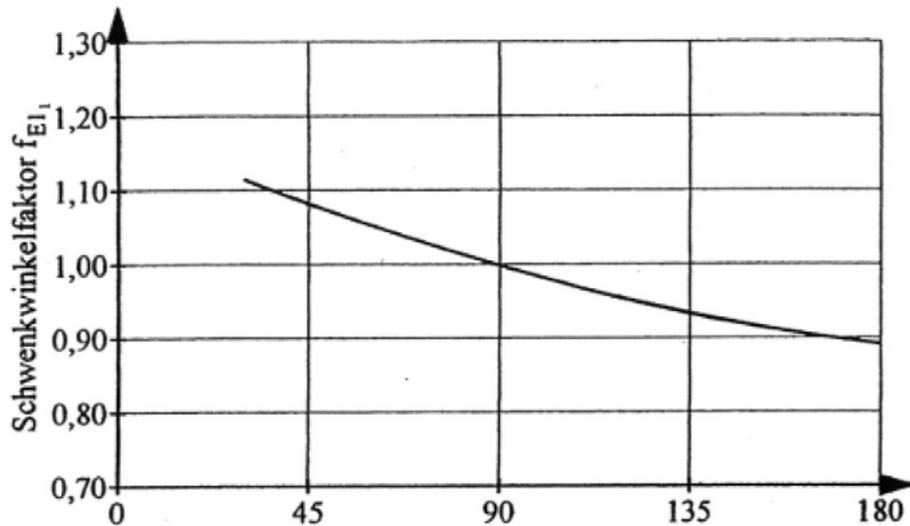


Bild 7.8 Schwenkwinkelfaktor  $f_{E11}$

Anmerkung:

Da der optimale Schwenkwinkel zwischen  $15^\circ$  und  $60^\circ$  liegt, sollte dieses Diagramm auch den Schwenkwinkelfaktor für  $15^\circ$  wiedergeben können.

Abbautiefenfaktor  $f_{E12}$ :

Bodenklassen nach DIN 18300	Grabtiefe in m*				
	1	2	3	4	5
3 - 4	1,00	0,93	0,87	0,84	0,82
5 - 6	1,00	0,95	0,91	0,87	0,85

\* Bei Grabtiefen unter 1 m nimmt die Leistung stark ab, hierzu liegen aber keine Werte vor!

Bild 7.9 Abbautiefenfaktor  $f_{E12}$  für  $0,5 \text{ m}^3 \leq V_N \leq 1,0 \text{ m}^3$

Anmerkung:

Weil die Tabelle eigentlich nur für Grabgefäßinhalte zwischen  $0,5 \text{ m}^3$  und  $1,0 \text{ m}^3$  Inhalt Gültigkeit besitzt, ist eine sehr starke Einschränkung der Benützbarkeit gegeben.

Einsatzartenfaktor  $f_{E13}$ :

Einsatzarten		Einsatzartenfaktor $f_{E13}$
Behinderungsfreies Arbeiten		1,00
Aushub mit häufigem Umsetzen des Gerätes		0,73
Grabenaushub, unverbauter Graben		0,90
Grabenaushub, verbauter Graben (ohne Verbauarbeiten)		
Standfestigkeit des Bodens	Grabentiefe in m	
Boden kurzfristig standfest	2,00	0,55
	2,50	0,51
	3,00	0,49
	3,50	0,46
	4,00	0,44
Boden nicht standfest	2,00	0,47
	2,50	0,45
	3,00	0,43
	3,50	0,41
	4,00	0,39

Bild 7.10 Einsatzartenfaktor  $f_{E13}$

Entleerungsfaktor  $f_{E14}$ :

Fahrbahn	Entleerungsfaktor $f_{E14}$
Ungezieltes Entleeren	1,00
Gezieltes Entleeren in einem auf dem Baggerplanum stehenden LKW	0,90

Bild 7.11 Entleerungsfaktor  $f_{E14}$

Volumenverhältnissfaktor  $f_{E21}$ :

$\frac{\text{Transportgefäß-Nenninhalt}}{\text{Grabgefäß-Nenninhalt}}$	2	3	4	5	$\geq 6$
Volumsverhältnissfaktor $f_{E21}$	0,82	0,87	0,91	0,94	0,96

Bild 7.12 Volumenverhältnissfaktor  $f_{E21}$

Bei einer ungezielten Entleerung ergibt sich der Faktor  $f_{E21}$  zu 1,0.

Personen- und Maschinenfaktor  $f_{E22}$ :

Arbeitsvorbereitung Alter und Zustand der Maschine	Qualität und Einsatzfreude des Maschinisten			
	sehr gut	gut	mittel	schlecht
sehr gut	1,00	0,96	0,79	0,60
gut	0,94	0,88	0,71	0,56
mittel	0,81	0,75	0,64	0,52
schlecht	0,58	0,54	0,47	0,45

Bild 7.13 Personen- und Maschinenfaktor

Die Leistung kann für eine schnelle Ermittlung auch überschlagsmäßig abgeschätzt werden.

Hydraulischer Tieflöffelbagger

$$Q_N \approx (50 \div 100) \times V_N \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Hydraulischer Hochlöffelbagger (Klappschaufel)

$$Q_N \approx (60 \div 120) \times V_N \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Darüber hinaus steht ein Nomogramm von der Firma O&K zur Verfügung.

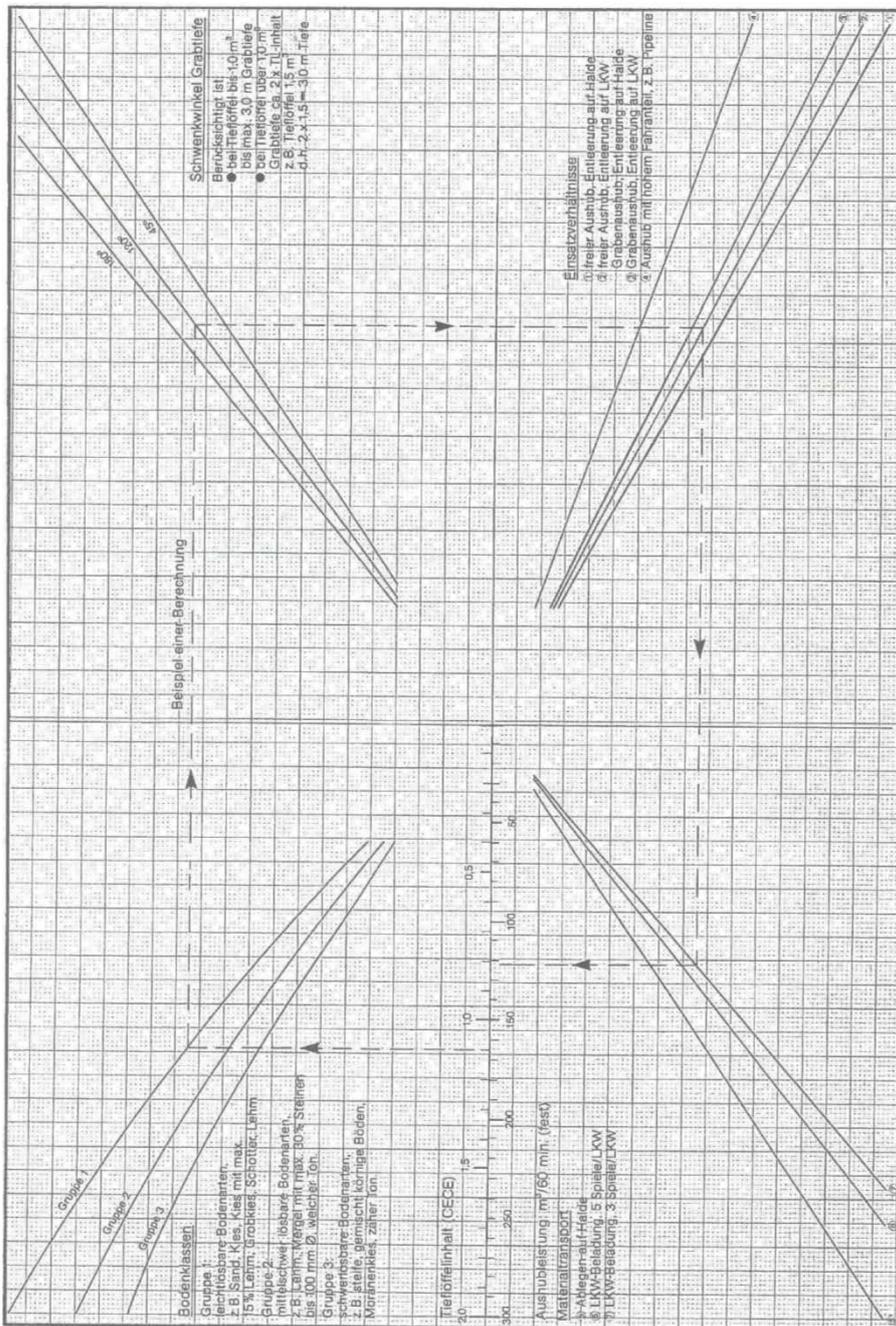


Bild 7.14 Nomogramm zur Leistungsermittlung von Hydraulikbagger mit Tieföffelrösausrüstung von der Firma O&K

## 7.2 Berechnung nach TU Wien

Die **Nutzleistung**  $Q_N$  eines Hydraulikbaggers in der Faktoren-Berechnungsmethode ist:

$$Q_N = V_N \times n_G \times \prod f_j = V_N \times \left( \frac{60 \text{ min/h}}{T_G} \right) \times \prod f_j$$

Nenninhalt  $V_N$ :

Wird durch das Wassermaß (gestrichene Füllung) und der zusätzlichen füllmechanischen Eigenschaft des Bodens charakterisiert.

Ladespiele/ Stunde [LS/h]:

Ist die um einige Einflüsse erweiterte Grundspielzahl  $n_G$

Die Angaben erfolgen als Durchschnittswerte.

- ♦ Hydraulikbagger mit Tieflöffel                      60- 80 LS/h
- ♦ Hydraulikbagger mit Hochlöffel                    40- 60 LS/h

Faktoren  $f_j$ :

Auflockerungsbeiwert oder –faktor  $f_A$ :

Bodenklasse gem. ÖN B 2205:	$f_A$ vorübergehend:	$f_A$ bleibend:
Oberboden (Mutterboden, Humus,...)	1,10 – 1,15	1,01 – 1,02
wasserhaltender, fließender Boden	1,10 – 1,15	1,01 – 1,02
leicht lösbarer Boden	1,15 – 1,25	1,02 – 1,04
mittelschwer lösbarer Boden	1,15 – 1,25	1,02 – 1,04
schwer lösbarer Boden	1,30 – 1,35	1,06 – 1,07
leicht lösbarer Fels und Schrämboden	1,40 – 1,50	1,10 – 1,20
schwer lösbarer Fels	1,40 – 1,50	1,10 – 1,20

Bild 7.15 Auflockerungsfaktor  $f_A$

$f_A$  vorübergehend gibt das Anwachsen des Volumens unmittelbar nach dem Lösen des gewachsenen Bodens an. Wird der aufgelockerte Boden wieder eingebaut, hat das Volumen nun die Auflockerung  $f_A$  bleibend.

Der Auflockerungsfaktor  $f_A$  sowie weitere Bodenkennwerte sind auch in nachstehender Tabelle ersichtlich.

Material:	Lagerungsdichte [t/m³]:	Auflockerung in [%]:	Auflockerungsfaktor $f_A$ :	Ladefaktor ( $1/f_A$ ):	Schüttdichte: [t/m³]
Ton – abgelagert	2,02	22	1,22	0,82	1,66
trocken	1,84	24	1,24	0,80	1,48
nass	2,08	24	1,24	0,80	1,68
Mutterboden	1,37	44	1,44	0,69	0,95
Lehm	1,54	23	1,23	0,81	1,25
Sand – trocken	1,60	12	1,12	0,89	1,43
feucht	1,90	12	1,12	0,89	1,70
nass	2,08	13	1,13	0,88	1,84
Kies – trocken	1,90	12	1,12	0,89	1,69
feucht	2,26	12	1,12	0,89	2,02
Sand mit Kies - trocken	1,93	12	1,12	0,89	1,72
Sand mit Kies - feucht	2,23	10	1,10	0,91	2,03
verwittertes Gestein – 75% Gest. : 25% Erde	2,79	42	1,42	0,70	1,96
verwittertes Gestein – 50% Gest. : 50% Erde	2,28	33	1,33	0,75	1,71
verwittertes Gestein – 25% Gest. : 75% Erde	1,96	25	1,25	0,80	1,57
Erde – trocken, verfestigt	1,90	26	1,26	0,79	1,51
Erde – nass, gelockert	2,02	26	1,26	0,79	1,60
Granit – gebrochen	2,73	64	1,64	0,61	1,66
Kalkstein - gebrochen	2,61	69	1,69	0,59	1,54

Bild 7.16 verschiedene Bodenkennwerte

Ladefaktor  $f_L$ :

Hier geht die Definition des Ladefaktors  $f_L$  nicht konform mit der Definition des Ladefaktors  $f_L$  im Baubetriebslehre-Skriptum. Der Ladefaktor ist hier der Reziprokwert des Auflockerungsfaktors  $f_A$  ( $f_L=1/f_A$ ), während im BBL-Skriptum gilt:  $f_L=f_A \times f_F$ . Somit ist die hieresige Definition der TU-Wien falsch.

In weitere Folge ändert sich das Ergebnis bei dieser Berechnung aber nicht, weil die Multiplikation mit dem Faktor  $f_L$  erst danach erfolgt.

Füllungsgrad oder Füllfaktor  $f_F$ :

Material:	Tieflöffel % vom SAE-Inhalt:	Ladeschaufel % vom SAE-Inhalt:	Radlader % vom SAE-Inhalt:	Laderaupe % vom SAE-Inhalt:
gut gestückt gesprengt	80 – 100 %	90 – 100 %	85 – 95 %	80 – 95 %
mittel gesprengt	k.A.	k.A.	75 – 90 %	75 – 80 %
Schlecht gesprengt	70 – 90 %	80 – 95 %	60 – 75 %	60 - 65 %
leicht bindige Böden	110 %	100 – 110 %	100 – 120 %	85 – 95 %
stark bindige Böden	90 %	100 – 110 %	100 – 115 %	100 – 110 %
nicht bindige Böden	100 – 110 %	100 – 110 %	85 – 105 %	85 – 100 %
Sand / Kies unter Wasser	75 – 85 %	k.A.	k.A.	k.A.

Bild 7.17 Füllungsgrad  $f_F$

Der SAE-Inhalt ist:

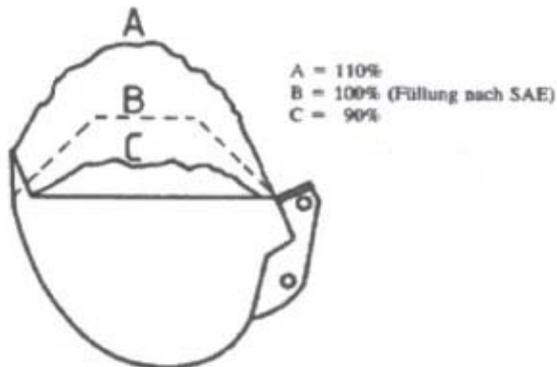


Bild 7.18 SAE-Inhalt

Weitere Faktoren, wie humane Einflüsse (Qualifikation, Motivation des Maschinenführers, persönliche Präferenzen), Belastungseinflüsse (Schwenkwinkel, Grabbtiefe,...) oder technische Einflüsse (Zahnzustand, Gerätezustand) sind nicht weiter aufgeführt!

Sie sind bereits in der groben Abschätzung der Ladespiele enthalten. Ob diese Richtwerte mit einer exakten Berechnung mithalten können, wird das Berechnungsbeispiel in Kapitel 9 zeigen.

Die **Nutzleistung**  $Q_N$  eines Hydraulikbaggers in der Zuschlag-Berechnungsmethode ist:

$$Q_N = V_N \times \left( \frac{60 \text{ min/h}}{T_G + \sum \Delta t_j} \right) \times \prod f_j = V_N \times \frac{1}{z \times (t_h + t_n + t_b)} \times \prod f_j$$

Berechnung kann nur mit eigenen Werten durchgeführt werden, da keine Angaben vorhanden sind!

### 7.3 Berechnung nach UNI Innsbruck

Die Dauerleistung  $Q_D$  eines Hydraulikbaggers ist durch diese Gleichung gegeben: in [fm<sup>3</sup>/h]

$$Q_D = \frac{3600}{t_s} \times V_{SAE} \times \alpha_L \times \varphi \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_G$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{Q_0}$   
 $\underbrace{\hspace{15em}}_{Q_G}$   
 $\underbrace{\hspace{25em}}_{Q_T}$   
 $\underbrace{\hspace{35em}}_{Q_N}$   
 $\underbrace{\hspace{45em}}_{Q_D}$

Mit:

Spielzeit  $t_s$ :

Die Spielzeit des Hydraulikbaggers ist vom Grabgefäßinhalt und von der Lösbarkeit des Bodens abhängig.

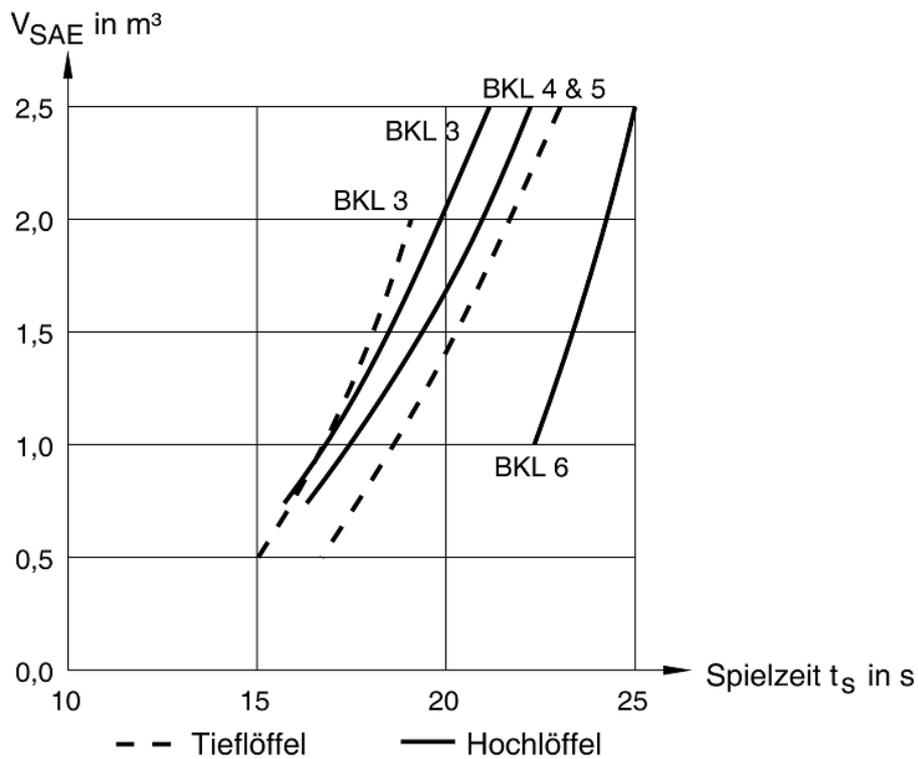


Bild 7.19 Spielzeiten von Baggern mit Tief- und Hochlöfelausrüstung

Nenninhalt  $V_{SAE}$ :

Wird wie in Bild 7.26 und Bild 7.27 ermittelt.

Ladefaktor:  $k_1 = \alpha_L \times \varphi$

$\alpha_L$ ..... Auflockerungsfaktor

$\varphi$ ..... Füllfaktor

Material		Lagerungs- dichte t/m <sup>3</sup>	Auf- lockerung %	Auflockerungsfaktor		Schütt- dichte t/m <sup>3</sup>
				DIN ISO 9245 f <sub>S</sub>	DIN 24095 α <sub>L</sub>	
Ton	abgelagert	2,02	22	1,22	0,82	1,66
	trocken	1,84	24	1,24	0,80	1,48
	nass	2,08	24	1,24	0,80	1,68
Mutterboden		1,37	44	1,44	0,69	0,95
Lehm		1,54	23	1,23	0,81	1,25
Sand	trocken	1,60	12	1,12	0,89	1,43
	feucht	1,90	12	1,12	0,89	1,70
	nass	2,08	13	1,13	0,88	1,84
Kies	trocken	1,90	12	1,12	0,89	1,69
	feucht	2,26	12	1,12	0,89	2,02
Sand mit Kies, trocken		1,93	12	1,12	0,89	1,72
Sand mit Kies, feucht		2,23	10	1,10	0,91	2,03
verwitt. Gest., 75 % Gest., 25 % Erde		2,79	42	1,42	0,70	1,96
verwitt. Gest., 50 % Gest., 50 % Erde		2,28	33	1,33	0,75	1,71
verwitt. Gest., 25 % Gest., 75 % Erde		1,96	25	1,25	0,80	1,57
Erde trocken, verfestigt		1,90	26	1,26	0,79	1,51
Erde nass, gelockert		2,02	26	1,26	0,79	1,60
Granit, gebrochen		2,73	64	1,64	0,61	1,66
Kalkstein, gebrochen		2,61	69	1,69	0,59	1,54

Bild 7.20 Lagerungsdichte, Auflockerung und Schüttdichte für verschiedene Bodenarten

Bodenklasse gem. DIN 18300	Mittelwert für φ	
	Tieflöffel	Hochlöffel
1 Oberboden	1,20	1,05
2 Fließende Böden	-	-
3 Leicht lösbare Böden	1,05	1,05
4 Mittelschwer lösbare Böden	1,05	1,05
5 Schwer lösbare Böden	0,90	1,00
6 Leicht lösbarer Fels	0,90	0,95
7 Schwer Lösbarer Fels	0,75	0,80

Bild 7.21 Werte (Mittelwerte) für den Füllfaktor φ

Leistungseinflussfaktor:  $k_2 = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5$

Schwenkwinkel-/Fahrwegfaktor  $f_1$ :

Vergleiche Girmscheid (entspricht  $f_2$ ), siehe Bild 7.35

Abbauhöhe bzw. Grabtiefe  $f_2$ :

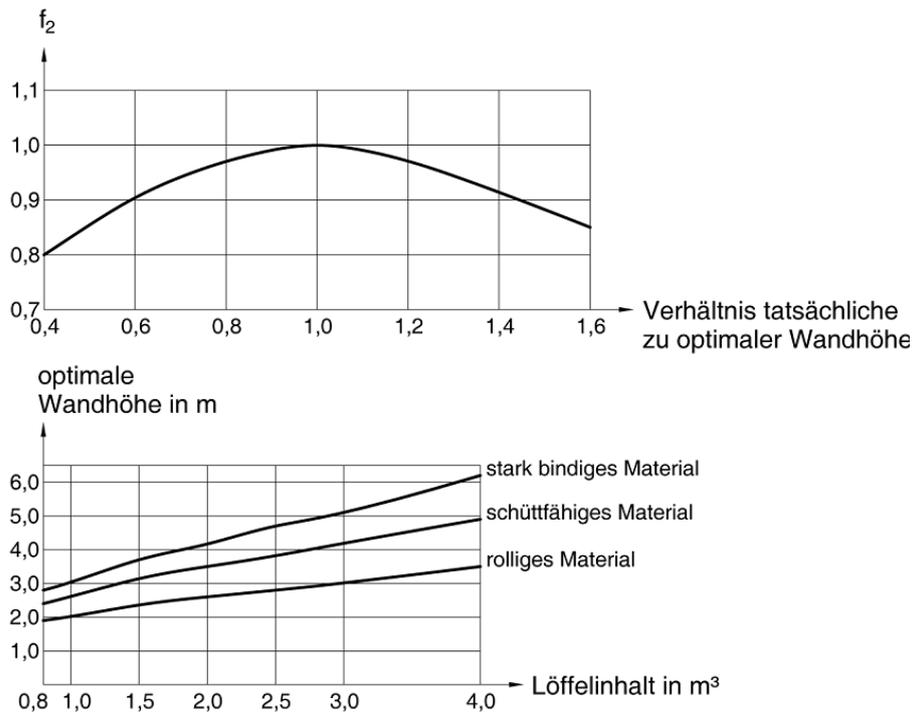


Bild 7.22 Werte für den Abbau- bzw. Grabtiefenfaktor  $f_2$

Zustand des Baggers  $f_3$ :

Er gliedert sich in den Gerätezustandsfaktor  $f_{3,1}$  und den Schneiden- bzw. Zahnzustandsfaktor  $f_{3,2}$ .

Gerätezustandsfaktor  $f_{3,1}$ :

<u>Betriebsstunden</u>	<u>Gerätezustandsfaktor <math>f_{3,1}</math></u>
0000 - 1000	1.00
1000 - 1500	0.93
1500 - 2000	0.85
2000 - 3500	0.75
3500 - 5000	0.65

Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor  $f_{3,2}$ :

<u>Schneiden/ Zähne</u>	<u>Schneiden-/Zahnzustandsfak. <math>f_{3,2}</math></u>
Neuzustand	1.00
Mittlerer Verschleiß	0.90
Hoher Verschleiß	0.80

Entleerungsgenauigkeitsfaktor  $f_4$ :

Art der Entleerung:	$f_4$ :
Ungezieltes Entleeren	1,00
Gezieltes Entleeren in LKW, auf Baggerplanum	0,90

Volumenverhältnisfaktor  $f_5$ :

Bezieht sich auf das Verhältnis von Volumen des Transportfahrzeuges zu Volumen des Grabgefäßes.

Vergleiche Girmscheid (entspricht  $f_3$ ), siehe Bild 7.36

Betriebsbeiwert:  $k_3 = \eta_1 \times \eta_2$

Bedienungsfaktor  $\eta_1$ :

Ausbildung und Qualifikation	Leistungsmotivation	$\eta_1$
sehr gut (geübt)	sehr gut (100 %)	1,00
sehr gut (geübt)	ausreichend	0,75
durchschnittlich	gut (90 %)	0,80

Bild 7.23 Werte für den Bedienungsfaktor  $\eta_1$

Betriebsfaktor  $\eta_2$ :

Sehr gute Betriebsbedingungen zeichnen sich durch folgende Umstände aus:

- gute Arbeitsvorbereitung
- gute Geräteabstimmung
- keine besonderen örtlichen Erschwernisse
- keine Abhängigkeit vom Wetter
- gute Instandhaltung der Geräte durch Bauhof

Betriebsbedingungen	$\eta_2$
sehr gut	1,00
gut	0,95
mittel	0,85
schlecht	0,70 – 0,80

Bild 7.24 Werte für den Betriebsfaktor  $\eta_2$

Geräteausnutzungsgrad  $\eta_G$ :

Betriebsbedingungen	$\eta_G$
behinderungsfreies Arbeiten, Entleeren auf Halde	0,82
behinderungsfreies Arbeiten, Entleeren in LKW	0,76
Grabenaushub, Entleeren auf Halde	0,76
Grabenaushub, Entleeren in LKW	0,72
Aushub mit häufigem Umsetzen des Gerätes	0,60

Bild 7.25 Werte für den Geräteausnutzungsgrad  $\eta_G$

In der Regel wird bei günstigen Verhältnissen mit einer Arbeitszeit von 50 Minute pro Stunde, bei ungünstigen Verhältnissen mit 45 Minuten pro Stunde gerechnet.

#### 7.4 Berechnung nach Girmscheid

Die **technische Nutzleistung**  $Q_N$  eines Hydraulikbaggers wird, wie in Unterkapitel 5.4. dargestellt, folgendermaßen angegeben.

$$Q_N = \frac{V_{SAE}}{t_S} \times 3600 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times \eta_G \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Mit:

$$k_1 = \alpha \times \varphi \quad [-]$$

$$k_2 = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5 \quad [-]$$

$$k_3 = \eta_1 \times \eta_2 \quad [-]$$

$$V_{SAE} \dots \text{Nenninhalt Grab-/ Transportgefäß gemäß SAE} \quad [\text{m}^3]$$

$$t_S \dots \text{Spielzeit} \quad [\text{s}]$$

$$\alpha \dots \text{Lösefaktor} \quad [\text{fm}^3/\text{lm}^3]$$

$$\varphi \dots \text{Füllfaktor} \quad [-]$$

$$\eta_1 \dots \text{Bedienungsfaktor} \quad [-]$$

$$\eta_2 \dots \text{Betriebsbedingungen} \quad [-]$$

$$f_1 \dots \text{Abbau-/ Grabtiefenfaktor} \quad [-]$$

$f_2$ .....	Schwenkwinkel-/ Fahrwegfaktor	[-]
$f_3$ .....	Entleerungsgenauigkeitsfaktor	[-]
$f_4$ .....	Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor	[-]
$f_5$ .....	Verfügbarkeits-/ Gerätezustandsfaktor	[-]
$k_1$ .....	Ladefaktor	[-]
$k_2$ .....	Leistungseinflussfaktor	[-]
$k_3$ .....	Betriebsbeiwert	[-]
$\eta_G$ .....	Geräteausnutzungsgrad	[-]

Nenninhalt Grabgefäß  $V_{SAE}$ :

Der Nenninhalt wird gemäß SAE- Norm angegeben.

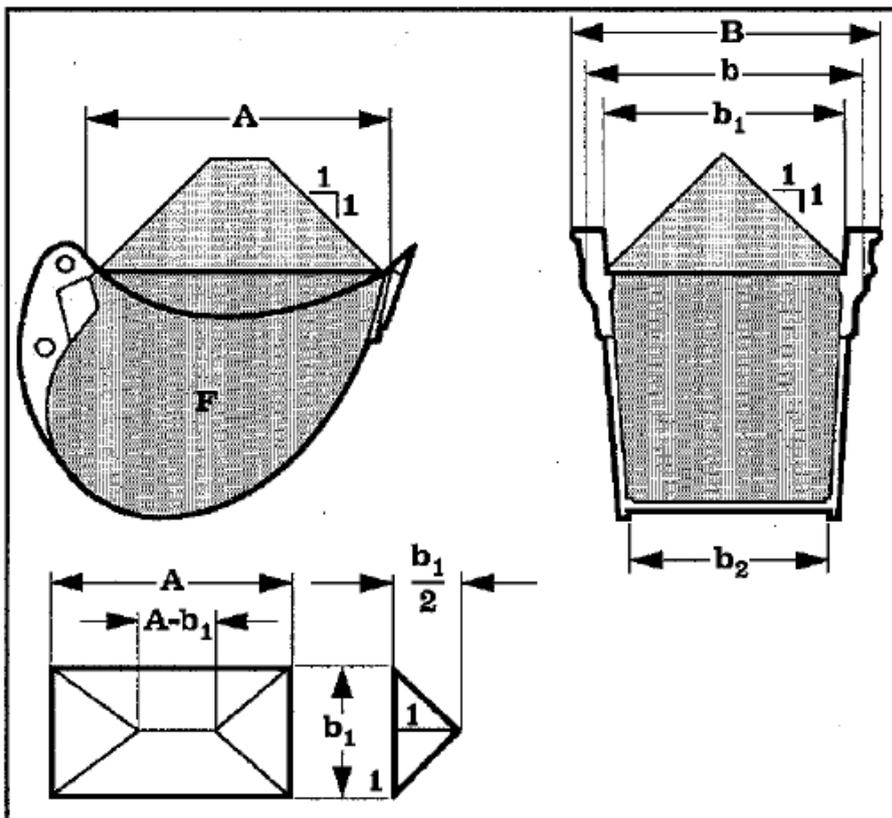


Bild 7.26 Tieflöffelinhalt SAE- Norm

- A..... Öffnungsweite
- B..... Schnittbreite
- b..... Löffelbreite
- b<sub>1</sub>..... Innenbreite vorn
- b<sub>2</sub>..... Innenbreite hinten
- F..... Löffelquerschnittsfläche

$$V_{SAE} = F \times \frac{b_1 + b_2}{2} + \frac{A \times b_1^2}{4} - \frac{b_1^3}{12} \quad [m^3]$$

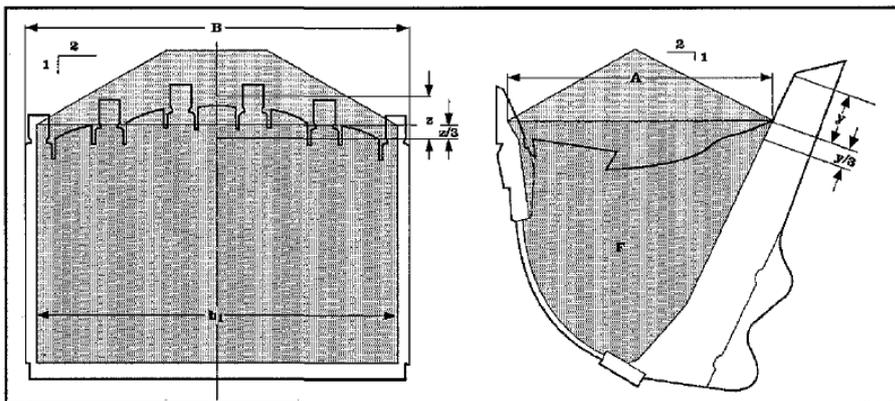


Bild 7.27 Hochlöffel und Ladeschaufel nach CECE und SAE- Norm

- A..... Öffnungsweite
- B..... Schnittbreite
- b<sub>1</sub>..... Innenbreite
- F..... Löffelquerschnittsfläche
- y..... Höhe des Überlaufblechs
- z..... Vorsprung der Schneidelippe

$$V_{CECE/SAE} = F \times b_1 + \frac{A \times b_1^2}{8} - \frac{b_1^3}{24} \quad [m^3]$$

Spielzeit t<sub>s</sub>:

Die bei den Diagrammen sind im Vergleich zum Betriebslehre-Skriptum ein wenig anders aufgebaut, liefern aber das gleiche Ergebnis.

Für beide Diagramme gilt:

- 3 Leicht lösbare Bodenarten
- 4 Mittelschwer lösbare Bodenarten
- 5 Schwer lösbare Bodenarten
- 6 Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten

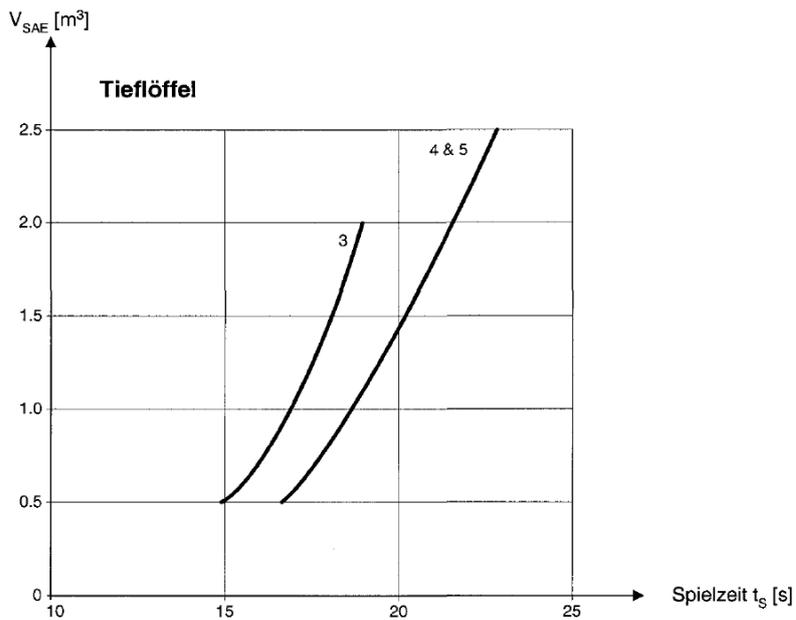


Bild 7.28 Spielzeit  $t_S$ , DIN 18300, Tieflöffel

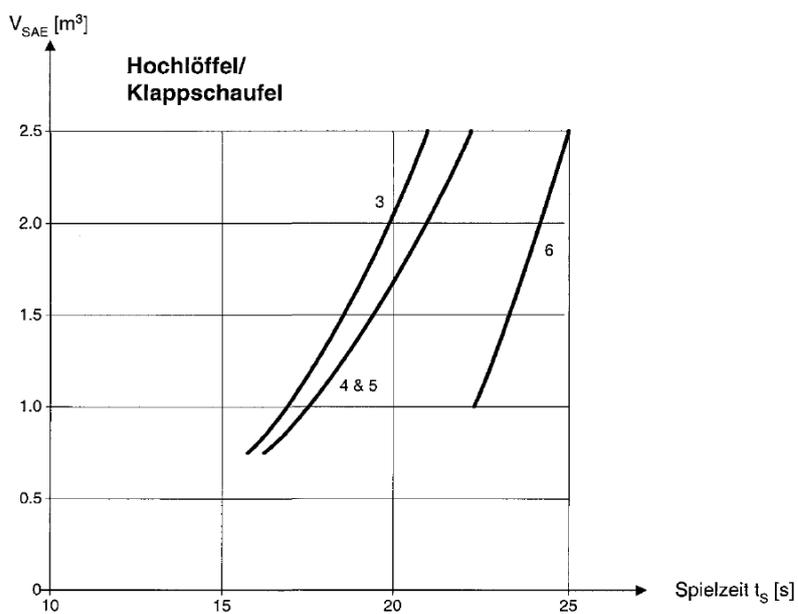
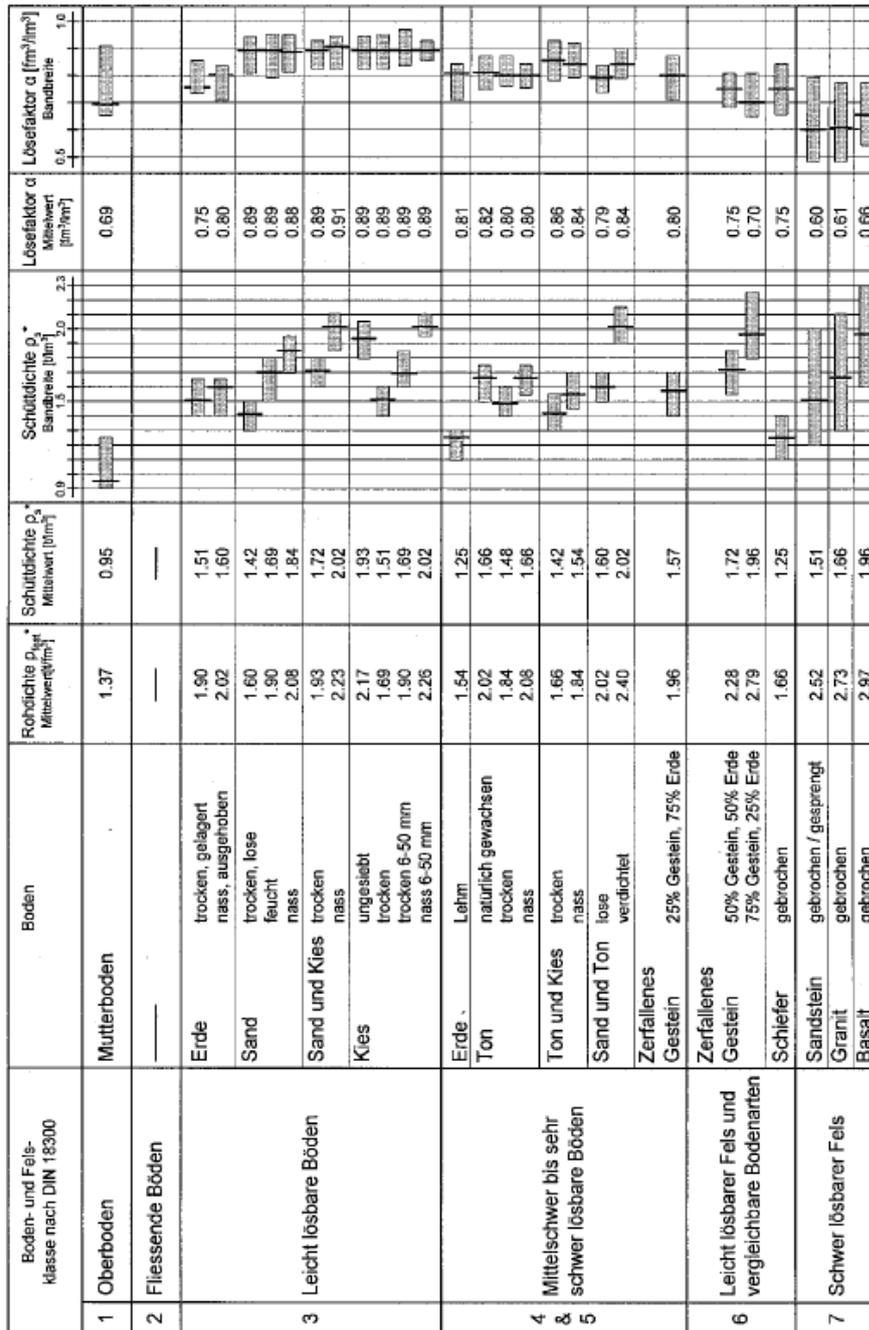


Bild 7.29 Spielzeit  $t_S$ , DIN 18300, Hochlöffel, Klappschaufel

Lösefaktor  $\alpha$ :



\* Ändert sich entsprechend dem Feuchtigkeitsgehalt, der Korngröße, dem Verdichtungsgrad usw. Die Materialeigenschaften lassen sich nur durch Tests genau bestimmen.

Bild 7.30 Schüttdichte  $\rho_s$  und Lösefaktor  $\alpha$

Diese Tabelle liefert mitunter etwas andere Auflockerungsfaktoren. Vorteilhaft bei dieser Tabelle ist, dass der Auflockerungsfaktor sowohl als Mittelwert als auch in seiner Bandbreite angegeben wird.

Füllfaktor  $\varphi$ :

Tieflöffel			
Boden- und Fels- klasse nach DIN 18300	Boden	Füllfaktor $\varphi$ [-] Mittelwert	Füllfaktor $\varphi$ [-] Bandbreite
			0,6 1,0 1,2
1	Oberboden Mutterboden	1.20	
2	Fließende Böden	—	—
3	Leicht lösbar Böden Sand, Kies-Sand-Gemisch, erdfeucht Nassbaggerung Sand, Kies	1.05 0.80	
4	Mittelschwer lösbar Böden Bindige Böden, Lehm, Ton sandiger Lehm, erdfeucht	1.05	
5	Schwer lösbar Böden Harter Ton	0.90	
6	Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten	0.90 0.80	
7	Schwer lösbarer Fels Fels, schichtig gelagert, Direktabbau	0.75	

Bild 7.31 Füllfaktor  $\varphi$ , Tieflöffel

Hochlöffel / Klappschaufel			
Boden- und Fels- klasse nach DIN 18300	Boden	Füllfaktor $\varphi$ [-] Mittelwert	Füllfaktor $\varphi$ [-] Bandbreite
			0,6 1,0 1,2
1	Oberboden Mutterboden	1.05	
2	Fließende Böden	—	—
3	Leicht lösbar Böden Lehmiger Sand, lehmiger Kiessand, erdfeucht	1.05	
4	Mittelschwer lösbar Böden Bindige Böden, Lehm, Ton sandiger Lehm, erdfeucht	1.05	
5	Schwer lösbar Böden Harter Ton	1.00	
6	Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten	0.95 0.85	
7	Schwer lösbarer Fels Fels, schichtig gelagert, Direktabbau	0.80	

Bild 7.32 Füllfaktor  $\varphi$ , Hochlöffel und Klappschaufel

Gegenüber dem Baubetriebslehre-Skriptum wird hier unterschieden, ob der Füllfaktor für Tieflöffel oder Hochlöffel benötigt wird. Vorteilhaft ist hier wieder die Angabe des Faktors als Mittelwert und in seiner Bandbreite.

Bedienungsfaktor  $\eta_1$ :

Der Bedienungsfaktor berücksichtigt die humanen Faktoren des Geräteführers wie die Ausbildung, Qualifikation, Motivation, Leistungsfähigkeit, etc.

<u>Humane Faktoren</u>	<u>Bedienungsfaktor <math>\eta_1</math></u>
Vorführer	1.10
Geübter Fahrer (sehr gut)	1.00
Durchschnittlicher Fahrer	0.80
Ungeübter Anfänger	0.65

Die Werte sind ähnlich, einziger Unterschied ist, dass der Faktor hier einen Wert von 1.10 (Vorführer) annehmen kann, was aber auf der Baustelle kaum passieren wird.

Betriebsbedingungen  $\eta_2$ :

Der Betriebsfaktor berücksichtigt die organisatorischen und umweltbedingten Faktoren für den Geräteeinsatz auf der Baustelle. Die Betriebsbedingungen werden durch Platzverhältnisse, Zustand der Bewegungsoberfläche, Wetter, Sichtverhältnisse, abgestimmte Prozesskette, etc. beeinflusst.

<u>Betriebsbedingungen</u>	<u>Betriebsfaktor <math>\eta_2</math></u>
Sehr gut	1.00
Gut	0.95
Mittel	0.85
Schlecht	0.70 – 0.80

Abbau-/ Grabtiefenfaktor  $f_1$ :

Optimale Wandhöhe bei:	Löffelinhalt [m <sup>3</sup> ]						
	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
Rolligem Material [m]	1.9	2.0	2.4	2.6	2.8	3.0	3.5
Schüttfähigem Material [m]	2.4	2.6	3.2	3.5	3.8	4.2	4.9
Stark bindigem Material [m]	2.8	3.0	3.8	4.1	4.5	5.0	6.2

Bild 7.33 Optimale Wandhöhe

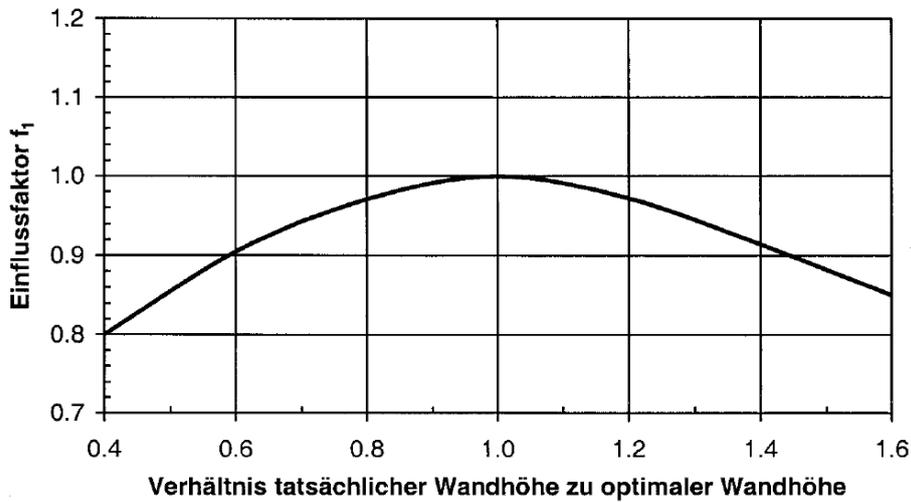


Bild 7.34 Abbau-/ Grabtiefenfaktor  $f_1$

Schwenkwinkel-/ Fahrwegfaktor  $f_2$ :

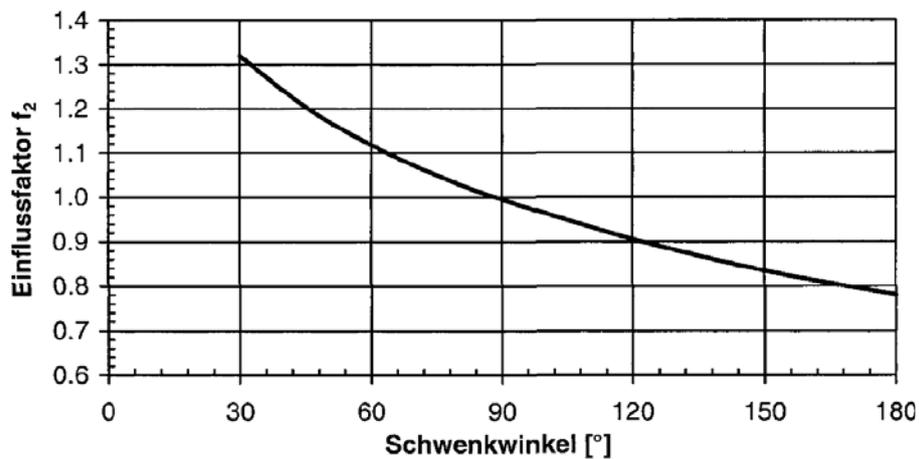


Bild 7.35 Schwenkwinkleinfluss  $f_2$

Der Schwenkwinkleinfluss ist unterschiedlich, es stimmt nur der Basiswert ( $90^\circ \rightarrow 1.0$ ) überein.

Entleerungsgenauigkeitsfaktor  $f_3$ :

Dieser Faktor entspricht im Baubetriebslehre-Skriptum dem Entleerungsfaktor  $f_{E14}$  gemeinsam mit dem Volumenverhältnissfaktor  $f_{E21}$ . Zuerst wird das Volumenverhältnis des Transportgerätes zur Löffelgröße bestimmt und dann der Faktor  $f_3$ .

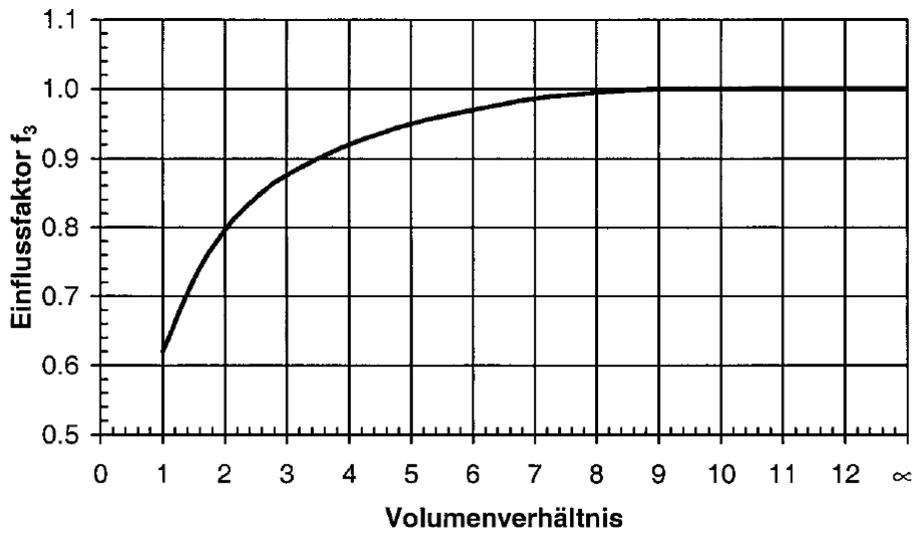


Bild 7.36 Entleerungsgenauigkeitsfaktor  $f_3$

Beim ungezielten Entleeren ist der Faktor  $f_3 = 1.0$ .

Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor  $f_4$ :

<u>Schneiden/ Zähne</u>	<u>Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor <math>f_4</math></u>
Neuzustand	1.00
Mittlerer Verschleiß	0.90
Hoher Verschleiß	0.80

Verfügbarkeits-/ Gerätezustandsfaktor  $f_5$ :

<u>Betriebsstunden</u>	<u>Gerätezustandsfaktor <math>f_5</math></u>
0000 - 1000	1.00
1000 - 1500	0.93
1500 - 2000	0.85
2000 - 3500	0.75
3500 - 5000	0.65

Je mehr Betriebsstunden ein Gerät zu Buche stehen hat, desto größer wird der Zeitaufwand für Wartung und Reparatur.

Geräteausnutzungsgrad  $\eta_G$ :

<u>Baustellenbedingungen</u>	<u>Geräteausnutzungsgrad <math>\eta_G</math></u>
Offene Baugrube und Entleeren auf Fahrzeug	0.75 – 0.80
Grabenaushub und Entleeren auf Fahrzeug	0.60 – 0.75
Aushub im öffentlichen Verkehrsraum	0.50 – 0.65

Unter günstigen Bedingungen kann mit einem Geräteausnutzungsgrad von 50 Minuten pro Stunde gerechnet werden.

## 7.5 Berechnung nach Hoffmann

Die Grundleistung  $Q_B$  eines Hydraulikbaggers ist:

$$Q_B = V_R \times f_L \times n \times f_{1\dots} \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

bzw.

$$Q_B = V_R \times f_L \times n \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Löffelinhalt  $V_R$ :

Hier wird der Nenninhalt sowohl nach der CECE-Richtlinie als auch nach DIN ISO 7546 angegeben. Die CECE-Richtlinie ist aber, wie schon einmal erwähnt, nicht mehr gültig.

Ladefaktor  $f_L$ :

Wird nach der Formel  $f_L = f_F/f_S$  ermittelt. Der Auflockerungsfaktor  $f_S$  und der Füllungsfaktor  $f_F$  haben die gleichen Werte wie im Baubetriebslehre-Skriptum.

Spielzahl  $n$ :

Im Unterschied zum Baubetriebslehre-Skriptum wird sie hier nicht in Diagrammform, sondern in tabellarischer Form bestimmt. Die Werte stimmen aber überein.

$V_R$ in $m^3$	Bodenklasse nach DIN 18300											
	3			4			5			6		
	TL	LS	KS	TL	LS	KS	TL	LS	KS	TL	LS	KS
0,5	238	—	—	212	—	—	212	—	—	—	—	—
0,75	225	217	—	198	217	—	198	—	—	—	—	—
1,0	215	209	—	192	205	—	192	—	—	—	—	—
1,25	205	200	200	184	193	200	184	—	200	—	157	—
1,5	196	194	194	177	183	191	177	—	191	—	152	160
1,75	190	188	188	172	175	182	172	—	182	—	150	151
2,0	185	183	183	165	168	175	165	—	175	—	148	150
2,25	—	178	178	159	162	168	159	es liegen bisher keine Werte vor	168	es liegen bisher keine Werte vor	145	148
2,5	—	174	172	154	155	162	154	es liegen bisher keine Werte vor	162	es liegen bisher keine Werte vor	142	148

Bild 7.37 Spielzahl  $n$  [1/h]

Schwenkwinkelfaktor  $f_1$ :

Dieser wird ebenfalls mittels Tabelle angegeben, die Werte sind auch hier wieder gleich.

Schwenkwinkel $f_1$	30°	45°	60°	90°	120°	150°	180°
	1,12	1,08	1,05	1,00	0,96	0,92	0,88

Bild 7.38 Schwenkwinkelfaktor  $f_1$

Grabtiefenfaktor  $f_2$ :

Die Werte im Baubetriebslehre-Skriptum sind von Hofmann übernommen, daher siehe Bild 7.9

Entleerungsfaktor  $f_3$ :

ungezieltes Entleeren (z. B. Halde) $f_3 = 1,0$						
gezieltes Entleeren in Lkw auf Baggerplanum:						
Volumenverhältnis Lkw/Baggerlöffel	2	3	4	5	6	> 6
$f_3$	0,69	0,73	0,76	0,79	0,81	0,83

Bild 7.39 Entleerungsfaktor  $f_3$

Dieser Faktor entspricht im Baubetriebslehre-Skriptum dem Entleerungsfaktor  $f_{E14}$  gemeinsam mit dem Volumenverhältnisfaktor  $f_{E21}$ . Die Werte sind sowohl zum Baubetriebslehre-Skriptum als auch zum Girmscheid different.

Einsatzartenfaktor  $f_4$ :

behinderungsfreies Arbeiten						$f_4 = 1,00$
Aushub mit häufigem Umsetzen des Gerätes						$f_4 = 0,73$
Grabenaushub, unverbaute Graben						$f_4 = 0,90$
Grabenaushub, verbauter Graben (ohne Verbauarbeiten)						$f_4$ :
Grabentiefe in m	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	
Boden kurzfristig standfest	0,55	0,51	0,49	0,46	0,44	
Boden nicht standfest	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	

Bild 7.40 Einsatzartenfaktor  $f_4$

Die **Nutzleistung**  $Q_A$  ist gegeben mit:

$$Q_A = Q_B \times f_E \quad [fm^3/h]$$

Nutzleistungsfaktor  $f_E$ :

Baustellenbedingungen	Betriebsbedingungen			
	sehr gut	gut	mittelmäßig	schlecht
sehr gut	0,84	0,81	0,76	0,70
gut	0,78	0,75	0,71	0,65
mittelmäßig	0,72	0,69	0,65	0,60
schlecht	0,63	0,60	0,57	0,52

Bild 7.41 Nutzleistungsfaktor  $f_E$

## 7.6 Berechnung nach Hüster

Die **Grundleistung**  $Q_0$  des Hydraulikbaggers ist:

$$Q_0 = V_N \times n_0 = V_N \times \frac{60}{T_0} \quad [m^3/h, t/h, m^2/h]$$

bzw. umgeformt

$$Q_0 = V \times \left(\frac{3600}{T_0}\right) \times f_A \times f_F \quad [m^3/h, t/h, m^2/h]$$

Mit:

Nenninhalt V:

Wird nach der DIN ISO 7451, den SAE Standards und der nicht mehr gültigen CECE-Richtlinie ermittelt.

Grundspielzeit  $T_0$ :

Zu beachten ist, dass in allen nachstehenden Diagrammen, die abhängig von der Bodenart sind, die Bodenklasse nicht nach der DIN 18300, sondern nach einer eigenen Einteilung erfolgt.

Bodenart	Bodenklasse DIN 18300
Sand und Kies, schwach lehmig	3
Gelöster Fels, Schotter, Steine < 100 mm	6 – 7
Gelöster Fels und Steine < 250 mm	6 – 7
Oberboden und schwach lehmiger Boden	1, 3
Stark toniger Lehm, weich bis steif	4
Stark toniger Lehm, steif bis halbfest	4 – 5
Zäher Ton	5, 6

Bild 7.42 Bodenarten und Bezugnahme zur DIN 18300

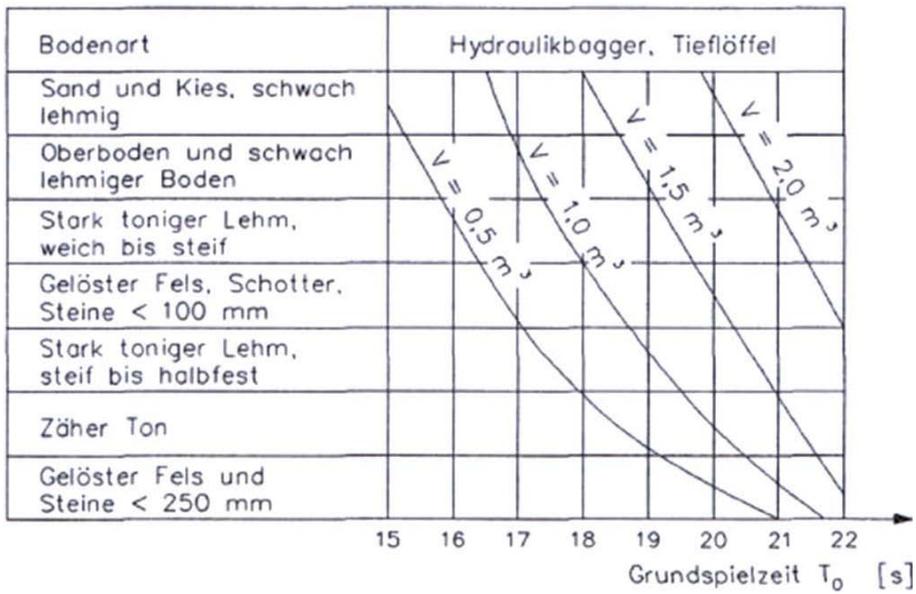


Bild 7.43 Grundspielzeit  $T_0$ , Tieflöffel

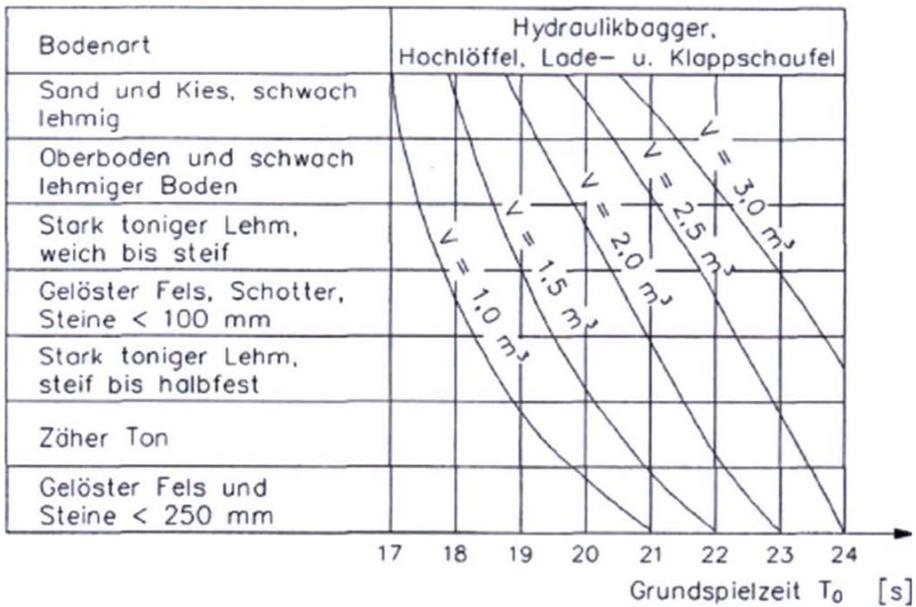


Bild 7.44 Grundspielzeit  $T_0$ , Hochlöffel, Ladeschaufel und Klappschaufel

Auflockerungsfaktor  $f_A$ :

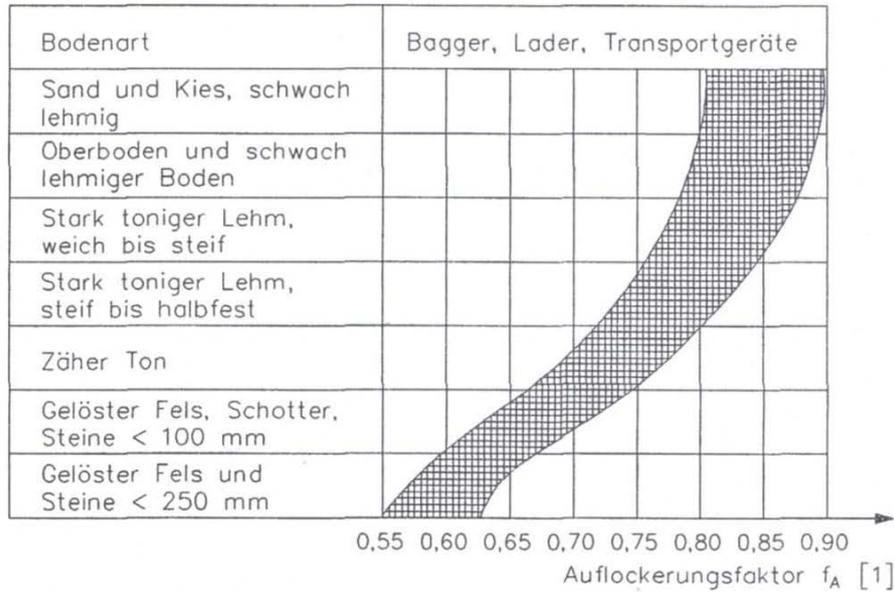


Bild 7.45 Auflockerungsfaktor  $f_A$

Füllungsfaktor  $f_F$ :

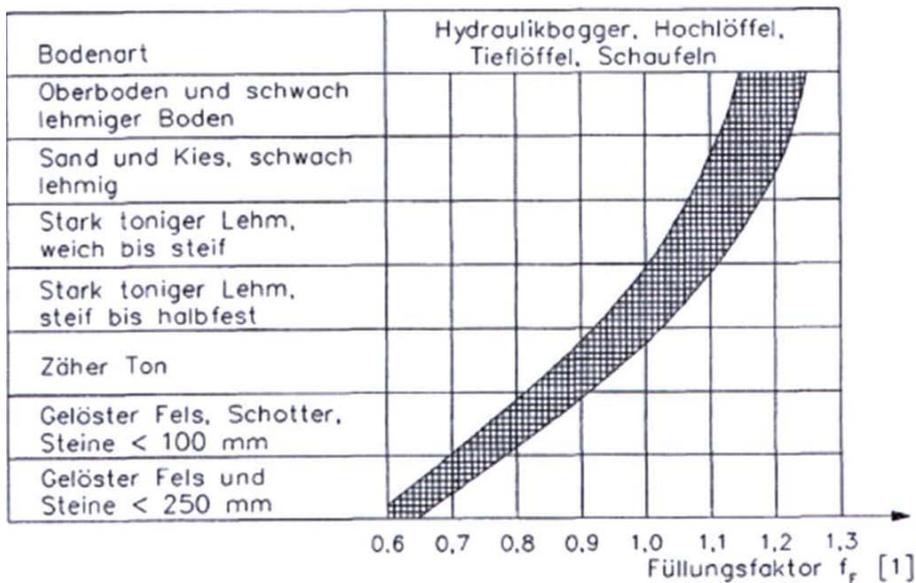


Bild 7.46 Füllungsfaktor  $f_F$

In diesem Diagramm nimmt der Füllungsfaktor  $f_T$  bei der Bodenart Gelöster Boden, Steine weit niedrigere Werte als im Baubetriebslehre-Skriptum an.

Die **Nutzleistung**  $Q_N$  ergibt sich zu:

$$Q_N = Q_0 \times \{t_N / (60 \times f_T)\} \times f_Z \quad [m^3/h, t/h, m^2/h]$$

Hauptnutzungszeit  $t_N$ :

$$t_N = 60 - (t_n + t_z + t_a)$$

$t_n$ ..... Nebennutzzeit; wird mit einem Mittelwert von 2 -4 min/h angegeben

$t_z$ ..... Zeit für zusätzliche Nutzung; muss geschätzt oder aus Erfahrung bestimmt werden

$t_a$ ..... Zeit für ablaufbedingte Unterbrechung; bedingt vor allem durch Wagenwechselzeiten in der Prozesskette Laden-Transportieren. Als Abschätzung wird  $t_a$  mit 12-18 sec je Fahrzeug angegeben.

	V Transportgerät [m³] / V Grabgefäß [m³]				
	2	3	4	5	6
$t_a$ [min/h]	11	8	5	3	2
Eigene Werte [min/h]					

Bild 7.47 Ablaufbedingte Unterbrechung  $t_a$  infolge Fahrzeugwechsel

Zeitfaktor  $f_z$ :

$$f_z = \left(1 - \frac{t_p}{60}\right) \times \left(1 - \frac{t_s}{60}\right)$$

$t_p$ ..... Zeit für persönlich bedingte Unterbrechungen;

Erfahrungswert  $t_p = 3$  bis  $5$  min/h

$t_s$ ..... Zeit für störungsbedingte Unterbrechungen;

Erfahrungswert aus Langzeitbeobachtungen:  $t_s = 4$  min/h

Spielzeitfaktor  $f_T$ :

$$f_T = 1 + (p_M + p_P + p_S + p_A + p_E) / 100$$

$p_M$ ..... Maschineneignung und Maschinenzustand; muss abgeschätzt werden. Bei „idealer“ Maschine  $\rightarrow T_0 = T_N$

$p_P$ .....Erfahrung, Qualifikation, Motivation des Maschinenführers; kann bis zu  $p_P \leq 20\%$  abgemindert werden.

$p_S$ .....Schwenkwinkeleinfluss

<b>Schwenkwinkel [°]</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>105</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>
<b>Zuschlag <math>p_S</math> [%]</b>	<b>-11</b>	<b>-7</b>	<b>-5</b>	<b>-2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>
<b>Eigene Werte [%]</b>									

Bild 7.48 Zuschlag auf die Spielzeit infolge Schwenkwinkel

$p_A$ .....Ausleger-, Tiefen- und Höheneinfluss; eine günstige Grabtiefe bzw. Abgrabungshöhe ist etwa  $h = \text{opt. } t = 1,5 \times V$ .

<b>Grabhöhe über <math>1,5 \cdot V</math> bzw. Grabtiefe über <math>1,5 \cdot V</math> [m]</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Zuschlag <math>p_{A1}</math> [%]</b>	<b>-3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
<b>Eigene Werte [%]</b>						

Bild 7.49 Zuschlag auf die Spielzeit infolge Abgrabungshöhen und -tiefen

<b>Auslegerlänge über Normallänge [m]</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Zuschlag <math>p_{A2}</math> [%]</b>	<b>-3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
<b>Eigene Werte [%]</b>						

Bild 7.50 Zuschlag auf die Spielzeit infolge Auslegerlänge

Eine un günstige Abgrabungstiefe und eine un günstige Auslegerlänge können nicht gleichzeitig auftreten. Es muss daher zwischen  $p_{A1}$  und  $p_{A2}$  gewählt werden.

$p_E$ .....Einfluss des Entleerens

<b>Vorgang</b>	<b>Entleeren auf Halde</b>	<b>Entleeren auf Muldenkipper</b>	<b>Entleeren auf LKW</b>
<b><math>p_E</math> [%]</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>Eigene Werte [%]</b>			

Bild 7.51 Zuschlag auf die Spielzeit infolge Entleerung

Für eine schnelle Auskunft der Leistung hat Hüster ein Diagramm beigefügt.

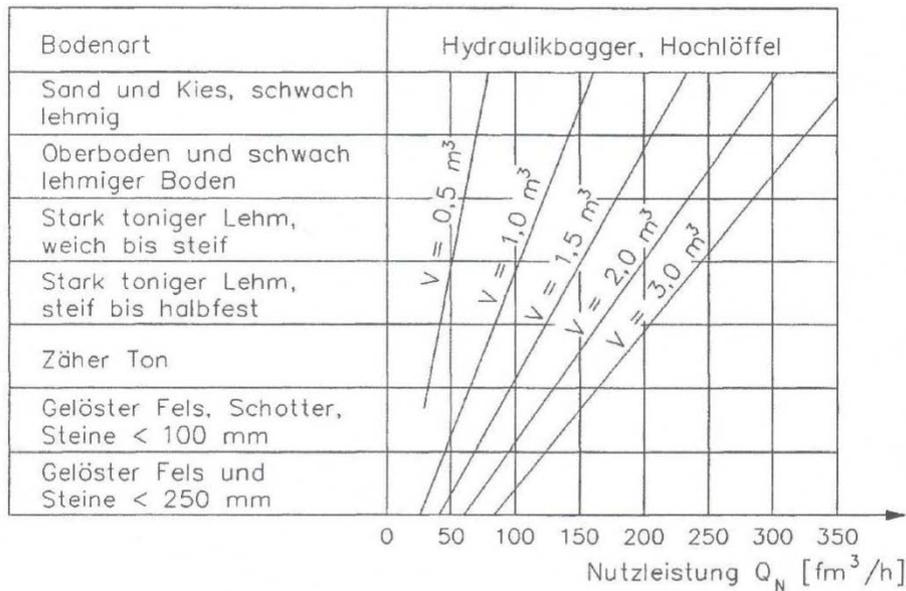


Bild 7.52 Anhaltswerte für die Nutzleistung  $Q_N$  [ $\text{fm}^3/\text{h}$ ] von Hydraulik-Hochlöffelbaggern bei normalen, üblichen, guten bis mäßigen Betriebsbedingungen

Die Werte des Diagramms sind danach, je nach Art des Baggers mit Abminderungskoeffizient zu multiplizieren.

Gerät	Faktor $f_x$ [1]	Eigene Werte
Hydraulik-Hochlöffel	1,00	
Hydraulik-Tieflöffel	0,85	
Hydraulik-Greifer	0,50	
Seil-Hochlöffel	0,75	
Seil-Tieflöffel	0,55	
Seil-Greifer	0,40	
Schleppschaufel	0,65	

Bild 7.53 Abminderungsfaktor  $f_x$  für Bagger

**7.7 Einflussfaktoren auf den Hydraulikbagger**

In nachfolgender Tabelle sind alle Einflussfaktoren aufgelistet, die in den gesamten Berechnungen für den Hydraulikbagger zum Einsatz kommen.

HYDRAULIKBAGGER	TU Graz	TU Wien	UNI Innsbruck	Girmscheid	Hoffmann	Hüster	
<b>Einflüsse bei TU Graz</b>							
Nenninhalt	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Spielzeit	ja	nein	ja	ja	nein	ja	
Spielzahl	ja	ja	nein	nein	ja	nein	
Zeitfaktor	ja	nein	ja <sup>5</sup>	ja <sup>8</sup>	ja <sup>11</sup>	ja <sup>14</sup>	
Ladefaktor	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Auflockerungsfaktor	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Füllungsfaktor	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Schwenkwinkelfaktor	ja	nein	ja	ja	ja	ja	
Abbautiefenfaktor	ja	nein	ja	ja	ja	ja	
Einsatzartenfaktor	ja	nein	ja <sup>6</sup>	ja <sup>9</sup>	ja	ja <sup>15</sup>	
Entleerungsfaktor	ja	nein	ja	ja	ja	ja	
Volumenverhältnis-faktor	ja	nein	ja	ja		ja	
Personen- und Maschinenfaktor	ja	nein	ja <sup>7</sup>	ja <sup>10</sup>	ja <sup>12</sup>	ja	
<b>Einflüsse bei TU Wien</b>							
keine neuen Einflüsse							
<b>Einflüsse bei UNI Innsbruck</b>							
neue Einflüsse							
Gerätezustandsfaktor	ja/nein <sup>1</sup>	nein	ja	ja	nein <sup>13</sup>	ja/nein <sup>16</sup>	
Schneiden-/Zahnzustandsfaktor		nein	ja	ja			
Bedienungsfaktor		ja/nein <sup>2</sup>	nein	ja		ja	ja/nein <sup>17</sup>
Betriebsfaktor		nein <sup>3</sup>	nein	ja		ja	
Geräteausnutzungsgrad	ja/nein <sup>4</sup>	nein	ja	ja			
<b>keine weiteren Einflüsse bei Girmscheid, Hoffmann und Hüster</b>							

Bild 7.54 Einflussfaktoren Hydraulikbagger

Anmerkungen zur obigen Tabelle:

- 1 Der Gerätezustandsfaktor und der Schneiden-/Zahnzustandsfaktor werden zwar durch den Personen- und Maschinenfaktor berücksichtigt, jedoch nicht in dieser ausführlichen Form.
- 2 Der Gerätezustandsfaktor und der Schneiden-/Zahnzustandsfaktor werden zwar durch den Personen- und Maschinenfaktor berücksichtigt, jedoch nicht in dieser ausführlichen Form.
- 3 bei Personen- und Maschinenfaktor berücksichtigt

- 4 Der Geräteausnutzungsgrad entspricht ungefähr dem Zeitfaktor. Für beide wird bei guten Bedingungen mit einer Arbeitszeit von 50 Minuten pro Stunde gerechnet.
- 5 vgl. Anmerkung <sup>4</sup>
- 6 entspricht bei UNI Innsbruck dem Geräteausnutzungsgrad
- 7 Der Maschinenzustand hat bei der UNI Innsbruck stärkeren Einfluss.
- 8 vgl. Anmerkung <sup>5</sup>
- 9 vgl. Anmerkung <sup>6</sup>
- 10 vgl. Anmerkung <sup>7</sup>
- 11 entspricht ungefähr dem Nutzleistungsfaktor; wiederum ist bei guten Bedingungen mit einer Arbeitszeit von 50 Minuten pro Stunde zu rechnen.
- 12 Diese Faktoren sind im Nutzleistungsfaktor, jedoch nicht in so einer umfangreichen Form, enthalten.
- 13 vgl. Anmerkung <sup>12</sup>
- 14 wird durch eine Reihe von Zeitabschlägen berücksichtigt
- 15 berücksichtigt durch Hauptnutzungszeit
- 16 entspricht dem Maschineneinfluss  $p_M$
- 17 wird durch Zeitabschläge (Hauptnutzungszeit, Zeitfaktor) berücksichtigt.

## 8 Leistungsermittlung einer Planierraupe

Alle Bilder sind ausschließlich der jeweiligen Literaturquelle entnommen, sodass bei den Bildern, aus Gründen der Einfachheit, auf den üblichen Literaturverweis verzichtet worden ist.

### 8.1 Berechnung nach TU Graz

Technische Grundleistung  $Q_T$

$$Q_T = V_N \times n \times f_Z \times f_S \times f_L \quad [m^3/h]$$

Mit:

$V_N$ ..... Nenninhalt; Schildfüllung nach SAE- Norm für Planierraupen in  $m^3$ , siehe Bild 8.1

$n$ ..... Spielzahl

$f_Z$ ..... Zeitfaktor;  $0,83 \leq f_Z \leq 0,92$

$f_S$ ..... Schildfaktor; berücksichtigt die Schildform der Planierraupe

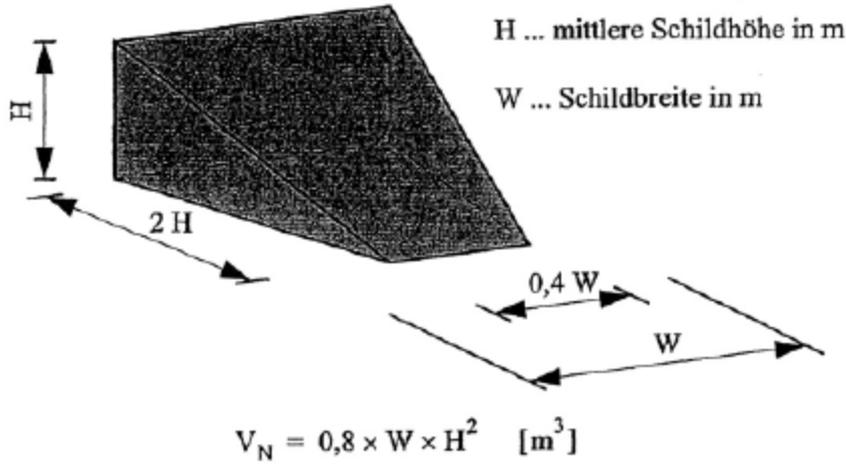
$f_L$ .....Ladefaktor; ist das Maß für die Schildfüllung in  $m^3$  fester Bodenmasse,  $f_L = f_F/f_S$

$f_S$  Auflockerungsfaktor

$f_F$  Füllungsfaktor

Nenninhalt  $V_N$ :

**Schildfüllung bei Brustschild und Schwenkschild**



**Schildfüllung bei U-Schild und Semi-U-Schild**

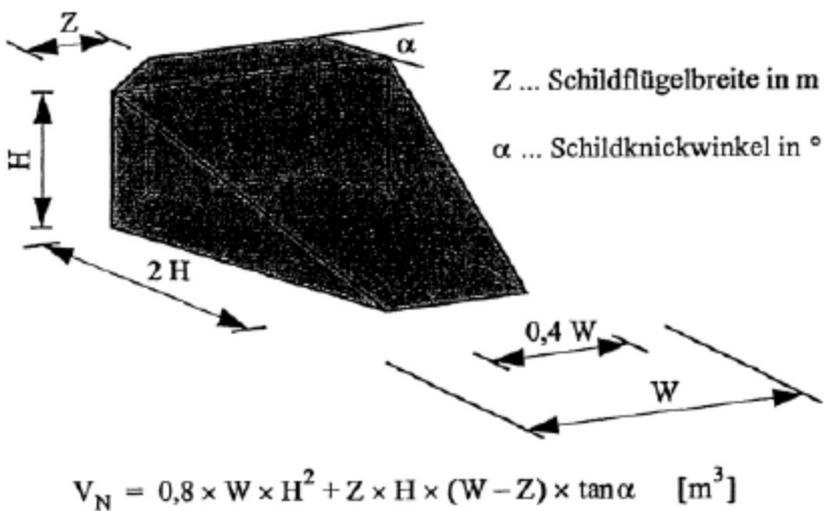


Bild 8.1 Schildfüllung nach SAE

Spielzahl n:

Mittlere Förderweite in m*	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Spielzahl n in 1/h	100	78	63	50	42	36	31	27	24

Bild 8.2 Spielzahl in 1/h

Schildfaktor  $f_S$ :

Schildform	Schildfaktor $f_S$
Brustschild, Standardschild, S-Schild (Schildende schmal nach vorn abgewinkelt oder mit Seitenblech)	1,00
Universalschild, U-Schild (Schildflügel breit nach vorn abgewinkelt)	1,10 - 1,25
Schwenkschild, A-Schild (beidseitig schwenkbar, keine abgewinkelten Schildenden, große Schildbreite, geringe Schildhöhe)	0,70 - 0,85

Bild 8.3 Schildfaktor  $f_S$ Füllungsfaktor  $f_F$ :

Bodenklasse nach DIN 18300	Füllungsfaktor $f_F$
<b>1. Oberboden (Mutterboden)</b>	1,00
<b>3. Leicht lösbare Bodenarten</b>	
Sand, Kiessand (nicht bindig)	1,00
Kies, Schotter (nicht bindig)	1,00
Sand, Kies (schwach bindig)	1,00
Torf, Mudden (schnittfest)	-
<b>4. Mittelschwer lösbare Bodenarten</b>	
Sand-Kies-Gemisch (bindig) mit höchstens 30% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt.	0,95
Mergel, Schluff, lehm- und tonhaltige Böden mit höchstens 30% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt.	0,95
<b>5. Schwer lösbare Bodenarten</b>	
Gesteinsschotter, Geröll mit mehr als 30% Steinen von über 0,63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt.	0,85
Fest zusammenhängende Böden mit Geröll und höchstens 30% Steinen von über 0,01 m <sup>3</sup> bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt.	0,85
<b>6. Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten</b>	
Gesprengrer oder gerissener feinstückiger Fels mit mehr als 30% Steinen von über 0,01 m <sup>3</sup> bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt sowie grobstückiger Fels mit mehr als 30% Steinen von über 0,01 m <sup>3</sup> bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt.	0,80
	0,60

Bild 8.4 Füllungsfaktor  $f_F$  für Planierraupen

Auflockerungsfaktor  $f_S$ :

Siehe Bild 7.6 und Bild 7.7

**Technische Nutzleistung  $Q_N$**

$$Q_N = Q_T \times f_E = Q_T \times f_{E1} \times f_{E2} \quad [m^3/h]$$

Mit:

$f_E$ .....Abminderungsfaktor, unterteilt in  $f_{E1}$  und  $f_{E2}$

$f_{E1}$ .....Baustellenfaktor, berücksichtigt die Neigung des Schürf- und Förderweges

$f_{E2}$ .....Betriebsfaktor, berücksichtigt den Personal- und Maschinenfaktor

Baustellenfaktor  $f_{E1}$ :

Neigung in %		Baustellenfaktor $f_{E1}$
Steigung	30	0,40
	20	0,65
	10	0,85
	0	1,00
Gefälle	10	1,15
	20	1,22
	30	1,25

Bild 8.5 Baustellenfaktor  $f_{E1}$

Betriebsfaktor  $f_{E2}$ :

Arbeitsvorbereitung Alter und Zustand der Maschine	Qualität und Einsatzfreude des Maschinisten			
	sehr gut	gut	mittel	schlecht
sehr gut	1,00	0,96	0,79	0,60
gut	0,94	0,88	0,71	0,56
mittel	0,81	0,75	0,64	0,52
schlecht	0,58	0,54	0,47	0,45

Bild 8.6 Personen- und Maschinenfaktor

Zur Leistungsabschätzung von Planiererraupen ist das Nomogramm von König übernommen worden.

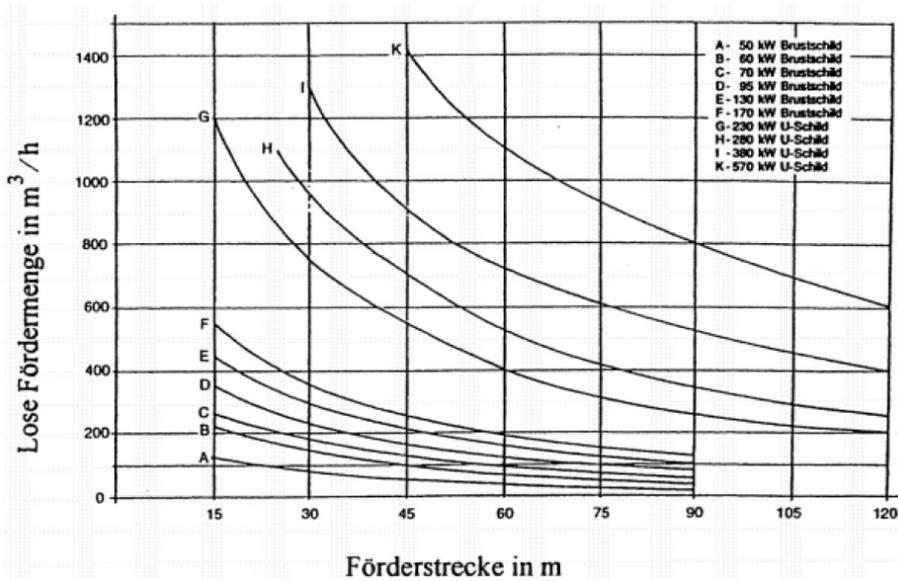


Bild 8.7 Nomogramm zur Planiererraupen- Leistungsabschätzung

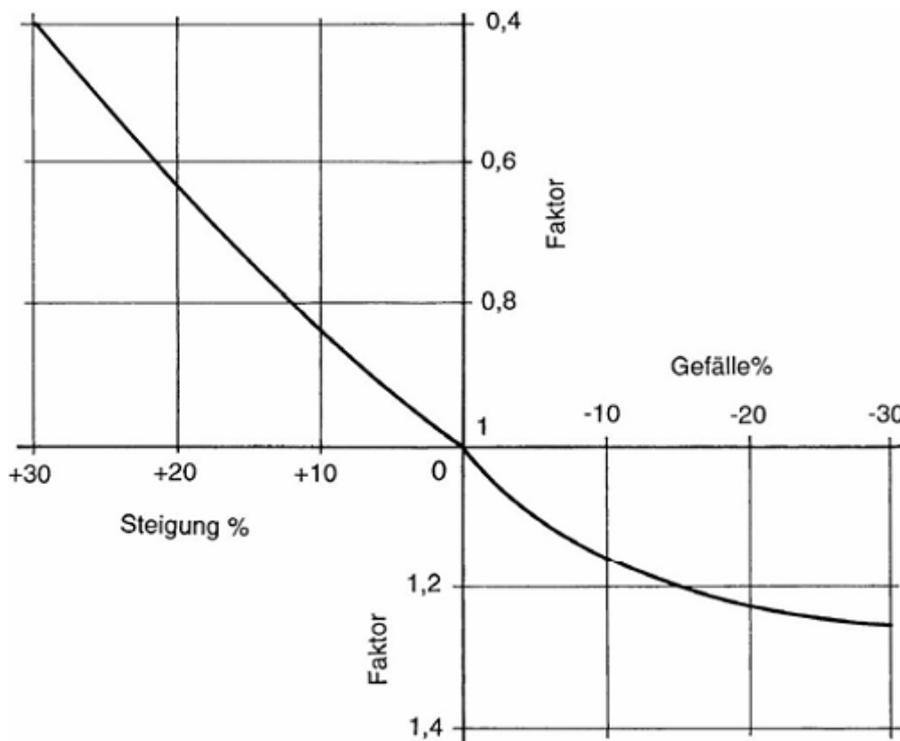
Die Werte des Diagramms können durch zahlreiche Faktoren beeinflusst werden.<sup>57</sup>

Einfluss:

Faktor:

- Bedienungsfaktor
  - ◆ Erfahrener, geübter Fahrer Faktor 1,0
  - ◆ Durchschnittlicher Fahrer Fahrer 0,80
- Persönliche Pausen des Fahrers Faktor 0,85
- Materialfaktor
  - ◆ Loses Material Faktor 1,20
  - ◆ Dicht gelagertes und zu lösendes Material Faktor 0,80
  - ◆ Schwere Böden, gesprengtes Felsmaterial Faktor 0,60 - 0,80
- Staub, Regen, Schnee, Nebel, Dunkelheit Faktor 0,80
- Faktoren für Schieben im Gefälle oder Steigungen

<sup>57</sup> Vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 142.

Bild 8.8 Faktoren für Schieben im Gefälle oder an Steigungen<sup>58</sup>

## 8.2 Berechnung nach TU Wien

Es kann an dieser Stelle kein genauer Berechnungsvorgang vorgestellt werden, da im Skriptum keine Eingangsparameter zur Verfügung stehen. Eine prinzipielle Vorgehensweise kann aber, durch das Vorhandensein eines (leider nicht ausführlichen) Beispiels im Skriptum, nachvollzogen werden. Die Aufgabenstellung dieses Beispiels ist der Humus- und Zwischenbodenabtrag mittels der Planierraupe PR 742 B von der Firma Liebherr. Hauptbestandteil der Berechnung ist das Leistungsdiagramm des Baumaschinenherstellers Liebherr, das die Leistungskurven für verschiedene Schubaunen mit Semi-U-Schild zeigt.

Folgende Bedingungen werden dem Diagramm zugrundegelegt:

- 100% Einsatzdauer (60 Minuten pro Stunde)
- Hydrostatisch angetriebene Raunen mit 0,04 Minuten Fixzeit

<sup>58</sup> KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 143.

- Die Maschine schneidet 15,0m weit an und schiebt dann das Material zur Entleerung über eine steil abfallende Wand
- Spezifisches Gewicht (Schüttdichte) des Materials 1.400 kg/m<sup>3</sup>
- Zugkraftkoeffizient, 0,5 oder besser
- Hydraulisch betätigte Planiereinrichtung

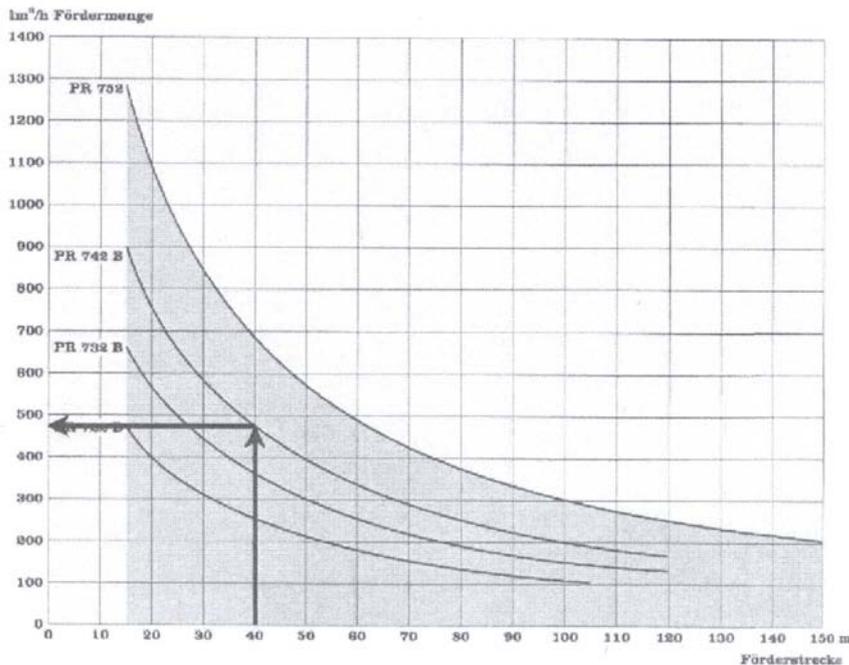


Bild 8.9 Leistungsdiagramm für Liebherr Schubraupen mit Semi-U- Schild

Die so erhaltene maximale Schubleistung wird daraufhin mit entsprechenden Korrekturfaktoren beaufschlagt.

<b>Bedienung</b>	
geübt	1,00
durchschnittlich	0,80
<b>Material</b>	
loses Haufwerk	1,20
schwer zu lösen, gefroren	
- mit Tiltzylinder	0,80
- ohne Tiltzylinder	0,71
schwer zu schiebendes (trockenes nicht bindiges Material) oder sehr klebriges Material, Fels gerissen oder gesprengt	
	0,60 - 0,80
<b>Schieben in Bahnen (Gräben)</b>	
<b>Sichtverhältnisse</b>	
Staub, Regen, Schnee, Nebel oder Dunkelheit	
	0,80
<b>Effektivität</b>	
50 min/h	0,84
40 min/h	0,67
<b>Schildeinrichtung</b>	
Schwenkschild	0,50 - 0,75
Leichtmaterial U-Schild	1,20
<b>Steigungen</b>	
(siehe Diagramm)	

Bild 8.10 Korrekturfaktoren für Planierdraupeneinsätze

Als Ergebnis liegt nun die effektive Schubleistung in  $[ \text{Im}^3/\text{h} ]$  vor. Die effektive Schubleistung ist die Grundlage für die weitere Erzielung von Informationen wie z.B. die Bauzeit- oder die Kostenermittlung.

**8.3 Berechnung nach UNI Innsbruck**

Die Dauerleistung  $Q_D$  einer Planierraupe für das Verteilen und Abschieben ist:

$$Q_D = Q_0 \times \alpha_L \times f_{1p} \times f_{2p} \times f_S \times f_3 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_G \quad [ \text{fm}^3/\text{h} ]$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{Q_G}$   
 $\underbrace{\hspace{15em}}_{Q_T}$   
 $\underbrace{\hspace{20em}}_{Q_N}$   
 $\underbrace{\hspace{25em}}_{Q_D}$

$Q_0$ ..... Theoretische Leistung der Planierraupe in  $[ \text{Im}^3/\text{h} ]$

Nachstehend ist die theoretische Leistung von Planierraupen in Abhängigkeit der Gerätegröße (Leistung in KW / Schildinhalt in  $\text{Im}^3$ ) und der Transportstrecke dargestellt.

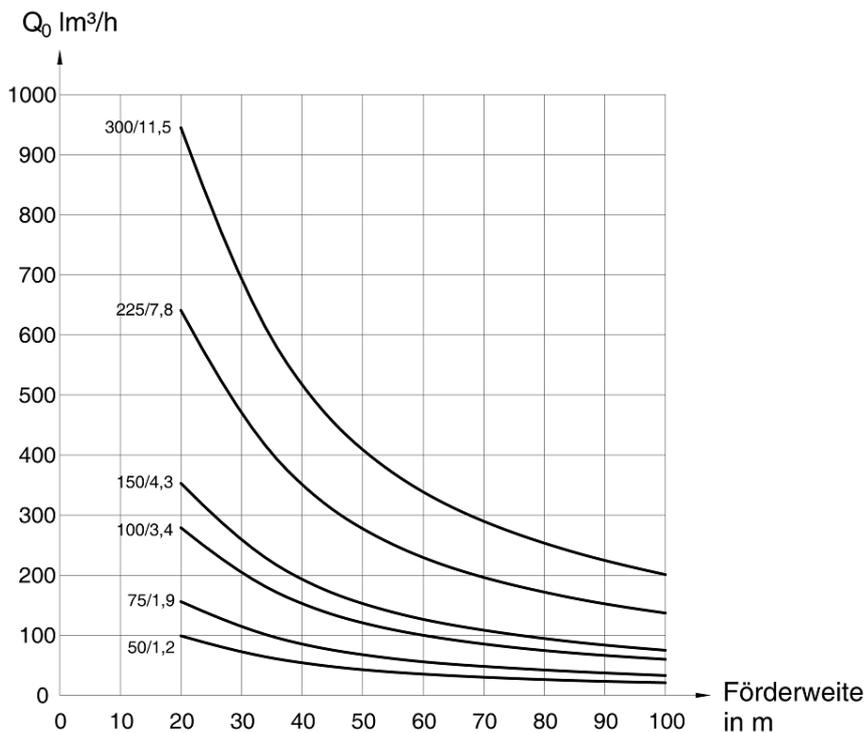


Bild 8.11 Theoretische Leistung  $Q_B$  einer Planierraupe beim Abschieben in  $\text{Im}^3$

Das Diagramm liegt einigen Normbedingungen zugrunde:

- 100%- ige Nutzung des Gerätes
- Keine Steigung
- Planierraupe s chneidet 15m an un d schiebt dann das Material über eine steilabfallende Wand
- Spezifisches Schüttgewicht 1.400 kg/m<sup>3</sup>
- Zugkraftkoeffizient  $\geq 0,5$

Zur Berechnung der Dauerleistung  $Q_D$  müssen einige Korrekturfaktoren berücksichtigt werden.

Ladefaktor  $k_1 = \alpha_L$ :

Auflockerungsfaktor  $\alpha_L$  siehe Bild 7.20

Leistungseinflussfaktor  $k_2 = f_{1p} \times f_{2p} \times f_s \times f_3$

- Schubbahnfaktor  $f_{1p}$ :

Wenn in Bahnen abgeschoben wird ist dieser Faktor mit 1,2 festzusetzen

- Schildarteinfluss  $f_{2p}$ ; ist nach dem Schildtyp festzulegen

Schildtyp	$f_{2p}$
U- Schild	1,20
Brustschild	1,00
Schwenkschild	0,50-0,75

- Steigungsfaktor  $f_s$ ,

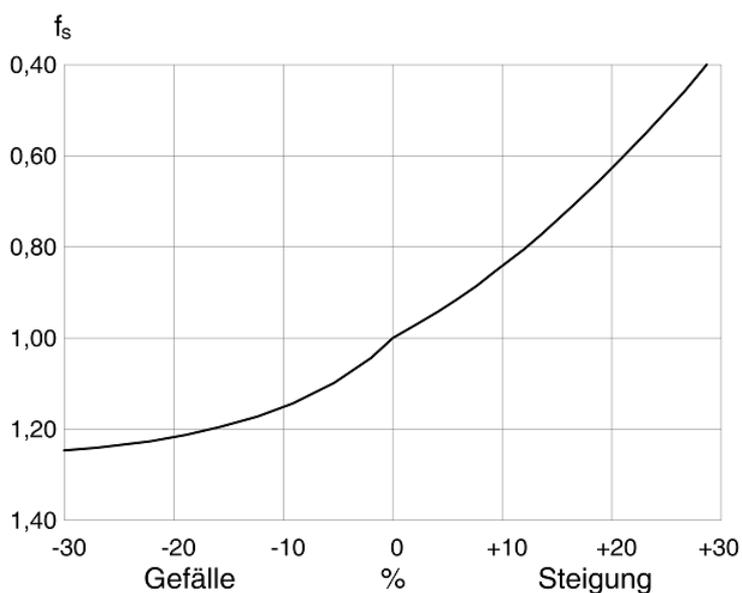


Bild 8.12 Werte für den Steigungsfaktor  $f_s$

Zustand der Planierraupe  $f_3$ ;  $f_3 = f_{3,1} \times f_{3,2}$ ; siehe Seite 71

- Betriebsbeiwert  $k_3 = \eta_1 \times \eta_2$ ; siehe Seite 72
- Geräteausnutzungsgrad  $\eta_G$ ; siehe Seite 73

#### 8.4 Berechnung nach Girmscheid

Girmscheid macht bei seiner Berechnung die Unterscheidung, ob mit **losem** oder mit **festem** Material gearbeitet wird. Dadurch ergeben sich zwei Berechnungsweisen.

##### ▪ Berechnungsalternative A

Die erste Methode hat die Ermittlung der Nutzleistung (Dauerleistung)  $\tilde{Q}_{PN}$  [ $\text{Im}^3/\text{h}$ ], bezogen auf die Verteilung von loseem Schüttmaterial, zum Ziel. Diese Methode ist für Rad- und Raupenplaniergeräte gültig.

Ausgehend von der Grundschubleistung  $\tilde{Q}_0$  [ $\text{Im}^3/\text{h}$ ],

$$\tilde{Q}_0(w) = \frac{V_{P100}}{t_U} \times 60 \times \varphi \times f_w(w) \quad [\text{Im}^3/\text{h}]$$

kann man die Nutz- bzw. Dauerleistung  $\tilde{Q}_{PN}$  [ $\text{Im}^3/\text{h}$ ] angeben.

$$\tilde{Q}_{PN}(w) = \frac{V_{P100}}{t_U} \times 60 \times \varphi \times k_2(w) \times k_3 \times \eta_G \quad [\text{Im}^3/\text{h}]$$

$$V_{P100} = (0,5 \div 0,8) \times h^2 \times b \quad [\text{Im}^3]$$

Mit:

$V_{P100}$ ... Schildschubkapazität [ $\text{Im}^3$ ]

$t_U$ .....Umlaufzeit [min]

$\varphi$ ..... Füllungsgrad des Schildes [-]

$k_2(w)$ ...Leistungseinflussfaktor [-]

$k_3$ ..... Betriebsbeiwert [-]

$\eta_G$ .....Geräteausnutzungsgrad [-]

b..... Breite des Schildes [m]

h..... Höhe des Schildes [m]

### Leistungseinflussfaktor $k_2(w)$ :

$$k_2(w) = \prod_{i=1}^5 f_i \times f_w(w) \cong f_{1P} \times f_{2P} \times f_3(\beta) \times f_4 \times f_5 \times f_w(w)$$

$$k_2 = f_{1P} \times f_{2P} \times f_3(\beta) \times f_4 \times f_5$$

$$k_2(w) = k_2 \times f_w(w)$$

Mit:

$f_{1P}$ .....Schubbahnenfaktor (Schiebefaktor) [-]

$f_{2P}$ .....Schildarteneinflussfaktor (Schildeinrichtung) [-]

$f_3(\beta)$ .... Steigungsfaktor [-]

$f_4$ ..... Schneiden-/Zahnzustandsfaktor [-]

$f_5$ ..... Verfügbarkeits-/Gerätezustandsfaktor [-]

$f_w(w)$ ... entfernungsabhängiger Leistungsfaktor [-]

### Betriebsbeiwert $k_3$ :

$$k_3 = \prod_{i=1}^2 \eta_i \cong 0.7$$

$\eta_1$ ..... Bedienungsfaktor 0.75 – 1.00 [-]

$\eta_2$ ..... Betriebsbedingungen [-]

### Umlaufzeit $t_U$ :

$$t_U = t_H + t_R \quad [\text{min}]$$

$$t_H = l_H/V_H \text{ und } t_R = l_R/V_R$$

$t_H$ .....Hinfahrt unter Last, Verteilen des von den LKW abgeladenen Materials [min]

$t_R$ .....Rückfahrzeit [min]

$l_H$ .....Schub-/Fahrentfernung [m]

$V_H$ .....	Schub-/Fahrgeschwindigkeit	[m/min]
$l_R$ .....	Strecke der Rückfahrt	[m]
$V_R$ .....	Fahrgeschwindigkeit auf der Rückfahrt	[m/min]

Grundschubleistung  $\tilde{Q}_0$  [lm<sup>3</sup>/h]

Das hier enthaltene Diagramm basiert auf folgenden Normbedingungen:

- 100% Nutzung des Gerätes
- Keine Steigung
- Die Planierraupe schneidet 15m weit an und schiebt die Schildfüllung zur Entleerung über eine steil abfallende Wand
- Spezifisches Schüttgewicht 1400 kg/lm<sup>3</sup>
- Zugkraftkoeffizient 0,5 und größer
- Hydraulisch betätigte Planiereinrichtungen

Für die Umrechnung der Leistung von losen m<sup>3</sup> in feste m<sup>3</sup> muss die Schubleistung mit dem Lösefaktor multipliziert werden.

Das Diagramm zeigt die Grundschubleistung von Planierraupen mit Brustschild in Abhängigkeit von der Förderstrecke w [m] ohne die Anschnittstrecke (ca. 15m)

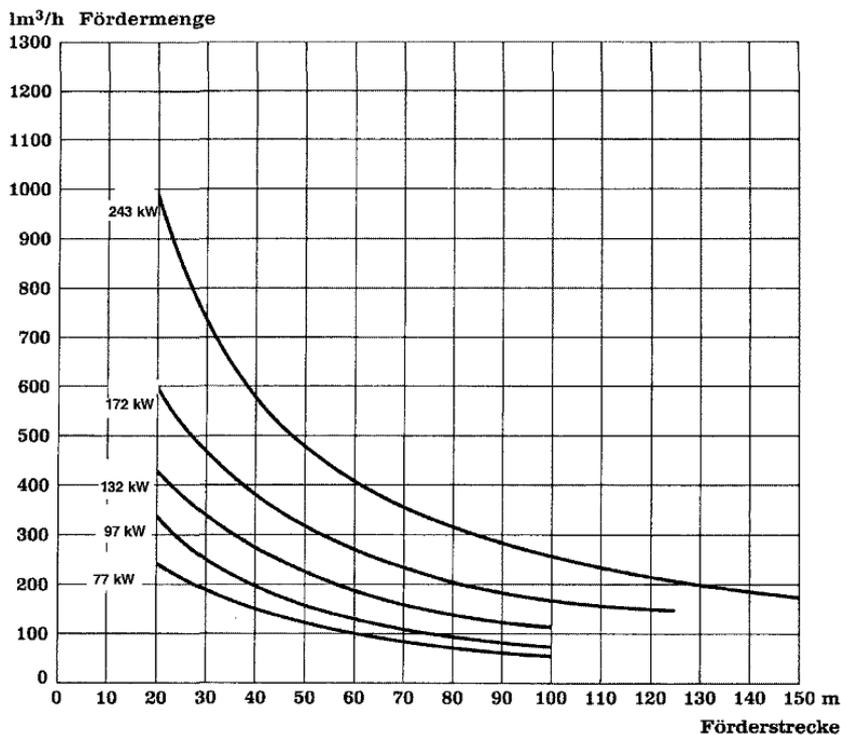


Bild 8.13 Grundschubleistung von Planierraupen

<u>Füllfaktor:</u>	$\varphi$ - Wert
loses Haufwerk	1.2
schwer zu lösen	
mit Kippzylinder	0.8
ohne Kippzylinder	0.7
schwer zu schieben (trocken, nicht bindig)	0.6 – 0.8
sehr bindiges Material	0.6 – 0.8
Fels, gerissen oder gesprengt	0.6 – 0.8
<u>Bedienungsfaktor:</u>	$\eta_1$
gut	1.0
durchschnittlich	0.80
mäßig	0.65
<u>Betriebsbedingungen:</u>	$\eta_2$
Staub, Regen, Schnee, Nebel oder Dunkelheit	0.80
<u>Schubbahnfaktor:</u>	$f_{1P}$
in Bahnen	1.2
<u>Schildarteinflussfaktor:</u>	$f_{2P}$
U- Schild	1.2
Brustschild	1.0
Schwenkschild	0.5 – 0.75

Steigungsfaktor:

$f_3(\beta)$

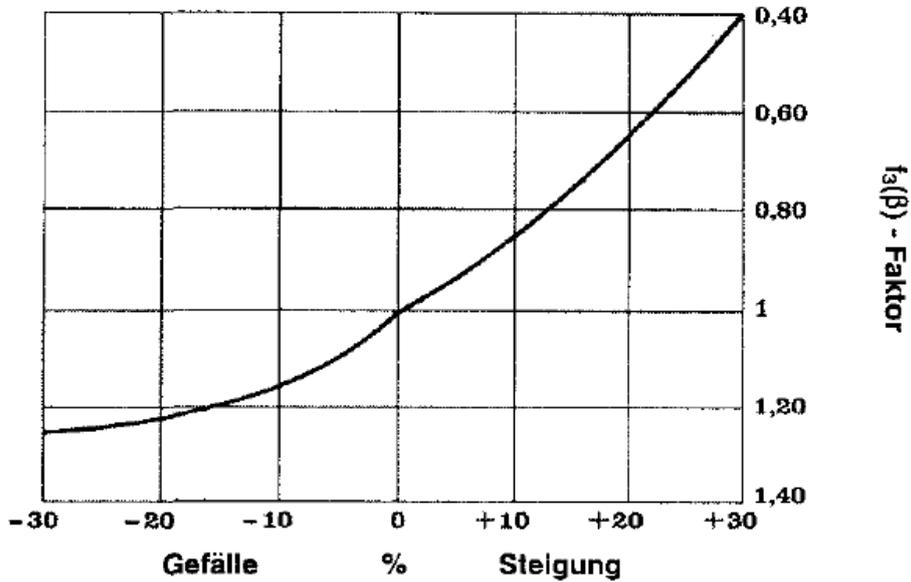


Bild 8.14 Steigungsfaktor  $f_3(\beta)$

Girmscheid gibt ebenfalls ein Leistungsdiagramm  $\tilde{Q}_0$  ( $w$ ;  $v$ ;  $P$ ;  $V_{P100}$ ) [ $m^3/h$ ] für Schubaunen im Entfernungsbereich bis 50 Meter an.

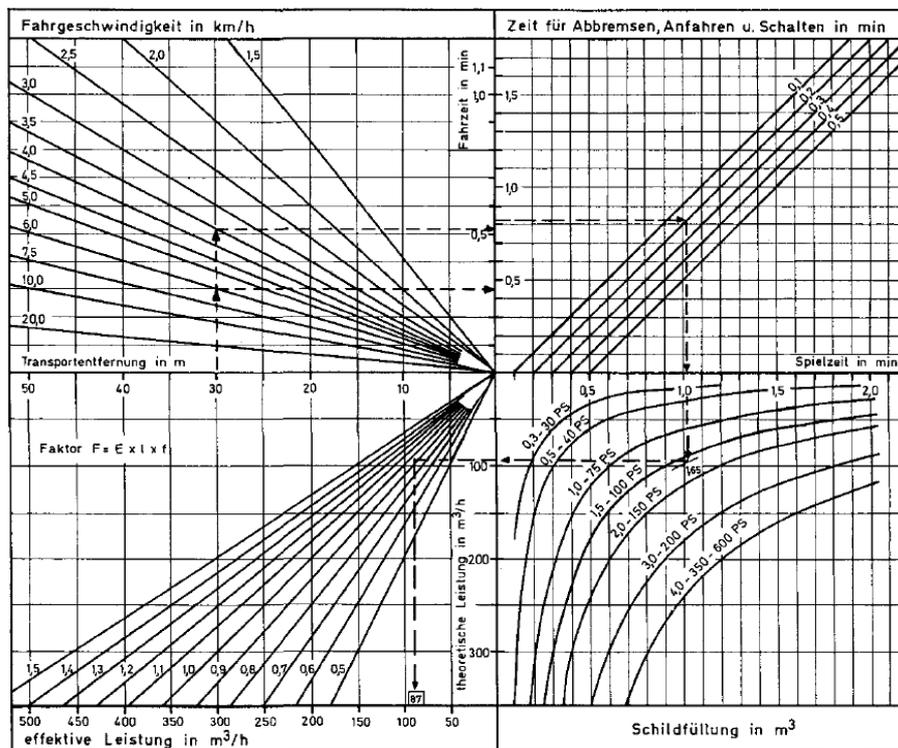


Bild 8.15 Leistungsdiagramm  $\tilde{Q}_0$

▪ **Berechnungsalternative B**

Die Nutz- bzw. Dauerleistung von Rad- und Raupenplaniergeräten  $Q_{PIN}$  [ $\text{fm}^3/\text{h}$ ] ist:

$$Q_{PIN} = \bar{V}_{P,0} \times \varphi_P \times \bar{Q}_1(w) \times k_2 \times k_{P-i} \times \eta_G \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

$$\bar{V}_{P,0} = 0.8 \times b \times h^2 \times \alpha \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

$\bar{V}_{P,0}$ ..... Planierschildinhalt	[ $\text{fm}^3/\text{h}$ ]
$\varphi_P$ .....Gerätefüllungsgrad	[-]
$\bar{Q}_1(w)$ .. Rad-/Planiergerät-Einheitsgrundförderleistung ( $1\text{m}^3$ - Gefäß) in Abhäng. von der Förderweite	[ $\text{fm}^3/\text{h}$ ]
$k_2$ ..... Leistungseinflussfaktor	[-]
$k_{P-i}$ ..... Betriebsbeiwert $k_3$	[-]
$\eta_G$ .....Geräteausnutzungsgrad	[-]
$\alpha$ ..... Lösefaktor	[ $\text{fm}^3/\text{lm}^3$ ]

Leistungseinflussfaktor  $k_2$ :

$$k_2 = f_4 \times f_5$$

$f_4$ ..... Schneiden-/Zahnzustandsfaktor	[-]
$f_5$ ..... Verfügbarkeits-/Gerätezustandsfaktor	[-]

Betriebsbeiwert  $k_3$ :

$$k_3 = \prod_{j=1}^2 \eta_j = \eta_1 \times \eta_2 = k_{P-i}$$

$\eta_1$ ..... Bedienungsfaktor; siehe oben	[-]
$\eta_2$ ..... Betriebsbedingungen; siehe oben	[-]

Betriebsbeiwert  $k_{P-i}$ :

Radplaniergeräte	$k_{P-Rad} = 0.45 - 0.8$	$\varphi_P = 0.5 - 0.9$
Raupenplaniergeräte	$k_{P-Raup} = 0.6 - 0.8$	

Rad-/Planiergerät-Einheitsgrundförderleistung  $\bar{Q}_1(w)$ :

Dieser Wert ist aus dem Förderleistungsdiagramm zu entnehmen. Das Diagramm basiert auf Praxiserfahrungen und geht von folgenden Annahmen aus:

- ◆ Idealer Fördergefässinhalt  $\bar{V}_{P,0} = 1.0 \text{ fm}^3$
- ◆ Auflockerungsgrad  $\bar{\delta}_A = 1.0$  bzw. Lösefaktor  $\alpha = 1.0$
- ◆ Gesamtabminderungsfaktor  $k = 1.0$
- ◆ Gerätefüllungsgrad  $\varphi = 1.0$

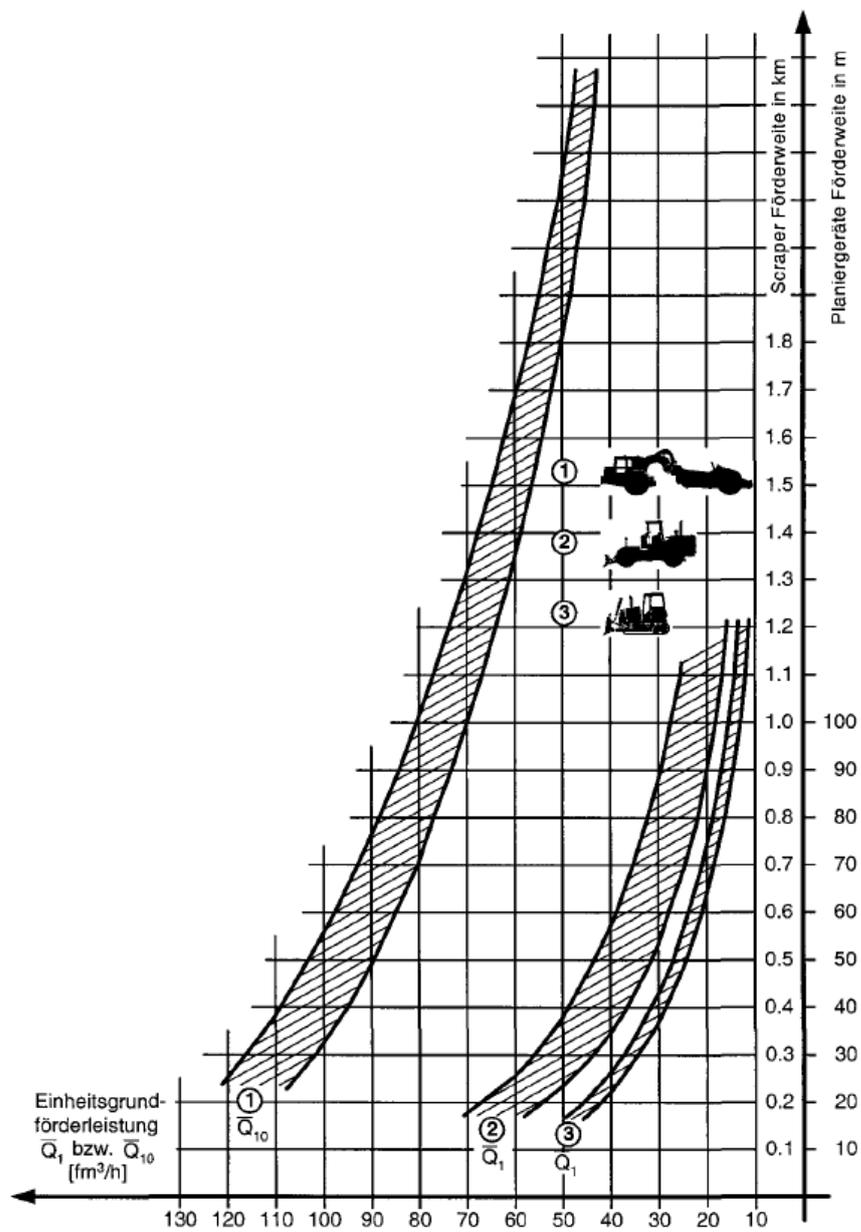


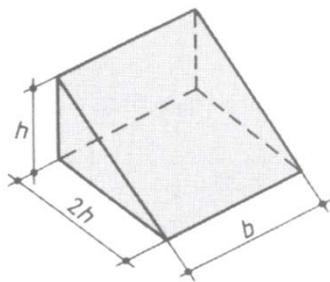
Bild 8.16 Förderleistungsdiagramm für (Scraper), Rad- und Raupenplaniergeräte

**8.5 Berechnung nach Hoffmann**

Die **Grundleistung**  $Q_B$  einer Planierraupe ist:

$$Q_B = V_R \times f_L \times n \times f_1 \times f_2 \quad [fm^3/h]$$

Schildfüllung  $V_R$ :



Schildfüllung  
 $V_R = 0,8 \cdot b \cdot h^2 \text{ [m}^3\text{]}$   
 $b =$  Schildbreite [m]  
 $h =$  mittlere Schildhöhe [m]

Bild 8.17 Schildfüllung  $V_R$

Spielzahl  $n$ :

mittlere Förderweite <sup>1)</sup> in m	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Spielzahl $n$ in 1/h	100	78	63	50	42	36	31	27	24

<sup>1)</sup> mittlere Förderweite = Mitte Abtragstelle bis Mitte Auftragstelle

Bild 8.18 Spielzahl  $n$  [1/h]

Anmerkung: Gleiche Tabelle wie BBL-Skriptum

Ladefaktor  $f_L$ :

Wird nach der Formel  $f_L = f_F/f_S$  ermittelt. Der Auflockerungsfaktor  $f_S$  und der Füllungsfaktor  $f_F$  haben die gleichen Werte wie im Baubetriebslehre-Skriptum.

Einsatzfaktoren:

<b>Schildform</b>	<b><math>f_1</math></b>
U-Schild	1,10 bis 1,25
S-Schild	1,00
A-Schild	0,70 bis 0,85

Bild 8.19 Berücksichtigung der Schildform  $f_1$

Neigung + Steigung/– Gefälle	$f_2$
+30%	0,40
+20%	0,65
+10%	0,85
0%	1,00
–10%	1,15
–20%	1,22
–30%	1,25

Bild 8.20 Berücksichtigung der Neigung des Schürf- und Förderweges  $f_2$

Die Nutzleistung  $Q_A$  ist gegeben mit:

$$Q_A = Q_B \times f_E \quad [fm^3/h]$$

Nutzleistungsfaktor  $f_E$ :

Baustellenbedingungen	Betriebsbedingungen			
	sehr gut	gut	mittelmäßig	schlecht
sehr gut	0,84	0,81	0,76	0,70
gut	0,78	0,75	0,71	0,65
mittelmäßig	0,72	0,69	0,65	0,60
schlecht	0,63	0,60	0,57	0,52

Bild 8.21 Nutzleistungsfaktor  $f_E$

Die Leistung von Planierraupen kann wiederum mit einem Nomogramm abgeschätzt werden (gültig für mittelschwere Böden).

## Schätzung der Leistung

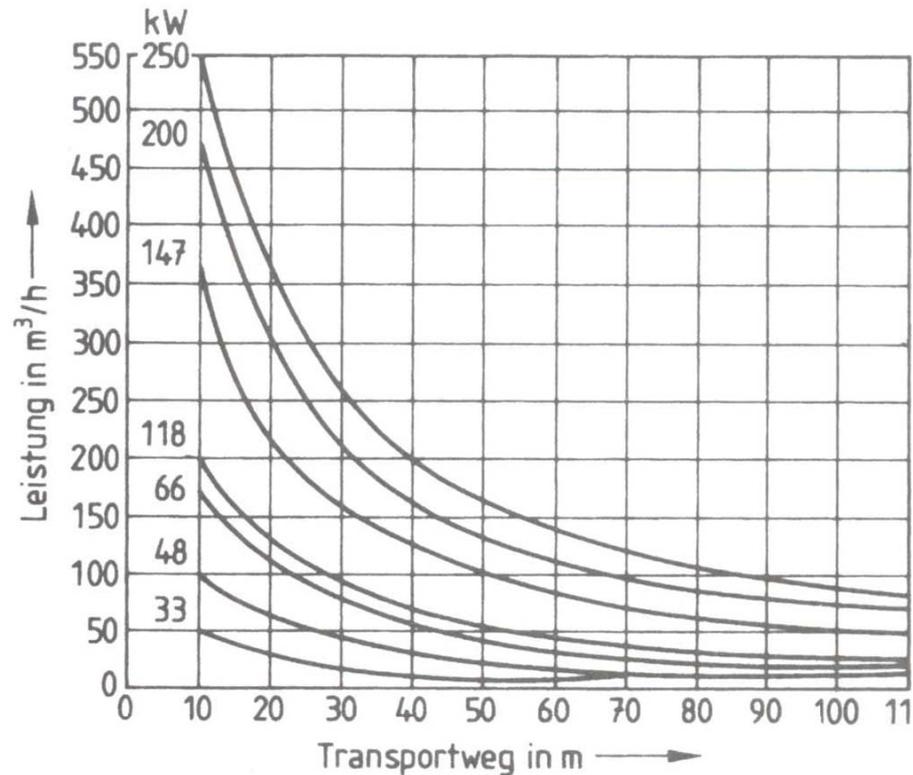


Bild 8.22 Nomogramm zur Leistungsabschätzung

### 8.6 Berechnung nach Hüster

Hüster unterscheidet bei der Leistungsberechnung welche Tätigkeit mit der Planiererraupe ausgeführt wird. Dadurch ergeben sich zwei Berechnungsvorgänge.

- Leistungsberechnung der Planiererraupe bei der Tätigkeit **Lösen und Transportieren**

Dieser Berechnungsgang ist anzuwenden, wenn

- ♦ Boden von einer Fläche auf ein Depot,
- ♦ Boden von Depot zu Depot oder
- ♦ Boden von einem Depot auf eine Fläche zu schieben ist.

- Leistungsberechnung der Planiererraupe bei der Tätigkeit **Einbauen und Planieren**

Die **Grundleistung**  $Q_0$  der Planierraupe beim Lösen und Transportieren ist:

$$Q_0 = V \times \left(\frac{60}{T_0}\right) \times f_A \times f_F \times f_S \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Mit:

V..... Nenninhalt	[m <sup>3</sup> ]
T <sub>0</sub> ..... Grundspielzeit	[min]
f <sub>A</sub> ..... Auflockerungsfaktor	[-]
f <sub>F</sub> ..... Füllungsfaktor	[-]
f <sub>S</sub> ..... Schildbeiwert	[-]

Nenninhalt V:

Hüster trennt hier, anders als das BBL- Skriptum, strenger die Begriffe Nenninhalt des Schildes und Schildkapazität. Der Nenninhalt des Planierschildes V (theoretisches Schildvolumen) beträgt:

$$V = 0,5 \times h^2 \times b$$

Mit:

h..... Schildhöhe	[m]
b..... Schildbreite	[m]

Der Nenninhalt V ist nicht zu verwechseln mit der Schildkapazität V\* entsprechend der SAE- Norm.

$$V^* = 0,8 \times h^2 \times b$$

Grundspielzeit T<sub>0</sub>:

Das nachstehende Diagramm gilt für Raupen mit rund 25 bis 35 kW Motorleistung je m<sup>2</sup> Schildfläche. Zusätzlich wird eine Schubgeschwindigkeit von 3 bis 5 km/h, eine Rückfahrgeschwindigkeit von 6 km/h und eine konstante Anfahr- und Bremszeit von zusammen 0,3 min je Spiel angenommen.

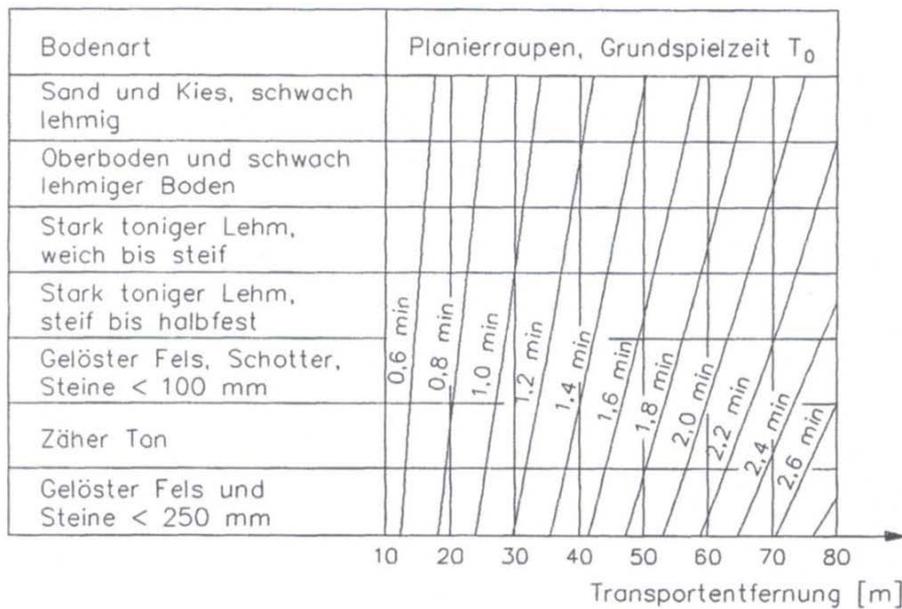


Bild 8.23 Grundspielzeit  $T_0$  für Planierraupen beim Lösen und Transportieren

Auflockerungsfaktor  $f_A$ :

Siehe Bild 7.45

Füllungsfaktor  $f_F$ :

Der Füllungsfaktor ist nur im Zusammenhang mit dem Neininhalt  $V$  gültig.

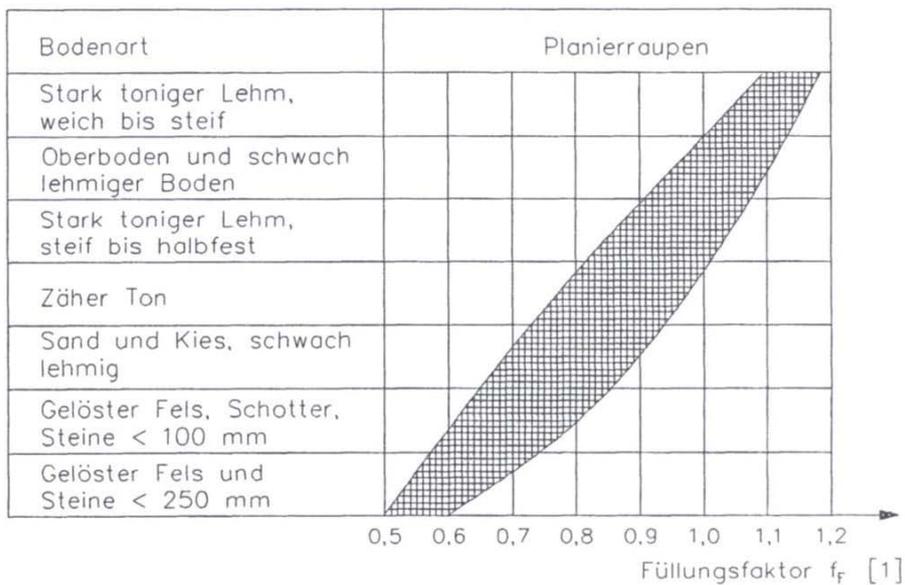


Bild 8.24 Füllungsfaktor  $f_F$  für Planierschilde

Schildbeiwert  $f_S$ :

Der Schildbeiwert korrigiert den Nutzinhalt abhängig von der geometrischen Form des Schildes.

Schildform	Schildbeiwert $f_S$
S-Schild (Straight blade) = gerades Schild mit schmalen Seitenschott	1,0
U-Schild (Universal blade) = U-förmig abgewinkeltes Schild mit Seitenschott	1,2
A-Schild (Angle blade) = gerades schmales Schild ohne Seitenschott	0,8

Bild 8.25 Schildbeiwert  $f_S$

Daraufhin kann die **Nutzleistung**  $Q_N$  errechnet werden:

$$Q_N = Q_0 \times \{t_N / (60 \times f_T)\} \times f_Z \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Hauptnutzungszeit  $t_N$ :

$$t_N = 60 - (t_n + t_z + t_a)$$

$t_n$ ..... Nebennutzzeit; sie fällt bei der Planierdraupe in der Regel nicht an

$t_z$ ..... Zeit für zusätzliche Nutzung; muss geschätzt oder aus Erfahrung bestimmt werden.

$t_a$ ..... Zeit für ablaufbedingte Unterbrechungen; z.B. Draupe wird durch andere Fahrzeuge behindert. Muss geschätzt oder aus Erfahrung bestimmt werden.

Zeitfaktor  $f_Z$ :

$$f_Z = \left(1 - \frac{t_p}{60}\right) \times \left(1 - \frac{t_s}{60}\right)$$

$t_p$ ..... Zeit für persönlich bedingte Unterbrechungen;

Erfahrungswert  $t_p = 3$  bis  $5$  min/h

$t_s$ ..... Zeit für störungsbedingte Unterbrechungen;

Erfahrungswert aus Langzeitbeobachtungen:  $t_s = 4$  min/h

Spielzeitfaktor  $f_T$ :

$$f_T = 1 + (p_M + p_P + p_N)/100$$

$p_M$ ..... Maschineneignung und Maschinenzustand; muss abgeschätzt werden. Bei „idealer“ Maschine  $\rightarrow T_0 = T_N$

$p_P$ ..... Erfahrung, Qualifikation, Motivation des Maschinenführers; kann bis zu  $p_P \leq 20\%$  abgemindert werden.

$p_N$ ..... Einfluss der Geländeneigung

Neigung	[%]	+30	+25	+20	+10	0	-10	-20	-30
$p_N$	[%]	150	80	50	20	0	-10	-20	-20
Eigene Werte	[%]								

Bild 8.26 Zuschlag für verschiedene Geländeneigungen  $p_N$

Hüster bietet ebenfalls ein Diagramm zur Abschätzung der Nutzleistung an. Ein zusätzlicher Anhaltswert wird durch den Zusammenhang von Schub- und Motorleistung angegeben. Für die Kalkulation kleinerer Planier-, Schürf- und Transportarbeiten mit nur wenigen Einsatzstunden kann angesetzt werden:

$$Q_N = P [fm^3/h]$$

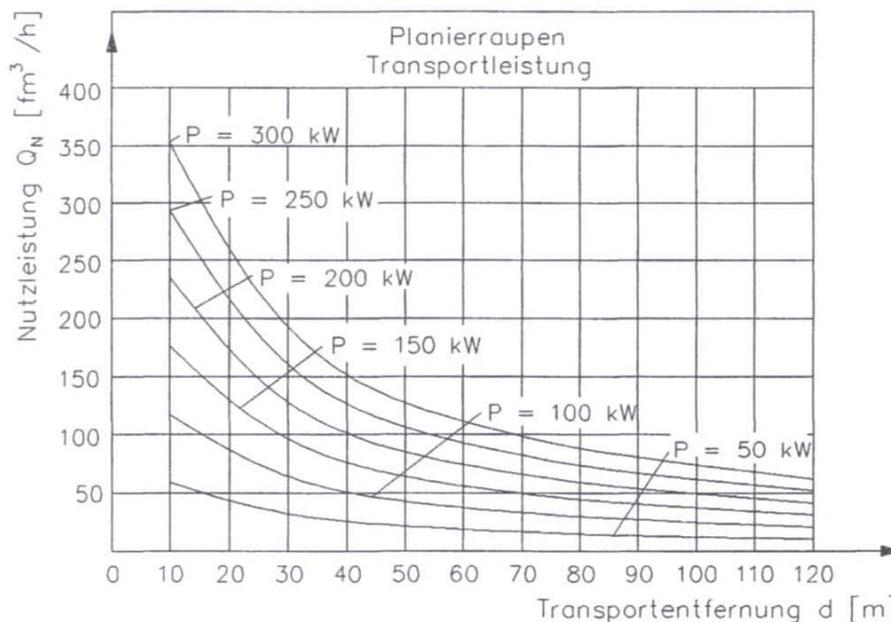


Bild 8.27 Anhaltswerte für die Nutzleistung von Planierraupen beim Lösen und Transportieren unter mittleren Betriebsbedingungen

- Leistungsberechnung der Planierraupe bei der Tätigkeit **Einbauen und Planieren**

Dieser Berechnungsvorgang ist anzuwenden, wenn die Planierraupe Geländeunebenheiten ausgleicht oder abgekipptes Material verteilt und zum Verdichten vorbereitet.

Die **Grundleistung  $Q_0$**  der Planierraupe beim Verteilen und Planieren ist:

$$Q_0 = b_A \times L \times d \times \left(\frac{60}{T_0}\right) \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

oder

$$Q_0 = b_A \times L \times \left(\frac{60}{T_0}\right) \quad [\text{m}^2/\text{h}]$$

Mit:

$b_A$ .....Arbeitsbreite, $b_A=0,80 \cdot b$ (Schnittbreite $b$ )	[m]
$L$ ..... Länge der Bearbeitungsbahn	[m]
$d$ ..... Dicke der eingebauten Schicht (nach Verdichtung)	[m]
$T_0$ ..... Grundspielzeit	[min]

Grundspielzeit  $T_0$ :

Bei reinen Einbau- und Planierarbeiten bezieht man die Spielzeit auf eine eingebaute Bahn einer bestimmten Länge. Die Zahl der Übergänge  $\ddot{u}$  kann, sofern keine anderen Informationen vorliegen, angesetzt werden zu

Dammschüttung:	$\ddot{u}= 2$ bis $3$
Planierarbeiten mittlerer Genauigkeit:	$\ddot{u}= 3$ bis $4$
Feinplanum:	$\ddot{u}= 4$ bis $5$

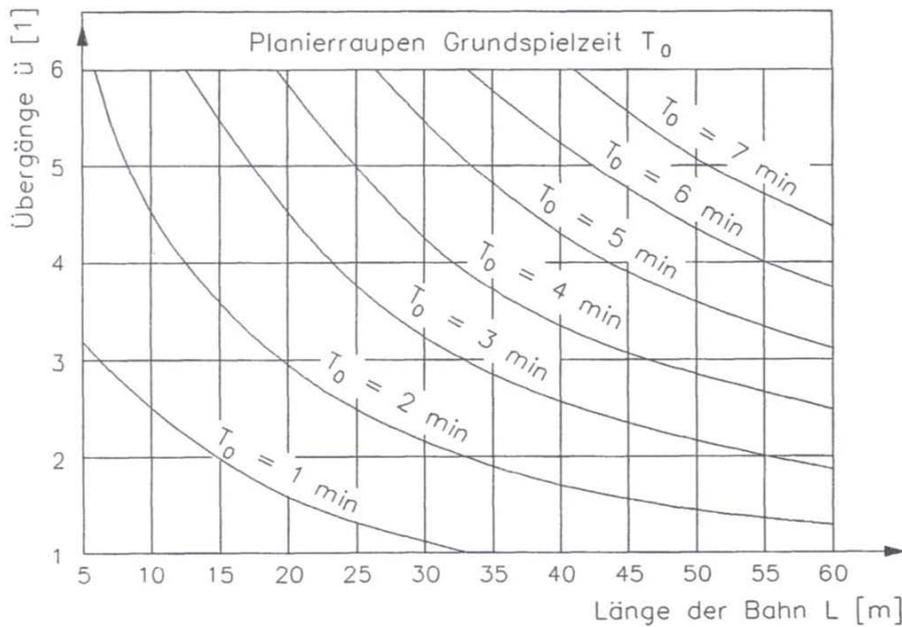


Bild 8.28 Grundspielzeit  $T_0$  von Planierraupen beim Einbauen und Planieren

Die Grundspielzeit errechnet sich dann zu

$$T_0 = \ddot{u} \times (\text{const.} + 0,12 \times L/v)$$

Mit:

- ü..... Zahl der Übergänge [-]
- const... Fixzeit für Bremsen und Anfahren [min]
- L..... Länge der Bahn [m]
- v..... mittlere Last- und Leergeschwindigkeit [km/h]

Für das Diagramm ist eine Fixzeit von 0,2 min je Spiel und eine mittlere Last- und Leergeschwindigkeit von 5 km/h angeschlagen worden.

Daraufhin kann die **Nutzleistung  $Q_N$**  errechnet werden:

$$Q_N = Q_0 \times \{t_N / (60 \times f_T)\} \times f_Z \quad [\text{fm}^3/\text{h}], [\text{m}^2/\text{h}]$$

Die Nutzleistung kann, je nachdem wie die Grundleistung gewählt worden ist, in  $[\text{fm}^3/\text{h}]$  oder  $[\text{m}^2/\text{h}]$  angegeben werden.

Hauptnutzungszeit  $t_N$ :

$$t_N = 60 - (t_n + t_z + t_a)$$

- $t_n$ ..... Nebennutzzeit; sie fällt bei der Planierraupe in der Regel nicht an
- $t_z$ ..... Zeit für zusätzliche Nutzung; fällt bei Verteil- und Planierarbeiten normalerweise auch nicht an
- $t_a$ ..... Zeit für ablaufbedingte Unterbrechungen; z.B. Raupe wird durch andere Fahrzeuge behindert. Muss geschätzt oder aus Erfahrung bestimmt werden.

Zeitfaktor  $f_z$ :

Wird wie vorher bestimmt

Auch hier sieht es in Diagramm zur Abschätzung der Nutzleistung zur Verfügung:

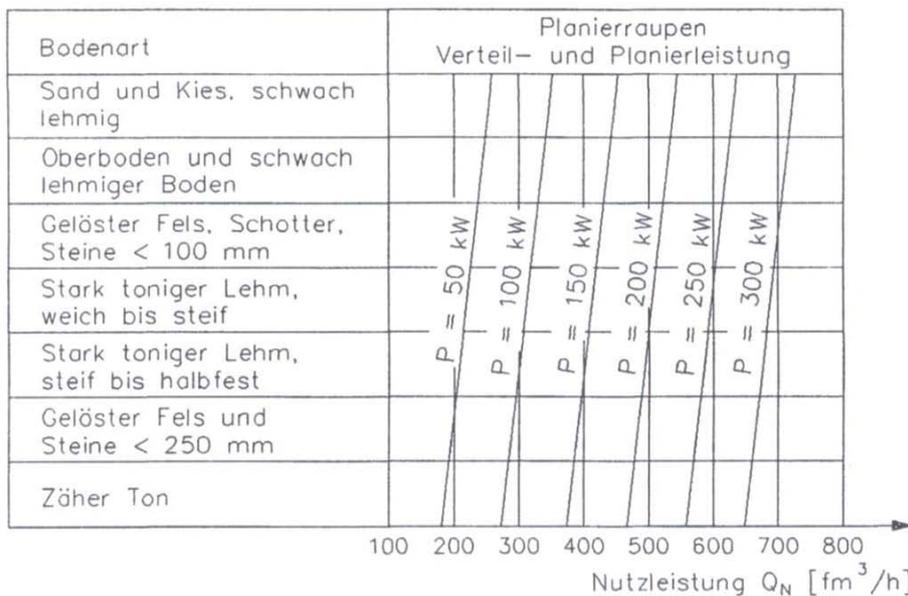


Bild 8.29 Anhaltswerte für die Nutzleistung von Planierraupen beim Verteilen und Planieren unter mittleren Betriebsbedingungen

### Gesamtleistung bei kombinierten Arbeiten

Wenn sowohl Lös- und Transportarbeiten als auch Einbau- und Planierarbeiten gleichzeitig oder alternierend mit einander auf der Raupe durchgeführt werden, so errechnet sich die Gesamtleistung zu

$$Q_{ges} = (Q_1 \times Q_2) / (Q_1 + Q_2) \quad [fm^3/h]$$

## 8.7 Einflussfaktoren für die Planierraupe

In nachfolgender Tabelle sind alle Einflussfaktoren aufgelistet, die in den gesamten Berechnungen für die Planierraupe zum Einsatz kommen.

PLANIERRAUPE	TU Graz	TU Wien	UNI Innsbruck	Girmscheid	Hoffmann	Hüster
<b>Einflüsse bei TU Graz</b>						
Nenninhalt	ja	–	ja	ja	ja	ja
Spielzahl	ja	–	nein <sup>5</sup>	nein <sup>8</sup>	ja	nein
Zeitfaktor	ja	–	ja <sup>6</sup>	ja <sup>9</sup>	ja <sup>13</sup>	ja <sup>15</sup>
Schildfaktor	ja	–	ja	ja	ja	ja
Ladefaktor	ja	–	ja	ja	ja	ja
Auflockerungsfaktor	ja	–	ja	ja	ja	ja
Füllungsfaktor	ja	–	nein	ja	ja	ja
Neigungsfaktor	ja	–	ja	ja	ja	ja
Personen- und Maschinenfaktor	ja	–	ja <sup>7</sup>	ja <sup>10</sup>	ja <sup>13</sup>	ja
<b>Einflüsse bei TU Wien</b>						
neue Einflüsse						
Spielzeit	nein	–	nein <sup>5</sup>	ja <sup>11</sup>	nein	ja
<b>Einflüsse bei UNI Innsbruck</b>						
neue Einflüsse						
Schubbahnfaktor	nein	–	ja	ja/nein <sup>12</sup>	nein	ja/nein <sup>16</sup>
Gerätezustandsfaktor		–	ja	ja	nein <sup>14</sup>	ja/nein <sup>17</sup>
Schneiden- /Zahnzustandsfaktor	ja/nein <sup>1</sup>	–	ja	ja		ja/nein <sup>18</sup>
Bedienungsfaktor	ja/nein <sup>2</sup>	–	ja	ja		
Betriebsfaktor	nein <sup>3</sup>	–	ja	ja		
Geräteausnutzungsgrad	ja/nein <sup>4</sup>	–	ja	ja		
<b>keine weiteren Einflüsse bei Girmscheid, Hoffmann und Hüster</b>						

Bild 8.30 Einflussfaktoren Planierraupe

Anmerkungen zur obigen Tabelle:

- 1 Der Gerätezustandsfaktor und der Schneiden-/Zahnzustandsfaktor werden zwar durch den Personen- und Maschinenfaktor berücksichtigt, jedoch nicht in dieser ausführlichen Form.
- 2 Der Gerätezustandsfaktor und der Schneiden-/Zahnzustandsfaktor werden zwar durch den Personen- und Maschinenfaktor berücksichtigt, jedoch nicht in dieser ausführlichen Form.
- 3 bei Personen- und Maschinenfaktor berücksichtigt
- 4 Der Geräteausnutzungsgrad entspricht ungefähr dem Zeitfaktor. Für beide wird bei guten Bedingungen mit einer Arbeitszeit von 50 Minuten pro Stunde gerechnet.

- 5 Hier erfolgt keine explizite Angabe der Spielzahl oder Spielzeit, sondern sie ist in der theoretischen Leistung  $Q_0$  enthalten. Siehe Seite
- 6 siehe Anmerkung <sup>4</sup>
- 7 Der Maschinenzustand hat bei der UNI Innsbruck stärkeren Einfluss.
- 8 Hier erfolgt keine explizite Angabe der Spielzahl oder Spielzeit, sondern sie ist in der Planiergerät-Einheitsförderleistung bzw. Grundschubleistung enthalten. Siehe Seite
- 9 siehe Anmerkung <sup>4</sup>
- 10 vgl. Anmerkung <sup>7</sup>
- 11 gilt für Berechnungsalternative A. Siehe Seite
- 12 Nein bei Berechnungsvariante A, Ja bei Berechnungsvariante B
- 13 entspricht ungefähr dem Nutzleistungsfaktor; wiederum ist bei guten Bedingungen mit einer Arbeitszeit von 50 Minuten pro Stunde zu rechnen.
- 14 Diese Faktoren sind im Nutzleistungsfaktor, jedoch nicht in so einer umfangreichen Form, enthalten.
- 15 wird durch eine Reihe von Zeitabschlägen berücksichtigt
- 16 je nachdem welche Tätigkeit mit der Planierraupe durchgeführt wird (
- 17 entspricht dem Maschineneinfluss  $p_M$
- 18 wird durch Zeitabschläge (Hauptnutzungszeit, Zeitfaktor) berücksichtigt.

## 9 Beispiele

Als Beispiel für die Leistungsberechnung der beiden Baumaschinen mit konkreten Zahlenwerten wurde das Übungsprojekt aus der Lehrveranstaltung „Baubetriebslehre“ (Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz, WS 2009/10) gewählt. Die Aufgabenstellung bei diesem Projekt war der Bau eines Bürokomplexes, wobei folgende Bereiche zu erarbeiten waren.

1. Verfahrensauswahl
  2. Bauablaufplanung
  3. Bedarfsplanung
  4. Baustelleneinrichtung
- } bei diesen Beispielen nicht relevant

Nachstehend werden nur die dafür notwendigen Erdarbeiten untersucht, wobei die Verfahrensauswahl auf folgenden Maschineneinsatz gefallen ist. Der Abtrag des Mutterbodens geschieht mittels Planierraupe, der anschließende Baugrubenaushub für die Herstellung des Fundaments wird von einem Hydraulikbagger mit Tieflöffelausrüstung ausgeführt.

Projektangaben:

Baustellengröße:  $7.860\text{m}^2$

Gebäudeabmessungen:  $4.200\text{m}^2$

Als Randbedingungen sind weitere Informationen vorgegeben:

- Die Geländeneigung des Transportweges beträgt 0%
- Alter und Zustand der Maschine: Gut
- Qualität und Einsatzfreude des Maschinisten: Sehr gut

### 9.1 Einsatz Planierraupe

Die Planierraupe trägt den Mutterboden in der Stärke von 15 cm ab. Ein Teil des Mutterbodens wird für die spätere Wiederbegrünung auf der Baustelle belassen, der andere Teil wird zu einem Lager transportiert.

Fläche  $A_I = 7.860\text{ m}^2$ ; wird komplett abgeschoben

Fläche  $A_{II} = 3920\text{ m}^2$ ; wird nicht mehr benötigt und daher abtransportiert

$$V_M = h \times (A_I - A_{II}) = 0,15\text{m} \times (7860\text{m}^2 - 3920\text{m}^2) = 591,0\text{m}^3$$

Diese  $591,0\text{m}^3$  Mutterboden müssen in Mieten zwischengelagert werden.

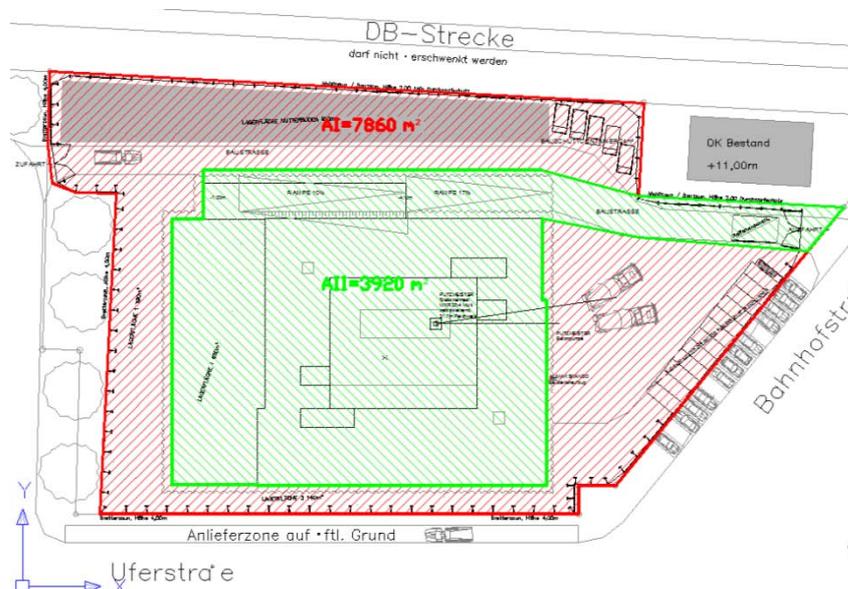
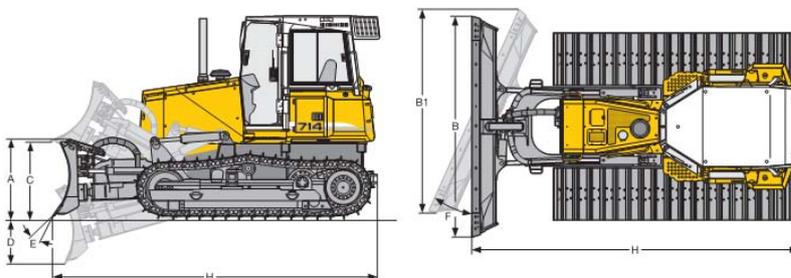


Bild 9.1 Baufeld, Mutterbodenabtrag

Für den Abtrag des Mutterbodens wird eine Planierraupe der Firma Liebherr mit der Typbezeichnung „PR 714 LGP Litronic“ verwendet. Eine Darstellung dieses Gerätes sowie das technische Datenblatt sind nachstehend ersichtlich.

[Datenblatt Planierraupe](#)



 <b>6-Wege-Schild mit innenliegendem Schubrahmen</b>		<b>6-Wege-Schild XL</b>	<b>6-Wege-Schild LGP</b>
Schildkapazität nach ISO 9246	m <sup>3</sup>	2,63	2,77
A Schildhöhe ohne / mit Überlaufblech	mm	1.100 / 1.340	1.100 / 1.340
B Schildbreite	mm	3.048	3.231
B1 Schildbreite geschwenkt	mm	2.769	3.036
Transportbreite	mm	2.769	3.000 <sup>2</sup>
C Hubhöhe	mm	980	980
D Schürftiefe	mm	541	541
E Schnittwinkelverstellung	°	7°	7°
F Schwenkwinkelverstellung	°	25°	20°
Titweg max.	mm	424	450
H Gesamtlänge, gerade	mm	4.729	4.729
Einsatzgewicht <sup>1</sup>	kg	12.623	13.227
Bodendruck <sup>1</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	0,43	0,33

<sup>1</sup> Schmier- und Betriebsstoffe, 6-Wege-Schild, Fahrer, Bodenplatten 560 mm (XL) bzw. 782 mm (LGP)

<sup>2</sup> Mit ausgeboztem Schwenkzylinder

Bild 9.2 Planierraupe PR 714 LGP Litronic der Firma Liebherr

<b>Motor</b>	
Dieselmotor	John Deere PowerTech 8068H Emissionsgrenzwerte entsprechend 2004/26/EG Stufe IIIA und EPA/CARB Tier 3
Leistung (ISO 9249)	86 kW / 117 PS
Leistung (SAE J1349)	86 kW / 115 PS
Nennrehzahl	2100 1/min
Hubraum	6,8 l
Bauart	6-Zylinder-Reihenmotor, wassergekühlt, Abgasrußfänger, Luft-Luft-Ladeluftkühler
Einspritzsystem	Common Rail mit Direkteinspritzung, elektronische Steuerung
Motorschmerung	Druckumlaufschmierung, schräglagig bis 45° (alleseitig)
Betriebsspannung	24 V
Lichtmaschine	80 A
Anlasser	7,5 kW
Batterien	2 x 117 Ah / 12 V
Luftfilter	Trockenluftfilter mit Vor- und Hauptfilterelement, Wartungsanzeige im Fahrerstand
Kühlsystem	Kombikühler bestehend aus Kühleinheit für Wasser, Hydrauliköl und Ladeluft

<b>Fahrertrieb/Steuerung</b>	
Antriebssystem	Stufenloser hydrostatischer Fahrertrieb, unabhängiger Antrieb für jede Lauferkseite
Fahrgeschwindigkeit	- Stufenlos regulierbar von 0 - 8,9 km/h. - Geschwindigkeitsbereich mittels Druckknopf am Fahrerheber einstellbar - Rückwärts-geschwindigkeit kann auf 80, 100, 115 und 130% der Vorwärts-geschwindigkeit eingestellt werden (max. 8,9 km/h)
Zugkraft bei 1,0 km/h	181 kN
Grenzlastregelung	Die Elektronik kontrolliert die Motordrehzahl und regelt die Fahrgeschwindigkeit abhängig von der erforderlichen Schubkraft.
Lenkung	Hydrostatisch
Betriebsbremse	Hydrostatisch-selbsthemmend, verschleißfrei
Parkbremse	Nasse Lamellenbremse, verschleißfrei,
Sicherheitsbremse	automatische Aktivierung
Kühlsystem	Ölkühler für Antriebshydraulik integriert in Kombikühler
Filterung	Feinfilterung im Antriebsölkreislauf
Endantrieb	3-stufiges Stirnradgetriebe
Steuerung	Einzel-Fahrhebel für alle Fahr- und Lenk-bewegungen; Inohpedal
Einstellungen	Individuell vom Fahrer am Kabinendisplay programmierbare Parameter des Fahrertriebes - wie z.B. Ansprechverhalten des Fahrerhebers oder des Inohpedales
Inohpedal	Serienmäßiges Inohpedal erlaubt Geschwindigkeitsreduktion mit oder ohne gleichzeitiger Reduktion der Motordrehzahl

<b>Nachfüllmengen</b>	
Kraftstofftank	227 l
Kühlsystem	22 l
Motoröl mit Filter	24 l
Tank Antriebshydraulik	65 l
Tank Arbeitshydraulik	51 l
Endantrieb je	13 l

<b>Fahrerkabine</b>	
Kabine	Elastisch gelagerte, geschlossene Kabine mit Überdruckbelüftung, integrierter ROPS-Überrollschutz (ISO 3471) und FOPS-Steinschlag-schutz (ISO 3449)
Fahrersitz	Serienmäßig luftgefederter Komfortsitz, der sich automatisch auf das Gewicht des Fahrers einstellt
Überwachung	Analog-LED-Display, automatische Überwachung, Anzeige und Warnung von abweichenden Betriebszuständen

<b>Schallemissionen</b>	
Schalldruckpegel nach ISO 6396:1992	$L_{pA} = 81$ dB(A) (in der Fahrerkabine)
Schallleistungspegel nach 2000/14/EG	$L_{WA} = 109$ dB(A) (an die Umgebung)

<b>Laufwerk</b>		
	XL	LGP
Lagerung	Stützsachsen und Pendelbrücke	
Ketten	Ölgeschmiert, Einstegebodenplatten, Kettenspannung durch Federspanner und Fettspranzylinder	
Kettenglieder	39	39
Laufrollen/Tragrollen	7/1	7/1
Trasse-segmente	5	5
Bodenplatten Standard	580 mm	782 mm
Bodenplatten Optional		610 mm

<b>Arbeitshydraulik</b>	
Hydrauliksystem	„Open center“
Pumpentyp	Zahnradpumpe
Fördermenge max.	95 l/min
Druckbegrenzung	220 bar
Steuerblock	4 Segmente
Filterung	Rücklauffilter 10µ
Steuerung	Einzel-Steuerhebel für alle Bewegungen des Schildes



Bild 9.3 Datenblatt für Planierraupe PR 714 LGP Litronic der Firma Liebherr<sup>59</sup>

<sup>59</sup> <http://www.liebherr.at>

### 9.1.1 Berechnung nach TU Graz

Technische Grundleistung  $Q_T$ :

$$Q_T = V_N \times n \times f_Z \times f_S \times f_L \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.1 Technische Grundleistung nach TU Graz

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Nenninhalt	$V_N$	2,77	$\text{m}^3$	laut Datenblatt
Spielzahl	$n$	50	1/h	nach Bild 8.2
Zeitfaktor	$f_Z$	0,87	-	$0,83 \leq f_Z \leq 0,92$
Schildfaktor	$f_S$	1,00	-	nach Bild 8.3
Ladefaktor	$f_L$		-	$f_L = f_F/f_S$
Auflockerungs- faktor	$f_S$	1,19	-	nach Bild 7.6
Füllungsfaktor	$f_F$	1,00	-	nach Bild 8.4

$$\rightarrow Q_T = 2,77 \times 50 \times 0,87 \times 1,00 \times 0,84 = \mathbf{101,2} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Technische Nutzleistung  $Q_N$ :

$$Q_N = Q_T \times f_E = Q_T \times f_{E1} \times f_{E2} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.2 Technische Nutzleistung nach TU Graz

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Baustellenfaktor	$f_{E1}$	1,00	-	nach Bild 8.5
Betriebsfaktor	$f_{E2}$	0,94	-	nach Bild 8.6

$$\rightarrow Q_N = Q_T \times f_{E1} \times f_{E2} = 101 \times 1,00 \times 0,94 = \mathbf{94,9} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Eine Abschätzung kann mit dem Nomogramm von Bild 8.7 vorgenommen werden:

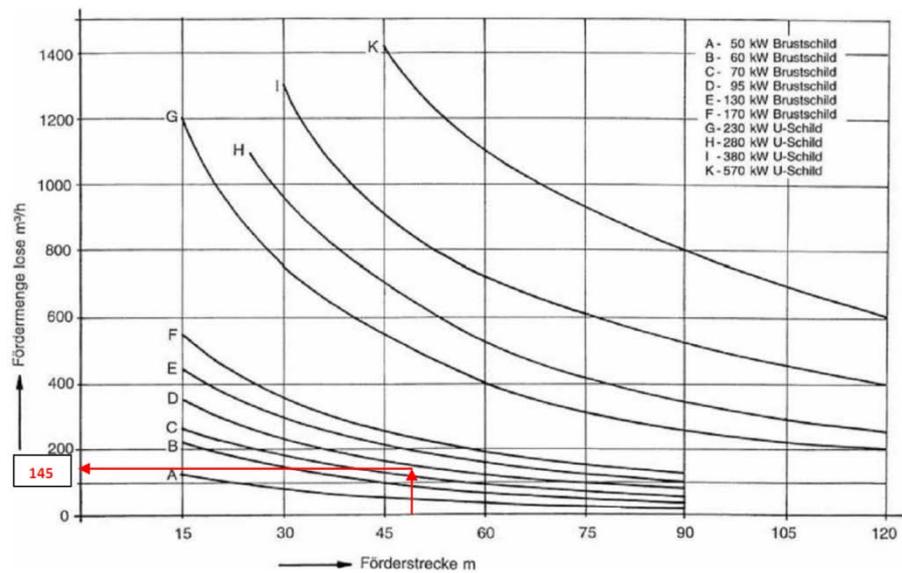


Bild 9.4 Ermittlung der Leistung mit Nomogramm

Der Wert von  $145 \text{ m}^3/\text{h}$  muss noch mit den F aktoren 0,85 (persönliche Pausen des Fahrers) und 0,80 (lösendes Material) multipliziert werden.

$$\rightarrow Q_N = 145 \times 0,85 \times 0,80 = 98,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 9.1.2 Berechnung nach UNI Innsbruck

Dauerleistung  $Q_D$ :

$$Q_D = Q_0 \times \alpha_L \times f_{1p} \times f_{2p} \times f_s \times f_3 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_G \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.3 Dauerleistung nach UNI Innsbruck

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Planierschildinhalt	$V_{SAE}$	2,77	$\text{m}^3$	laut Datenblatt
Theoretische Leistung	$Q_0$	100	$[\text{m}^3/\text{h}]$	nach Bild 8.11
Auflockerungsfaktor	$\alpha$	0,80	-	nach Bild 7.20
Leistungseinflussfaktor	$k_2$		-	$k_2 = f_{1p} \times f_{2p} \times f_s \times f_3$
Schubbahnfaktor	$f_{1p}$	1,20	-	siehe Seite 99
Schildarteinfluss	$f_{2p}$	1,00	-	siehe Seite 99
Steigungsfaktor	$f_s$	1,00	-	nach Bild 8.12
Zustand Planierraupe	$f_3$	-	-	$f_3 = f_{3,1} \times f_{3,2}$
Gerätezustandsfaktor	$f_{3,1}$	0,93	-	siehe Seite 71

Schneiden- bzw. Zahnzustandsfaktor	$f_{3,2}$	0,90	-	siehe Seite 72
Betriebsbeiwert	$k_3$		-	$\eta_1 \times \eta_2$
Bedienungsfaktor	$\eta_1$	1,00	-	nach Bild 7.23
Betriebsbedingungen	$\eta_2$	1,00	-	nach Bild 7.24
Geräteausnutzungsgrad	$\eta_G$	0,82	-	nach Bild 7.25

$$\rightarrow Q_D = 100 \times 0,80 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,84 \times 1,0 \times 0,82 = \mathbf{66,1} \text{ [fm}^3\text{/h]}$$

### 9.1.3 Berechnung nach Girmscheid

Hier ist die Berechnungsalternative B maßgebend:

Technische Nutzleistung  $Q_N$ :

$$Q_{PiN} = \bar{V}_{P,0} \times \varphi_P \times \bar{Q}_1(w) \times k_2 \times k_{P-i} \times \eta_G \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.4 Technische Nutzleistung nach Girmscheid

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Planierschildinhalt	$\bar{V}_{P,0}$	2,77	m <sup>3</sup>	laut Datenblatt
Gerätefüllungsgrad	$\varphi_P$	-	-	kein Wert
Planiergerät-Einheitsgrundförderleistung	$\bar{Q}_1(w)$	27	[fm <sup>3</sup> /h]	nach Bild 8.16
Leistungseinflussfaktor	$k_2$		-	$k_2 = f_4 \times f_5$
Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor	$f_4$	0,90	-	siehe Seite 81
Verfügbarkeits-/Gerätezustandsfaktor	$f_5$	0,93	-	siehe Seite 81
Betriebsbeiwert	$k_3$		-	$\eta_1 \times \eta_2$
Bedienungsfaktor	$\eta_1$	1,00	-	siehe Seite 79
Betriebsbedingungen	$\eta_2$	1,00	-	siehe Seite 79
Geräteausnutzungsgrad	$\eta_G$	0,84	-	siehe Seite 82

$$\rightarrow Q_{PiN} = 2,77 \times 27 \times 0,90 \times 0,93 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,84 = \mathbf{52,6} \text{ [fm}^3\text{/h]}$$

Zur Überprüfung obigen Ergebnisses ist die Berechnungsalternative A vergleichend herangezogen worden.

$$\tilde{Q}_{PN}(w) = \frac{V_{P100}}{t_u} \times 60 \times \varphi \times k_2(w) \times k_3 \times \eta_G = \tilde{Q}_0(w) \times k_2 \times k_3 \times \eta_G \quad [\text{lm}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.5 Technische Nutzleistung nach Girmscheid Alternative A

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Grundschubleistung	$\tilde{Q}_0(w)$	140	$\text{lm}^3/\text{h}$	nach Bild 8.13
Leistungseinflussfaktor	$k_2$	-	-	$k_2 = f_{1P} \times f_{2P} \times f_3(\beta) \times f_4 \times f_5$
Schubbahnfaktor	$f_{1P}$	1,2	-	Seite 103
Schildarteneinfluss	$f_{2P}$	1,00	-	Seite 103
Steigungsfaktor	$f_3(\beta)$	1,00	-	nach Bild 8.14
Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor	$f_4$	0,90	-	siehe Seite 81
Verfügbarkeits-/Gerätezustandsfaktor	$f_5$	0,93	-	siehe Seite 81
Betriebsbeiwert	$k_3$	-	-	$\eta_1 \times \eta_2$
Bedienungsfaktor	$\eta_1$	1,00	-	siehe Seite 79
Betriebsbedingungen	$\eta_2$	1,00	-	siehe Seite 79
Geräteausnutzungsgrad	$\eta_G$	0,84	-	siehe Seite 82

$$\rightarrow \tilde{Q}_{PN}(w) = 140 \times 1,2 \times 0,90 \times 0,93 \times 0,84 = 118,2 \quad [\text{lm}^3/\text{h}]$$

Da der Mutterboden mit der Dicke von 15 cm, einen großen Schubwiderstand besitzen wird, wird an dieser Stelle eine Leistungseinbuße von 30% angenommen.

Daraus ergibt sich nun eine Nutzleistung von 82,7  $\text{fm}^3/\text{h}$ .

### 9.1.4 Berechnung nach Hoffmann

Grundleistung  $Q_B$ :

$$Q_B = V_R \times f_L \times n \times f_1 \times f_2 \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.6 Grundleistung nach Hoffmann

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Schildfüllung	$V_R$	2,77	$\text{m}^3$	laut Datenblatt
Spielzahl	$n$	50	1/h	nach Bild 8.18
Ladefaktor	$f_L$		-	$f_L = f_F/f_S$
Auflockerungs- faktor	$f_S$	1,19	-	nach Bild 7.6
Füllungsfaktor	$f_F$	1,19	-	nach Bild 8.4
Schildfaktor	$f_1$	1,00	-	nach Bild 8.19
Förderweg	$f_2$	1,00	-	nach Bild 8.20

$$\rightarrow Q_B = 2,77 \times 0,84 \times 50 \times 1,00 \times 1,00 = \mathbf{116,3} \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Nutzleistung  $Q_A$ :

$$Q_A = Q_B \times f_E \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.7 Nutzleistung nach Hoffmann

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Nutzleistungsfaktor	$f_E$	0,84	-	nach Bild 8.21

$$\rightarrow Q_A = 116,3 \times 0,84 = \mathbf{97,7} \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

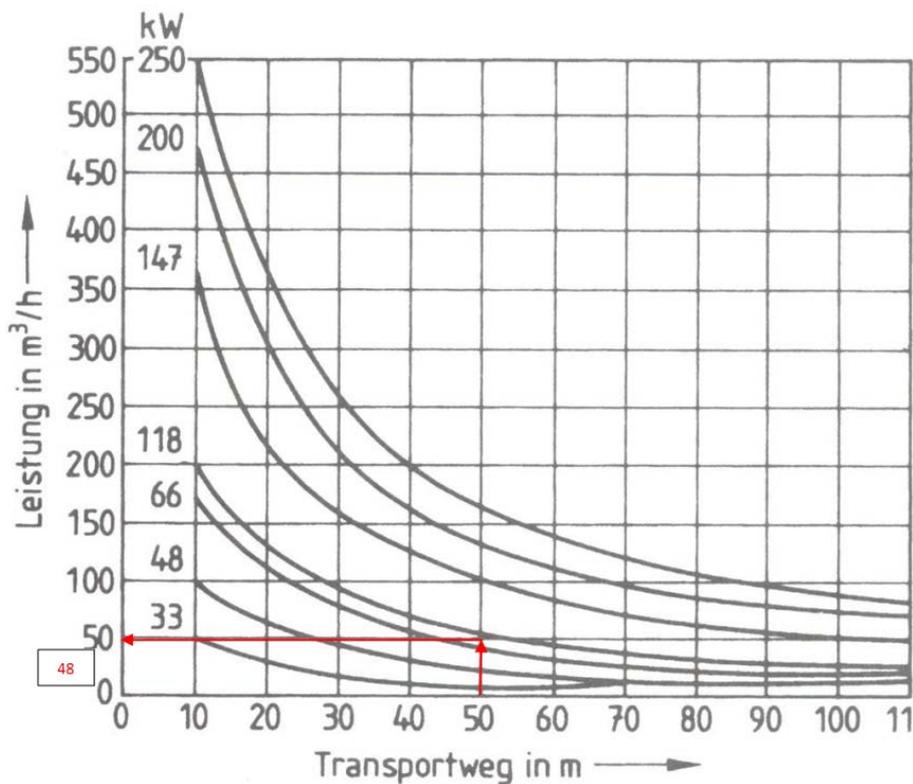


Bild 9.5 Nomogramm zur Ermittlung der Leistung

Da das Nomogramm für mittelschwere Böden gilt, wird der Wert noch mit dem Faktor 1,30 multipliziert, um ein Näherungsergebnis für die Bodenklasse Oberboden zu bekommen.

$$\rightarrow Q_A = 48 \times 1,30 = 62,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 9.1.5 Berechnung nach Hüster

Die Grundleistung  $Q_0$  der Planierraupe beim Lösen und Transportieren ist:

$$Q_0 = V \times \left(\frac{60}{T_0}\right) \times f_A \times f_F \times f_S \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.8 Grundleistung nach Hüster

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Nenninhalt	V	2,77	m <sup>3</sup>	laut Datenblatt
Grundspielzeit	T <sub>0</sub>	1,5	min	nach Bild 8.23
Auflockerungsfaktor	f <sub>A</sub>	0,85	-	nach Bild 7.45
Füllungsfaktor	f <sub>F</sub>	1,05	-	nach Bild 8.24
Schildbeiwert	f <sub>S</sub>	1,00	-	nach Bild 8.25

$$\rightarrow Q_0 = 2,77 \times \left(\frac{60}{1,5}\right) \times 0,85 \times 1,05 \times 1,00 = \mathbf{98,9} \text{ [fm}^3\text{/h]}$$

Nutzleistung  $Q_N$ :

$$Q_N = Q_0 \times \left\{ \frac{t_N}{60 \times f_T} \right\} \times f_Z \quad \text{[fm}^3\text{/h]}$$

Tabelle 9.9 Nutzleistung nach Hüster

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Hauptnutzungszeit	$t_N$		min/h	$t_N = 60 - (t_n + t_z + t_a)$
Nebennutzzeit	$t_n$	0	min/h	Seite 112
Zusatzzeit	$t_z$	0	min/h	Seite 112
Ablaufbedingte Unterbrechungen	$t_a$	2	min/h	Seite 112
Zeitfaktor	$f_z$		min/h	$f_z = (1 - t_p/60) \times (1 - t_s/60)$
Pers. bedingte Unterbrechungen	$t_p$	4	min/h	Seite 88
Störungsbedingte Unterbrechungen	$t_s$	4	min/h	Seite 88
Maschineneinfluss	$p_M$	0	%	Seite 113
Personaleinfluss	$p_P$	0	%	Seite 113
Geländeneigung	$p_S$	0	%	nach Bild 8.26

Hauptnutzungszeit  $t_N$ :

$$t_N = 60 - (0 + 0 + 2) = 58 \text{ min}$$

Spielzeitfaktor  $f_T$ :

$$f_T = 1 + (0 + 0 + 0)/100 = 1$$

Zeitfaktor  $f_z$ :

$$f_z = \left(1 - \frac{4}{60}\right) \times \left(1 - \frac{4}{60}\right) = 0,87$$

$$\rightarrow Q_N = 98,9 \times \left\{ \frac{58}{60 \times 1} \right\} \times 0,87 = \mathbf{83,2} \text{ [fm}^3\text{/h]}$$

Abschätzung der Leistung entweder durch Faustformel

$$Q_N = P \text{ (KW) [fm}^3\text{/h]} = \mathbf{86,0} \text{ [fm}^3\text{/h]} \text{ (siehe Datenblatt)}$$

oder Diagramm, nach Bild 8.27

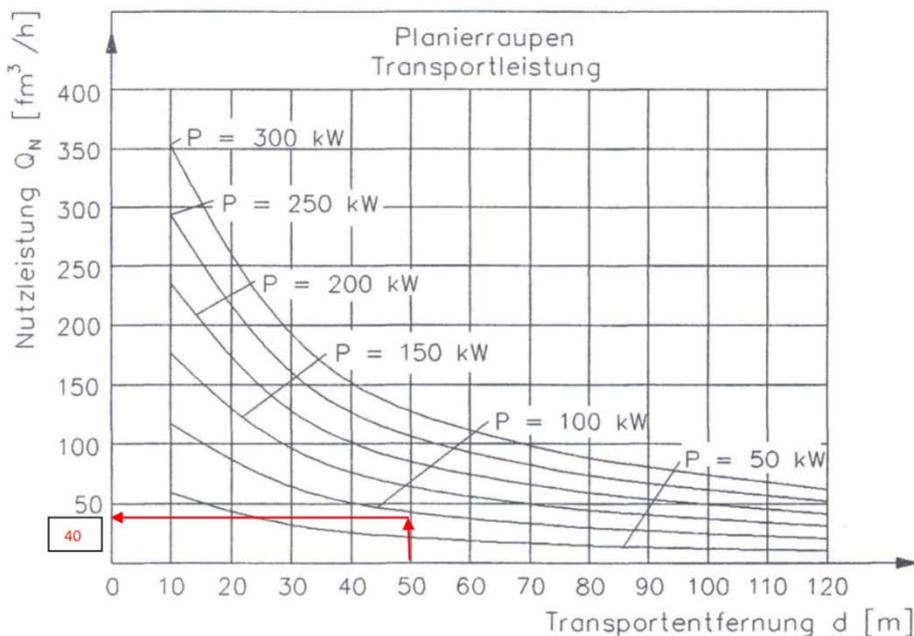
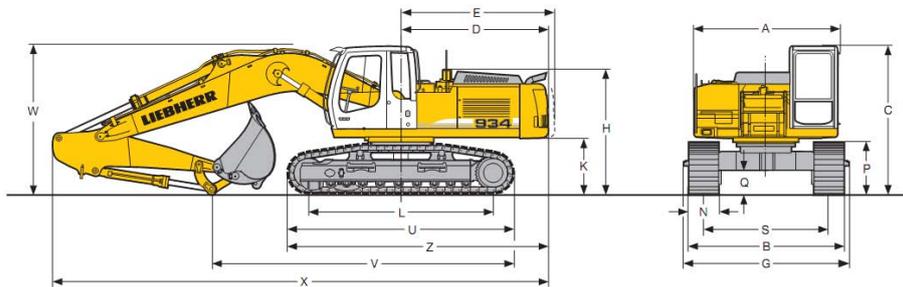


Bild 9.6 Diagramm zur Leistungsabschätzung

Der Wert gilt für mittlere Betriebsbedingungen. Um auf sehr gute Betriebsbedingungen, wie im Beispiel vorgegeben, zu kommen, wird der Wert um den Faktor 1,2 erhöht. Daraus ergibt sich eine neue Nutzleistung von  $48 \text{ fm}^3/\text{h}$ . Um ungefähr auf denselben Wert ( $86,0 \text{ fm}^3/\text{h}$ ) wie mit der anderen Faustformel zu kommen, müsste aber der Faktor mehr als verdoppelt werden. Dies würde einer mehr als 100% -igen Leistungssteigerung bei sehr guten Betriebsbedingungen entsprechen!

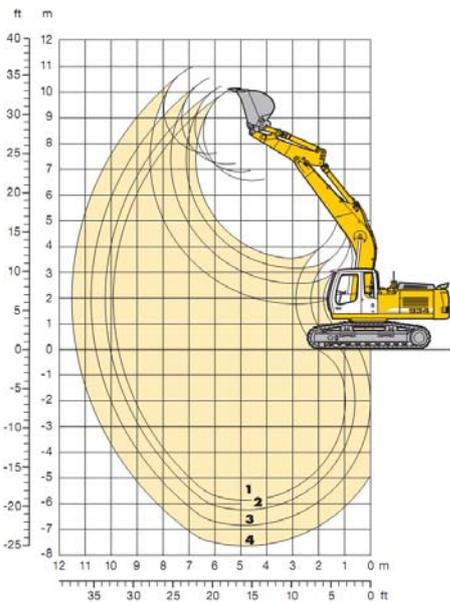
## 9.2 Einsatz Hydraulikbagger

Die Massenermittlung des Erdaushubs hat ein Volumen von  $25839,8 \text{ m}^3$  ergeben. Im Bereich des Baugrubenaushubs liegt die Bodenklasse 4 vor. Es ist ein Aushub auf einer Tiefe von 7,0 Meter unter Geländeoberkante vorgesehen. Daraus ergibt sich zwei Abtragsebenen von jeweils 3,5 Meter. Als Schwenkwinkel zwischen Hydraulikbagger und Transportfahrzeug werden 65 Grad angenommen. Der Abtransport des Aushubmaterials erfolgt mittels LKW mit einem Transportgefäßvolumen von  $10,5 \text{ m}^3$ . Für den Aushub der Baugrube wird ein Hydraulikbagger mit Tieflöffelausrüstung der Firma Liebherr mit der Typbezeichnung „R 934 C“ verwendet. Eine Darstellung dieses Gerätes sowie das technische Datenblatt sind nachstehend ersichtlich.



Datenblatt Hydraulikbagger

Bild 9.7 Hydraulikbagger R 934 C der Firma Liebherr<sup>60</sup>



<b>Grabkurven mit Schnellwechsoladaper</b>					
		1	2	3	4
Löffelstiellänge	m	2,00	2,50	3,10	3,90
Max. Grabtiefe	m	5,90	6,30	6,90	7,70
Max. Reichweite auf Grundniveau	m	9,70	10,05	10,60	11,35
Max. Ausschütthöhe	m	6,55	6,90	7,20	7,60
Max. Reichhöhe	m	10,10	10,20	10,55	11,00

<b>Grabkräfte mit Schnellwechsoladaper</b>					
		1	2	3	4
Reißkraft ISO	kN	161	137	119	102
	t	16,4	13,9	12,1	10,4
Losbrechkraft ISO	kN	187	155	155	155
	t	19,1	15,8	15,8	15,8

<b>ohne Schnellwechsoladaper</b>					
		1	2	3	4
Reißkraft ISO	kN	170	146	126	106
	t	17,3	14,9	12,8	10,8
Losbrechkraft ISO	kN	213	184	184	184
	t	22,1	18,8	18,8	18,8

Max. Losbrechkraft ISO mit Aufreißlöffel 264 kN (27,9 t)

**Dienstgewicht und Bodenbelastung**

Das Dienstgewicht beinhaltet den Lieferumfang Grundgerät, Monoblockausleger 6,05 m, Löffelstiel 2,50 m, SW-Adapter 66 und Tieflöffel

Bild 9.8 Grabkurve Hydraulikbagger R 934 C<sup>61</sup>

<sup>60</sup> <http://www.liebherr.at>

<sup>61</sup> <http://www.liebherr.at>

### Motor

Leistung nach ISO 9249	150 kW (203 PS) bei 1800 min <sup>-1</sup>
Motortyp	Liebherr D 934 L
Bauart	4-Zylinder-Reihenmotor
Bohrung/Hub	122/150 mm
Hubraum	7,0 l
Arbeitsverfahren	4-Takt-Diesel
	Pumpe-Leitung-Düse-Einspritzsystem
	Turbolader
	Ladeluftkühlung
	emissionsoptimiert
Kühlsystem	Wasserkühlung und integrierter Motordkühler
Luftfilter	Trockenluftfilter mit Vorabscheider, Haupt- und Sicherheitselement
Kraftstofftank-Inhalt	580 l
Elektrische Anlage	
Betriebsspannung	24 V
Batterie	2 x 170 Ah/12 V
Starter	24 V/6,6 kW
Lichtmaschine	Drehstrom 28 V/80 A
Leerlaufautomatik	sensorgesteuert

### Hydraulikanlage

Hydraulikpumpe für Ausrüstung und Fahrwerk	Liebherr-Verstellpumpen in Schrägscheibenaufbau
Fördermenge max.	2 x 245 l/min.
Betriebsdruck max.	350 bar
Pumpensteuerung	elektro-hydraulisch, mit elektronischer Grenzlastregelung, Druckabschneidung, Nullhubregelung, Bedarfsstromsteuerung, Sumpfschaltung
Hydraulikpumpe für Schwenkwerk	reversierbare Schrägscheiben-Verstellpumpe, geschlossener Kreislauf
Fördermenge max.	149 l/min.
Betriebsdruck max.	350 bar
Hydrauliktank-Inhalt	340 l
Hydrauliksystem-Inhalt	550 l
Filterung	1 Filter im Rücklauf mit integriertem Feinfilterbereich (5 µm)
Ölkühlung	Kompaktkühler, bestehend aus Kühleinheit für Wasser, Hydrauliköl, Kraftstoff, Ladeluftkühlung, hydrostatischer Lüfterantrieb
MODE-Schaltung	Anpassung der Motorleistung und der Hydraulik über einen Mode-Vorwahlschalter an die jeweiligen Einsatzbedingungen
ECO	für besonders wirtschaftliches und umweltfreundliches Arbeiten
POWER	für max. Grableistung und schwere Einsätze
LIFT	für Lasthebearbeiten
FINE	für Präzisionsarbeiten durch sehr feinfühliges Bewegen
DrehzahlEinstellung	stufenlose Anpassung der Motorleistung über die Drehzahl bei jedem vorgewählten Mode
Liebherr Tool Control	10 fest einstellbare Fördermengen und Drücke für optionale Anbaugeräte

### Steuerung

Energieverteilung	über Steuerschieber in Blockbauweise mit integrierten Sicherheitsventilen
Sumpfschaltung	auf Ausleger und Stiel
geschl. Kreislauf	für Oberwagen-Schwenkwerk
Betätigung	
Ausrüstung und Schwenkwerk	mit proportional wirkenden Kreuzschalthebeln
Fahrwerk	- mit proportional wirkenden Fußpedalen, oder mittels einsteckbarer Hebel
	- Vorwahl der Geschwindigkeit
Zusatzfunktionen	über Kippschalter oder proportional wirkende Fußpedale

### Schwenkwerk

Antrieb	Liebherr-Schrägscheibend/Motor
Getriebe	Liebherr-Kompakt-Planetengetriebe
Drehkranz	Liebherr, innenverzahnter, abgedichteter einreihiger Kugeldrehkranz, Schmierung über einen Schmierverteiler und einen Schmierpfeil
Oberwagen Drehzahl	0 - 8,2 min <sup>-1</sup> stufenlos
Schwenkmoment	84 kNm
Feststellbremse	rasse Lamellen (negativ wirkend)
Option	pedalbetätigte Positionierbremse

### Fahrerkabine

Kabine	in Tiefziehtechnik, elastisch gelagert, schalldämmend, getönte Scheiben, Frontscheibe unter Dach einziehbar, Tür mit Schiebefenster
Fahrersitz	schwingungsgedämpft, auf das Fahrergewicht einstellbar, 6-fach verstellbar
Steuerung	eingebaut in die zum Fahrersitz verstellbaren Bedienkonsole
Überwachung	menügeführte Anzeige der aktuellen Betriebszustände über LCD-Display, Automatische Überwachung, Anzeige, Warnung (akustisch und optisch) und Speicherung von abweichenden Betriebszuständen wie z. B. Motorüberhitzung, zu niedriger Motorölstand oder Hydraulikölstand
Klimatisierung	serienmäßige Klimaautomatik, kombiniertes Kühl-Heizaggregat, zusätzlich Staubfilter im Frisch- und Umluftkreislauf
Schallemission	
ISO 5396	L <sub>WA</sub> (in Fahrerkabine) = 72 dB(A)
2000/14/EG	L <sub>WA</sub> (außen) = 104 dB(A)

### Unterwagen

Varianten	
HD-S	schwere Ausführung, schmale Spur
HD-SL	schwere Ausführung, breite Spur
S-HD	schwere Ausführung für extreme und härteste Einsätze
Antrieb	Liebherr-Schrägscheibend/Motor mit beidseitig wirkenden Bremsventilen
Getriebe	Liebherr-Kompakt-Planetengetriebe
Fahrgeschwindigkeit	I. Stufe - 2,8 km/h
	II. Stufe - 5,1 km/h
Zugkraft max.	323 kN
Laufwerk	B 60, wartungsfrei
Laufrollen/Stützrollen	Ø/2
Bodenplatten	3-Steg
Ketten	abgedichtet und fettgeschmiert
Feststellbremsen	rasse Lamellen (negativ wirkend)
Bremsventile	in Fahrmotor integriert

### Arbeitsausrüstung

Bauart	Kastenbauweise, Kombination von hochfesten Stahlblechen und Stahlstützen
Hydraulikzylinder	Liebherr-Zylinder mit Spezialdichtungs- und Führungssystem sowie Endlagendämpfung
Lagerstellen	abgedichtet und wartungsarm
Schmierung	semi-automatische Zentralschmieranlage (ausgenommen Lasche der Kippkinematik)
Hydraulikverbindungen	Leitungs- und Schlaucharmaturen in SAE-Flanschausführung
Tieföffel	serienmäßig mit 12-1-Sicherheitsahnen

Bild 9.9 Datenblatt Hydraulikbagger R 934 C der Firma Liebherr<sup>62</sup>

<sup>62</sup> <http://www.liebherr.at>

### 9.2.1 Berechnung nach TU Graz

Technische Grundleistung  $Q_T$ :

$$Q_T = V_N \times n \times f_L \times f_Z \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.10 Technische Grundleistung TU Graz

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Nenninhalt	$V_N$	1,50	$\text{m}^3$	laut Datenblatt
Spielzahl	$n$	180	1/h	nach Bild 7.3
Ladefaktor	$f_L$		-	$f_L = f_F/f_S$
Auflockerungsfaktor	$f_S$	1,19	-	nach Bild 7.6
Füllungsfaktor	$f_F$	1,20	-	nach Bild 7.5
Zeitfaktor	$f_Z$	0,87	-	$0,83 \leq f_Z \leq 0,92$

$$\rightarrow Q_T = 1,50 \times 180 \times 1,01 \times 0,87 = \mathbf{237,3} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Technische Nutzleistung  $Q_N$ :

$$Q_N = Q_T \times f_E = Q_T \times f_{E1} \times f_{E2} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.11 Technische Nutzleistung nach TU Graz

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Abminderungsfaktor	$f_E$		-	$f_E = f(f_{E1}, f_{E2})$
Baustellenfaktor	$f_{E1}$		-	$f_{E1} = f_{E11} \times \dots \times f_{E14}$
Schwenkwinkelfaktor	$f_{E11}$	1,04	-	nach Bild 7.8
Abbautiefenfaktor	$f_{E12}$	0,85	-	nach Bild 7.9
Einsatzartenfaktor	$f_{E13}$	0,85	-	nach Bild 7.10
Entleerungsfaktor	$f_{E14}$	0,90	-	nach Bild 7.11
Betriebsfaktor	$f_{E2}$			$f_{E2} = f_{E21} \times f_{E22}$
Volumenverhält.faktor	$f_{E21}$	0,96	-	nach Bild 7.12
Personal- und Maschinenfaktor	$f_{E22}$	0,94	-	nach Bild 7.13

$$\rightarrow Q_N = 237,3 \times 1,04 \times 0,85 \times 0,85 \times 0,90 \times 0,96 \times 0,94 = \mathbf{144,8} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Anhaltswerte können einerseits mit der Faustformel

$$Q_N \approx (50 \div 100) \times V_N = 90 \times 1,50 = 135,0 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

(Anmerkung: Maschinist sehr gut, Betriebsbedingungen gut → 90)

oder mit Hilfe des Nomogramms von Bild 7.14 ermittelt werden.

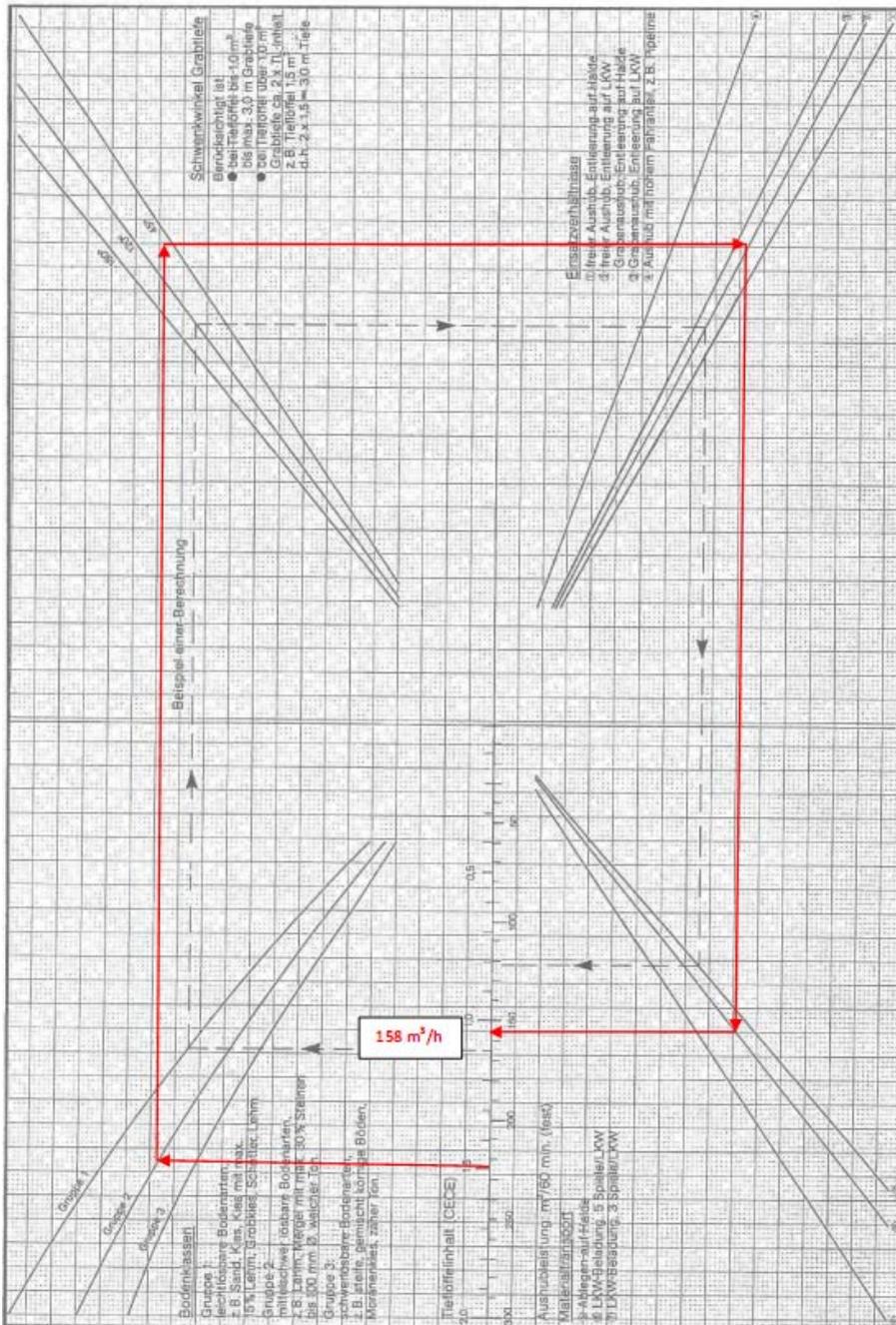


Bild 9.10 Nomogramm zur Leistungsermittlung

### 9.2.2 Berechnung nach TU Wien

Die **Nutzleistung**  $Q_N$  eines Hydraulikbaggers in der Faktoren-Berechnungsmethode ist:

$$Q_N = V_N \times n_G \times \prod f_j = V_N \times \left( \frac{60 \text{ min/h}}{T_G} \right) \times \prod f_j$$

Tabelle 9.12 Nutzleistung nach TU Wien

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Bearbeitete Menge	$V_N$	1,50	$\text{m}^3$	laut Datenblatt
Grundspielzahl	$n_G$		1/h	in LS/h
Ladespiele/Stunde	LS/h	70	1/h	siehe Seite 66
Füllungsfaktor	$f_F$	1,05	%	nach Bild 7.17
Ladefaktor	$1/f_A$	0,80	-	nach Bild 7.16

$$\rightarrow Q_N = 1,50 \times 70 \times 1,05 \times 0,80 = \mathbf{88,2} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Abschätzung:

$$Q_N = 100 \times V_N = 100 \times 1,50 = 150,0 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

### 9.2.3 Berechnung nach UNI Innsbruck

Dauerleistung  $Q_D$ :

$$Q_D = \frac{3600}{t_s} \times V_{SAE} \times \alpha_L \times \varphi \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_G$$

Tabelle 9.13 Dauerleistung nach UNI Innsbruck

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Nenninhalt	$V_{SAE}$	1,50	m <sup>3</sup>	laut Datenblatt
Spielzeit	$t_s$	20,2	sec	nach Bild 7.19
Ladefaktor	$k_1$		-	$k_1 = \alpha_L \times \varphi$
Auflockerungsfaktor	$\alpha_L$	0,80	-	nach Bild 7.20
Füllfaktor	$\varphi$	1,05	-	nach Bild 7.21
Leistungseinflussfaktor	$k_2$		-	$k_2 = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5$
Schwenkwinkel-/ Fahrwegfaktor	$f_1$	1,09	-	nach Bild 7.35
Abbau-/ Grabtiepenfaktor	$f_2$	0,98	-	nach Bild 7.22
Zustand des Baggers	$f_3$		-	$f_3 = f_{3,1} \times f_{3,2}$
Gerätezustandsfaktor	$f_{3,1}$	0,93	-	siehe Seite 71
Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor	$f_{3,2}$	0,90	-	siehe Seite 71
Entleerungsgenauigkeitsfaktor	$f_4$	0,90	-	siehe Seite 72
Volumenverhältnisfaktor	$f_5$	0,98	-	nach Bild 7.36
Betriebsbeiwert	$k_3$		-	$k_3 = \eta_1 \times \eta_2$
Bedienungsfaktor	$\eta_1$	1,00	-	nach Bild 7.23
Betriebsbedingungen	$\eta_2$	0,95	-	nach Bild 7.24
Geräteausnutzungsgrad	$\eta_G$	0,76	-	nach Bild 7.25

$$\rightarrow Q_D = \frac{3600}{20,2} \times 1,50 \times 0,80 \times 1,05 \times 1,09 \times 0,98 \times 0,93 \times 0,90 \times 0,98 \times 0,95 \times 0,76 =$$

$$\mathbf{142,0 \text{ [fm}^3\text{/h]}}$$

### 9.2.4 Berechnung nach Girmscheid

Technische Nutzleistung  $Q_N$ :

$$Q_N = \frac{V_{SAE}}{t_S} \times 3600 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times \eta_G \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.14 Technische Nutzleistung nach Girmscheid

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Nenninhalt	$V_{SAE}$	1,50	$\text{m}^3$	laut Datenblatt
Spielzeit	$t_S$	20,1	sec	nach Bild 7.28
Ladefaktor	$k_1$		-	$k_1 = \alpha \times \varphi$
Lösefaktor	$\alpha$	0,80	$\text{fm}^3/\text{lm}^3$	nach Bild 7.30
Füllfaktor	$\varphi$	1,05	-	nach Bild 7.31
Leistungseinflussfaktor	$k_2$		-	$k_2 = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5$
Abbau-/ Grabtiepenfaktor	$f_1$	0,98	-	nach Bild 7.33
Schwenkwinkel-/ Fahrwegfaktor	$f_2$	1,09	-	nach Bild 7.35
Entleerungsgenauigkeitsfaktor	$f_3$	0,98	-	nach Bild 7.36
Schneiden-/ Zahnzustandsfaktor	$f_4$	0,90	-	siehe Seite 81
Verfügbarkeits-/ Gerätezustandsfaktor	$f_5$	0,93	-	siehe Seite 81
Betriebsbeiwert	$k_3$		-	$k_3 = \eta_1 \times \eta_2$
Bedienungsfaktor	$\eta_1$	1,00	-	siehe Seite 79
Betriebsbedingungen	$\eta_2$	0,95	-	siehe Seite 79
Geräteausnutzungsgrad	$\eta_G$	0,84	-	siehe Seite 82

$$\rightarrow Q_N = \frac{1,50}{20,1} \times 3600 \times 0,84 \times 0,88 \times 0,95 \times 0,84 = \mathbf{158,5} \text{ [fm}^3/\text{h]}$$

### 9.2.5 Berechnung nach Hoffmann

Grundleistung  $Q_B$ :

$$Q_B = V_R \times f_L \times n \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.15 Grundleistung nach Hoffmann

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Löffelinhalt	$V_R$	1,50	$\text{m}^3$	laut Datenblatt
Spielzahl	$n$	177	1/h	nach Bild 7.37
Ladefaktor	$f_L$		-	$f_L = f_F/f_S$
Auflockerungsfaktor	$f_S$	1,19	-	nach Bild 7.6
Füllungsfaktor	$f_F$	1,20	-	nach Bild 7.5
Schwenkwinkelfaktor	$f_1$	1,04	-	nach Bild 7.38
Grabtiefenfaktor	$f_2$	0,85	-	nach Bild 7.9
Entleerungsfaktor	$f_3$	0,83	-	nach Bild 7.39
Einsatzartenfaktor	$f_4$	1,00	-	nach Bild 7.40

$$\rightarrow Q_B = 1,50 \times 1,01 \times 177 \times 1,04 \times 0,85 \times 0,83 \times 1,00 = \mathbf{196,8} \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Nutzleistung  $Q_A$ :

$$Q_A = Q_B \times f_E \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.16 Nutzleistung nach Hoffmann

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Nutzleistungsfaktor	$f_E$	0,81	-	nach Bild 7.41

$$\rightarrow Q_A = 196,8 \times 0,81 = \mathbf{159,4} \quad [\text{fm}^3/\text{h}]$$

Abschätzung:

$$Q = 100 \times V_R = 100 \times 1,50 = 150,0 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

### 9.2.6 Berechnung nach Hüster

Grundleistung  $Q_0$ :

$$Q_0 = V \times \left( \frac{3600}{T_0} \right) \times f_A \times f_F \quad [\text{m}^3/\text{h},]$$

Tabelle 9.17 Grundleistung nach Hüster

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Nenninhalt	V	1,50	m <sup>3</sup>	laut Datenblatt
Grundspielzahl	T <sub>0</sub>	19,5	sec	nach Bild 7.43
Auflockerungsfaktor	f <sub>A</sub>	0,81	-	nach Bild 7.45
Füllungsfaktor	f <sub>F</sub>	1,08	.	nach Bild 7.46

$$\rightarrow Q_0 = 1,50 \times \left( \frac{3600}{19,5} \right) \times 0,81 \times 1,08 = 242,3 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Nutzleistung  $Q_N$ :

$$Q_N = Q_0 \times \left\{ \frac{t_N}{60 \times f_T} \right\} \times f_Z \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Tabelle 9.18 Nutzleistung nach Hüster

Bezeichnung	Abkürzung	Wert	Einheit	Anmerkung
Hauptnutzungszeit	t <sub>N</sub>		min/h	t <sub>N</sub> = 60 - (t <sub>n</sub> + t <sub>z</sub> + t <sub>a</sub> )
Nebennutzungszeit	t <sub>n</sub>	3	min/h	siehe Seite 88
Zusatzzeit	t <sub>z</sub>	2	min/h	siehe Seite 88
Ablaufbedingte Unterbrechungen	t <sub>a</sub>	2	min/h	nach Bild 7.47
Zeitfaktor	f <sub>z</sub>		min/h	f <sub>z</sub> = (1 - t <sub>p</sub> /60) × (1 - t <sub>s</sub> /60)
Pers. bedingte Unterbrechungen	t <sub>p</sub>	4	min/h	siehe Seite 88
Störungsbedingte Unterbrechungen	t <sub>s</sub>	4	min/h	siehe Seite 88
Maschineneinfluss	p <sub>M</sub>	10	%	siehe Seite 88
Personaleinfluss	p <sub>P</sub>	0	%	siehe Seite 89
Schwenkwinkel-	p <sub>S</sub>	-4	%	nach Bild 7.48

einfluss				
Grabtiefeneinfluss	$p_A$	3	%	nach Bild 7.49
Entleerungs- einfluss	$p_E$	8	%	nach Bild 7.51

Hauptnutzungszeit  $t_N$ :

$$t_N = 60 - (3 + 2 + 2) = 53 \text{ min}$$

Zeitfaktor  $f_z$ :

$$f_z = \left(1 - \frac{4}{60}\right) \times \left(1 - \frac{4}{60}\right) = 0,87$$

Spielzeitfaktor  $f_T$ :

$$f_T = 1 + (10 + 0 - 4 + 3 + 8)/100 = 1,17$$

$$\rightarrow Q_N = 242,3 \times \{53 / (60 \times 1,17)\} \times 0,87 = \mathbf{159,2 \text{ [m}^3/\text{h]}}$$

Abschätzung der Leistung:

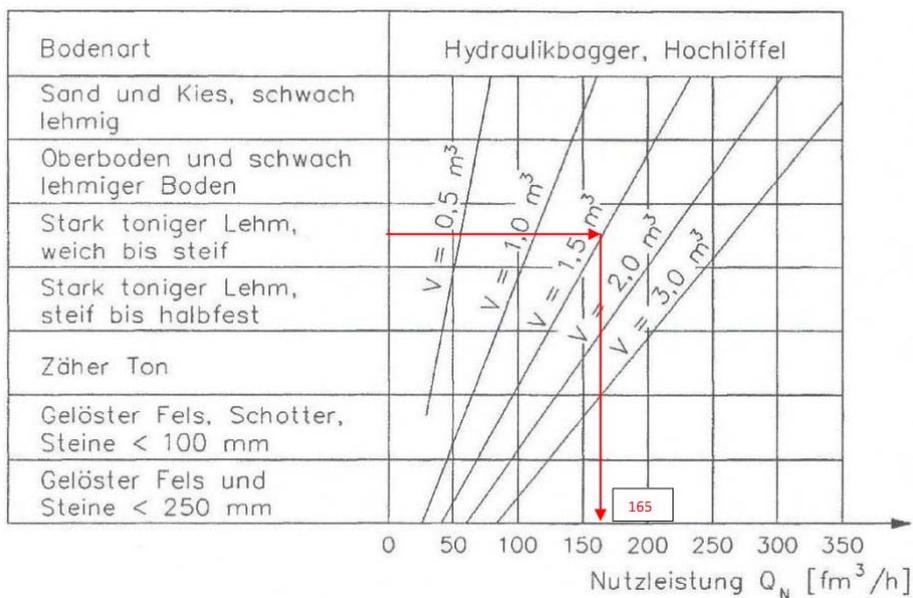


Bild 9.11 Diagramm zur Ermittlung der Leistung

Für Hydraulik-Tieflöffelbagger ist der Endwert um den Faktor 0.85 abzumindern.

$$\rightarrow Q_N = 165 \times 0,85 = 140,3 \text{ [fm}^3\text{/h]}$$

## 10 Auswertung der Beispiele

### 10.1 Planierraupe

Ergebnisse für die Arbeitsleistung der Planierraupe:

Tabelle 10.1 Ergebnis Planierraupe

Berechnung nach	Grundleistung [m <sup>3</sup> /h]	Nutzleistung [m <sup>3</sup> /h]	Abschätzung [m <sup>3</sup> /h]
TU- Graz	101,2	94,9	98,6
TU- Wien	-	-	-
TU- Innsbruck	-	66,1	-
Girmscheid	-	52,6	-
Hoffmann	116,3	97,7	62,4
Hüster	98,9	83,2	86,0 und 48,0

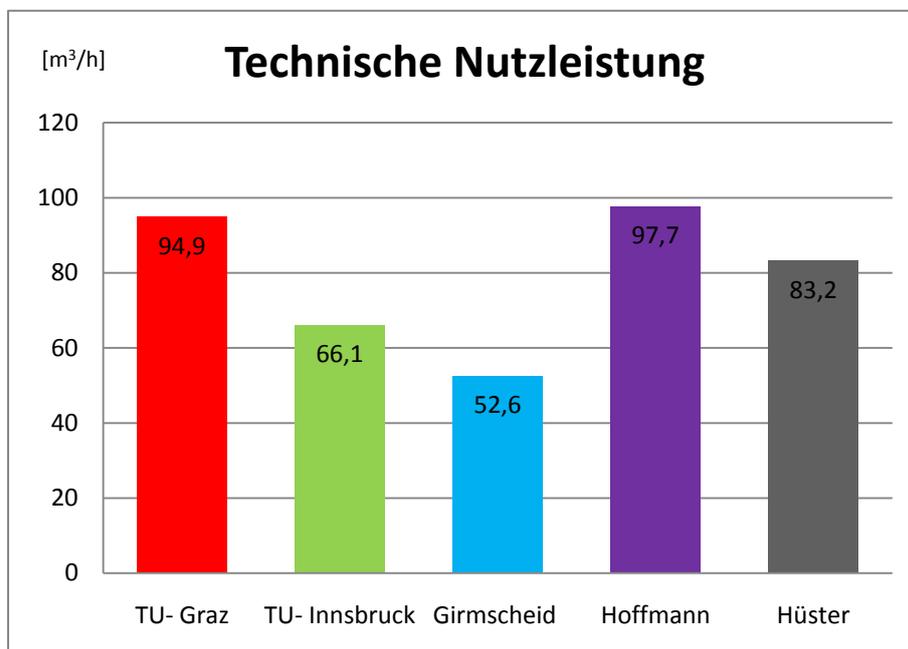


Bild 10.1 Technische Nutzleistung Planierraupe

Das Ergebnis für die Nutzleistung nach TU Graz und Hoffmann sind fast gleich. Dahinter, mit rund 12 m<sup>3</sup>/h weniger, folgt das Ergebnis von Hüster. Etwas überraschend ist die deutlich geringere Nutzleistung nach UNI Innsbruck und Girmscheid, deren Berechnungsvorgänge zueinander

ja sehr ähnlich sind. Bei Girmscheid ist der Hauptgrund dafür, dass das Förderleistungsdiagramm in Bild 8.16 sehr niedrige Ausgabewerte für Raupenplaniergeräte aufweist. Ein weiterer ist, dass bei beiden Berechnungsvorgängen der Maschinenzustand „Gut“ (siehe Angabe des Beispiels) stärker einfließt. Dieser kann sowohl beim Schneiden-/Zahnzustandsfaktor als auch beim V<sub>erfügbarkeits-/Gerätezustandsfaktor berücksichtigt werden.</sub>

Der Mittelwert aller 5 Leistungen beträgt 78,9 m<sup>3</sup>/h. Das sind, in Hinblick auf die TU Graz, genau 16 m<sup>3</sup>/h weniger. Die Werte, die mit Hilfe einer Abschätzung zustande gekommen sind, sind breit gestreut. Das Nomogramm der TU Graz und die einfache Faustformel nach Hüster sind für eine schnelle Abschätzung wohl am besten geeignet.

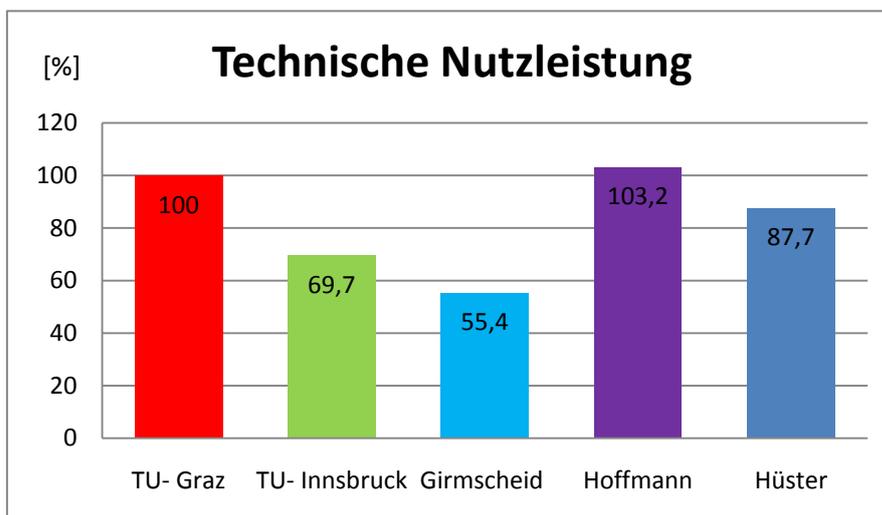


Bild 10.2 Technische Nutzleistung bezogen auf TU Graz

In Bild 10.2 ist die Nutzleistung von 94,9 m<sup>3</sup>/h der TU Graz als 100% Wert dargestellt. Dadurch lassen sich leicht und schnell die anderen erbrachten Leistungen in Bezug auf die TU Graz erkennen.

## 10.2 Hydraulikbagger

Ergebnisse für die Arbeitsleistung des Hydraulikbaggers:

Tabelle 10.2 Ergebnis Hydraulikbagger

Berechnung nach	Grundleistung [m <sup>3</sup> /h]	Nutzleistung [m <sup>3</sup> /h]	Abschätzung [m <sup>3</sup> /h]
TU- Graz	237,3	144,8	135,0 / 158,0
TU- Wien	-	88,2	150,0
TU- Innsbruck	-	142,0	-
Girmscheid	-	158,5	-
Hoffmann	196,8	159,4	150,0
Hüster	242,3	159,2	140,3

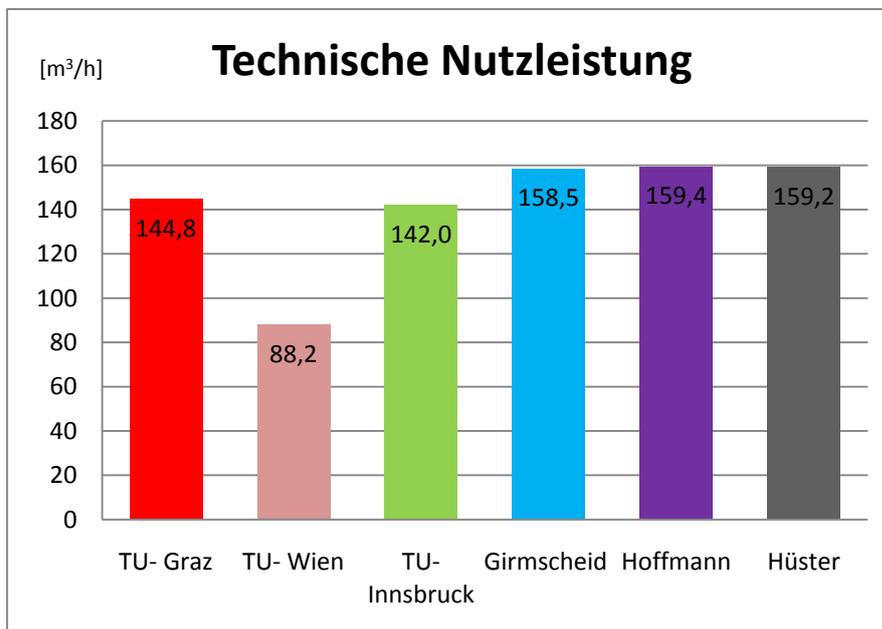


Bild 10.3 Technische Nutzleistung Hydraulikbagger

Die Ergebnisse für die Nutzleistungen sind – höchstwahrscheinlich zur Erfreuen aller Kalkulanten – sehr ähnlich. Einzige Ausnahme ist die TU Wien, die bei etwa nur eine halbe (!) so große Nutzleistung aufweist. Grund für die gute Übereinstimmung der Werte dürften die sehr genauen und ausführlichen Berechnungen sein. Dadurch wird der Wichtigkeit des Hydraulikbaggers als universelle und oft eingesetzte Baumaschine

Rechnung getragen. Diese Vermutung wird durch das Ergebnis von der TU-Wien bekräftigt. Deren Berechnungsvorgang ist stark vereinfacht und der Hauptbestand (Ladespiele pro Stunde) der Berechnung ist wohl etwas zu niedrig angesetzt. So sind die vorgeschlagenen 60-80 Ladespiele eines Hydraulikbaggers pro Stunde (ergibt ungefähr 1 Ladespiel pro Minute) der Hauptgrund für das abweichende Ergebnis.

Der Mittelwert ist mit  $142,0 \text{ m}^3/\text{h}$  fast gleich dem Wert der TU Graz.

Die jeweiligen Abschätzungen der Nutzleistung liefern auch sehr brauchbare Ergebnisse. Die einfache Abschätzung über die Formel  $Q_N = 100 \times V_N$  bietet in diesem Fall eine sehr gute Lösung an. Da die TU Wien auch diese Formel verwendet, ist die Diskrepanz zur eigentlichen Berechnung nicht verständlich.

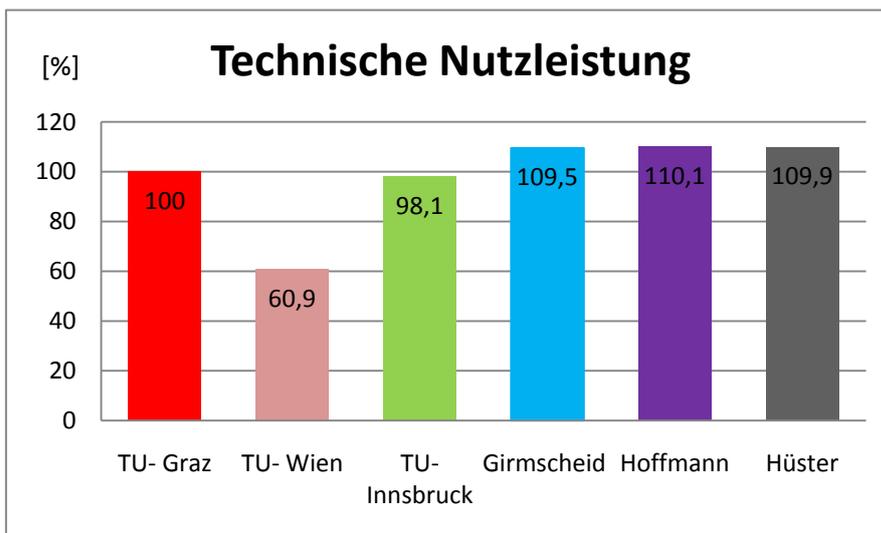


Bild 10.4 Technische Nutzleistung bezogen auf TU Graz

In Bild 10.4 ist die Nutzleistung der TU Graz ebenfalls wieder als 100%-Wert dargestellt.

### 10.3 Gerätekosten und Preisermittlung

Dass die unterschiedlichen Nutzleistungen in weiterer Folge unweigerlich Auswirkungen auf die Gerätekosten und den Preis haben, wurde mit Hilfe der K-Formblätter belegt. In diesen ist jeweils die Maschine (Planierraupe und Hydraulikbagger) mit der geringsten und größten Nutzleistung kalkuliert worden. Für das erfolgreiche Ausfüllen des

Formblätter K 6 E sind einige Annahmen (z.B. Mittellohnkosten, Gesamtzuschlag, Betriebsstoffe usw.) getroffen worden. Die Ergebnisse der K 6 E -Blätter für die Planiererraupen spiegeln das Verhältnis der Nutzleistungen wider. Der Preis für das Abtragen von 1 m<sup>2</sup> Mutterboden ist bei der Planiererraupen mit der geringsten Nutzleistung fast doppelt so hoch wie bei der mit der größten Nutzleistung. Die Auswertung für den Hydraulikbagger bringt ein ähnliches Ergebnis zum Vorschein. Aufgrund des beträchtlichen Aushubvolumens ergibt sich bei der Preisermittlung im K7-Blatt ein großer finanzieller Unterschied. So sind für den Aushub mit der geringeren Nutzleistung über 10.000 Euro mehr zu bezahlen.

#### 10.4 Zusammenfassung

Wie aus dem oberen Vergleich erkennbar, ist auf einen genauen Berechnungsvorgang großer Wert zu legen. Die finanziellen Auswirkungen können bei einer größeren Erdbau-Baustelle beträchtliche Ausmaße annehmen.

Die Ergebnisse der Nutzleistung für den Hydraulikbagger liefern bei gewähltem Beispiel, mit Ausnahme der TU Wien, eine große Übereinstimmung. Für eine allgemeine Gültigkeit dieser Aussage, müssten die Randbedingungen, die in die Berechnung einfließen, in ihrer Bandbreite variiert werden. Die Ergebnisse der Nutzleistung werden bei der Planiererraupen, auch nach Variation der Randbedingungen, höchstwahrscheinlich ihre Streuung beibehalten.

Folgende Anmerkungen geben die Meinung des Verfassers wieder:

- bezüglich TU Graz:

Das Berechnungsverfahren war sowohl für den Hydraulikbagger als auch für die Planiererraupen klar und übersichtlich. Dadurch war eine rasche Durchführung der Berechnungen möglich. Ebenfalls positiv hervorzuheben sind die Nomogramme für eine schnelle Leistungsabschätzung. Sie erfüllen in beiden Fällen ihre Funktion. Bei der Planiererraupen könnte, so wie es z. B. Hüster macht, eventuell noch zwischen der durchzuführenden Tätigkeit unterschieden werden (Lösen und Transportieren oder Einbauen und Planieren).

- bezüglich TU Wien:

Die allgemeinen Formeln für die Leistungsberechnung sind zwar gut, eine genaue Beschreibung zahlreicher der darin enthaltener Parameter fehlt jedoch. So ist etwa bei der Zeitzuschlagmethode die Formel angegeben, die Werte für die Berechnung fehlen aber komplett. Der vorgestellte Berechnungsweg ist somit für eine genaue Betrachtung der Leistungsermittlung wenig geeignet.

- bezüglich UNI Innsbruck

Positiv zu erwähnen ist, dass bei dem Berechnungsverfahren die einzelnen Faktoren genau beschrieben werden. Schwierig ist jedoch manchmal die Verständlichkeit bei einigen Bereichen. Ebenfalls mangelhaft ist das Fehlen einer Möglichkeit zur überschlagmäßigen Abschätzung der Leistung.

- bezüglich Girmscheid

Für die Berechnungsmethodik nach Girmscheid gelten, aufgrund des großen Naheverhältnisses zur UNI Innsbruck, prinzipiell die gleichen Aussagen. Eine gute und sehr ausführliche Erklärung der Faktoren ist besonders hervorzuheben. Nachteilig ist der relativ schwierige zu verstehende Berechnungsvorgang (Alternative A) bei der Planieraupe.

- bezüglich Hoffmann

Der von Hoffmann in seinem Nachschlagewerk beschriebene Berechnungsweg ist ziemlich kurz und bündig. Er liefert aber gute Ergebnisse. Mitunter nichtig ist, dass fast alle Faktoren durch Tabellen angegeben werden, sodass fast immer eine Interpolation erforderlich ist. Außerdem ist aus Diagrammen besser ersichtlich, wie sich die Werte in ihrem Verlauf ändern.

- bezüglich Hüster

Hüster versucht einen mathematischen möglichst genauen Berechnungsvorgang zu beschreiben. Deswegen ist es schwierig der Beschreibung schon bei mehreren Malen folgen zu können. Die Berücksichtigung einiger Parameter in Form von Zeitzu- bzw. abschlägen macht das Ergebnis in der Realität überprüfbar. Fragwürdig ist die von Hüster vorgenommene Auswahl der Bodeneinteilung.

Folgende verschiedenen Vorgehensweisen sind für eine Leistungsermittlung empfehlenswert:

1. Möglichkeit: für eine rasche Ermittlung der Leistung

Hier bietet sich das Nachschlagewerk von Hoffmann an, dessen Vorgehensweise auf der Norm DIN ISO 9245 beruht. Der Berechnungsvorgang ist in kompakter Weise dargestellt und die Ergebnisse sind ausreichend genau.

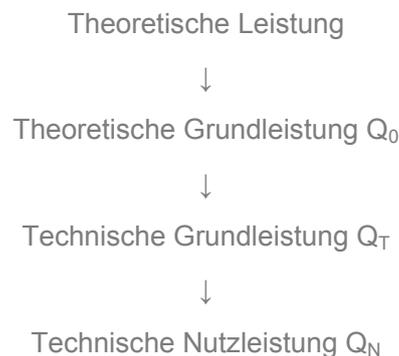
2. Möglichkeit: für eine ausführliche Ermittlung der Leistung

An dieser Stelle ist die Vorgehensweise von Girmscheid zu empfehlen. Diese ist durch eine genaue und ausführliche Beschreibung der Einflussgrößen gekennzeichnet, wo bei auch deren Zustandekommen besonders verständlich erklärt wird. Während der Berechnungsablauf für

den Hydraulikbagger klar und übersichtlich ist, ist dieser bei der Planierraupe teilweise erst nach eingehendem Studium durchführbar.

### 3. Möglichkeit: Beibehaltung des Berechnungsganges der TU Graz

Wenn der Berechnungsvorgang in der jetzigen Form belassen werden soll, sind einige kleine Änderungen anzuraten. Die prinzipielle Vorgehensweise bleibt erhalten.



#### Änderung:

Die theoretische Leistung soll mit einem Index versehen werden. Die TU Wien und die UNI Innsbruck verwenden den Index  $Q_0$ , Girmscheid  $Q_T$ . Die Definition der theoretischen Grundleistung  $Q_0$  stimmt inhaltlich mit den Definitionen der UNI Innsbruck und Girmscheid überein, jedoch nicht formelmäßig. Hier wäre eine Berücksichtigung des Ladefaktors bereits bei der theoretischen Leistung  $Q_0$  überlegenswert. Die technische Grundleistung  $Q_T$  weicht formelmäßig wieder von Girmscheid, Hoffmann und der UNI Innsbruck ab. Die technische Grundleistung  $Q_0$  beinhaltet im Gegensatz zu Girmscheid, Hoffmann und der UNI Innsbruck nicht alle technischen Einflüsse wie Schwenkwinkelfaktor, Grabtiefenfaktor, Entleerungsgenauigkeitsfaktor, etc. Diese werden bei der TU Graz erst im letzten Schritt, bei der Ermittlung der technischen Nutzleistung  $Q_N$ , erfasst. Dort werden sie durch den Baustellenfaktor ausgedrückt. Es ist möglich die technischen Einflüsse einer der beiden Möglichkeiten zuzuordnen. Demnach wird die technische Nutzleistung  $Q_N$  durch mehr Faktoren abgemindert, wodurch der Sprung von der technischen Grundleistung  $Q_T$  zur technischen Nutzleistung  $Q_N$  viel größer ist, als bei den anderen Berechnungsmethoden.

### Änderung Hydraulikbagger:

Bei der Berechnung des Hydraulikbaggers ist folgendes zu verbessern:

- Der Tieflöffelinhalt, der bislang sowohl nach der C ECE-Richtlinie als auch nach der SAE-Norm angegeben ist, soll nur mehr nach der jetzt gültigen SAE-Norm ermittelt werden.
- Die Diagramme für die Spielzahl in Bild 7.3 und Bild 7.4 enthalten keine Werte für die Bodenklasse 6. Dies war aber auch bei allen anderen Autoren der Fall.
- Die Bodenkennwerte können genauer angegeben werden. Vgl. Bild 7.30.
- Beim Baustellenfaktor  $f_{E1}$  und beim Betriebsfaktor  $f_{E2}$  sind die dazugehörigen Faktoren jeweils mit 3 Indices versehen. Bei Girmscheid und Hoffmann sind diese betroffenen Faktoren alle nur mit einem Index versehen. Dadurch kann die Übersicht leichter bewahrt werden.
- Da der optimale Schwenkwinkel zwischen 15 und 60° liegt, sollte das Diagramm in Bild 7.8 auch den Schwenkwinkelfaktor für 15° wiedergeben können. Dies war aber auch bei allen anderen Autoren nicht der Fall.
- Die Berechnung des Abbautiefenfaktors in Bild 7.9 ist streng genommen nur für Grabgefäßinhalte zwischen 0,5 und 1,0 m<sup>3</sup> Inhalt möglich, was eine starke Einschränkung der Benützbarkeit zur Folge hat. Hier kann die Tabelle in Bild 7.33 und das Diagramm in Bild 7.34 von Girmscheid verwendet werden.
- Beim Personen- und Maschinenfaktor in Bild 7.13 soll erklärt werden, wie das Alter und der Zustand der Maschine zustande kommt (Betriebsstunden, Schneiden-/Zahnzustandsfaktor).

### Änderung Planierraupe:

Bei der Berechnung der Planierraupe ist folgendes zu verbessern:

- Eine Unterteilung, welche Tätigkeit mit der Planierraupe ausgeführt wird, soll in die Berechnung mit einfließen. Eine Unterteilung in Lösen und Transportieren bzw. Einbauen und Planieren wäre eine sinnvolle Untergliederung.
- Das Abtragen bzw. Verteilen in Bahnen kann durch einen Schubbahnfaktor berücksichtigt werden. Dadurch kann die Leistung um bis zu 20 % gesteigert werden. Siehe Seite 110.
- Bei der Ermittlung der Arbeitsleistung wird die Leistung (KW) der Planierraupe nicht berücksichtigt. Bei Girmscheid und der UNI Innsbruck wird an Stelle der Spielzahl, der Nenninhalt und die Leistung (KW) der Planierraupe zusammen, für die Bestimmung der

Grundscheleistung bzw. der theoretischen Leistung herangezogen.  
Diese Basiswerte werden anschließend durch Faktoren abgemindert.

Abschließend kann festgehalten werden, dass – mit Einschränkungen bei TU Wien – jede Publikation in sich schlüssig ist und somit für eine Leistungsberechnung geeignet ist.

## 11 Literaturverzeichnis

### BÜCHER

DREES, G. ; KRAUSS, S. : Baumaschinen und Bauverfahren; 3., völlig neu bearbeitete Auflage, Renningen: expert Verlag 2002.

EYMER, W. ; OPPERMANN, S.; REDLICH, R.; SCHÜMANN, M. : Grundlagen der Erdbewegung; 2. Auflage, Bonn: Kirschbaum Verlag 2006.

GIRMSCHIED, G. : Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse; 3., überarbeitete Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2005.

HÜSTER, F. : Leistungsberechnung der Baumaschinen, 5. Auflage, Aachen: Shaker Verlag 2007.

HOFFMANN, M. : Zahlentafeln für den Baubetrieb, 7., vollständig überarbeitete Auflage, Wiesbaden: Teubner Verlag 2006

KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag 2008

KUNZE, G. ; GÖHRING, H. ; JACOB, K. : Baumaschinen; Wiesbaden, Braunschweig: Vieweg Verlag 2002.

### SKRIPTEN

HECK, D.: Vorlesungsskriptum Baubetriebslehre; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Technische Universität Graz 2009/10.

JODL, H. : Vorlesungsskriptum Bauverfahrenstechnik; Technische Universität Wien 2010.

PURRER, W.: Vorlesungsskriptum Baubetrieb und Bauwirtschaft; Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Universität Innsbruck 2009/10.

RAABER, N.: Vorlesungsskriptum Baugerätekunde; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Technische Universität Graz 1995/96

### **NORMEN**

DIN ISO 9245, Stand Jänner 1995

### **SONSTIGES**

MARX, A.: Leistungswert Hydraulikbagger; Bachelorprojekt am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft; Technische Universität Graz 2009

ÖBGL 1996; Hrsg.: VIBÖ Vereinigung Industrieller Bauunternehmungen Österreichs, Wien 1996.

SCHEUER, CH.: Zur Leistungsermittlung von Maschinen und Geräten im Baubetrieb; Diplomarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft; Technische Universität Graz 1997

## 12 Linkverzeichnis

[http://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_von\\_Baumaschinen\\_und\\_Baugeräten](http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Baumaschinen_und_Baugeräten),

Datum des Zugriffs 25.12.2009, 11.23 Uhr

<http://www.lehrerfreund.de/in/technik/1s/bagger/3001/>, Datum des

Zugriffs 12.01.2010, 17.30 Uhr

<http://www.volvo.com/dealers/de-de/Volvo/products/excavators/introduction.htm>, Datum des Zugriffs

11.02.2010, 15.00 Uhr

[http://img.directindustry.de/images\\_di/photo-g/planierraupe-44583.jpg](http://img.directindustry.de/images_di/photo-g/planierraupe-44583.jpg),

Datum des Zugriffs 11.02.2010, 15.30 Uhr

[http://www.liebherr.com/em/products\\_em.asp?menuID=106178!9176-0](http://www.liebherr.com/em/products_em.asp?menuID=106178!9176-0),

Datum des Zugriffs 10.02.2010, 16.16 Uhr

[http://www.liebherr.com/em/products\\_em.asp?menuID=106178!7905-0](http://www.liebherr.com/em/products_em.asp?menuID=106178!7905-0),

Datum des Zugriffs 14.02.2010, 12.12 Uhr

## 13 Anhang

Tabelle 13.1 Formblatt K6 E, Planierraupe Max. Nutzleistung

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN			Institut für baubetrieb + bauwirtschaft  TUG			Formblatt K6E					
Bau:						Datum:	23.2.2010.	1			
Angebot Nr.:			Firma:			Preisbasis:	2008	1			
A	ÖBGL-Nr.:	33 10-33 13	Gerät:	Planierraupe (Liebherr PR 714 LGP Litronic)							
	Nutzl.: Ln =		Masse:	13227 kg		mittl. NW:	172.118,00				
B Iteration für den mittleren Neuwert: 86 KW = 2.368.400 Schilling = 172.118 € Monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung: 2,9% Monatlicher Satz für Reparaturentgelt: 2,0% Nutzungsjahre: 5 Vorhaltemonate: 40											
						A+V		Reparatur			
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	kW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€		
1,00		Planierraupe	86,00	13,23	172.118,00	2,90	4.991,42	2,00	3.442,36		
C Summe :			86,00	13,23 to	172.118,0		4.991,4		3442,36		
D GHP - Index			131,30%		225.990,9		6.553,7		4.519,8		
E Abminderung A+V und REP			60,00%	80,00%			3.932,2		3.615,9		
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%			
Kostenentwicklung je Einheit						LohnStd	Lohn €	Stoff €	Gerät €		
F Beistellkosten je Monat							1.446,3	2.169,5	3.932,2		
G Beistellkosten je Stunde						170,0 h/mon	8,51	12,76	23,13		
H Bedienung						incl. Wartung	1,10				
I Betriebsstoffe Kwh*/kwh*€/1*1.2						€/l:		18,58			
J Sonstige Kosten, Verschleißteile								0,80			
K Mittellohnkosten						€/Std					
L Gerätekosten je Stunde						Summe: F bis J	1,00	33,88	8,51	32,14	23,13
M Gerätekosten je Verrechnungseinheit (LN=Leistungsansatz)						97,7 LN (zB m3/h)	0,35	0,09	0,33	0,24	
							GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät		
N Werte aus K3 - Blatt							15,00%	15,00%	15,00%		
O Gerätepreis je Stunde							38,96	9,78	36,96	26,60	
P Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde							48,75		63,56		
Q Preis pro Stunde							112,31				
R Preis pro Einheit							1,15				



Tabelle 13.3 Formblatt K6 E, Planierraupe Min. Nutzleistung

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN					Institut für baubetrieb „bauwirtschaft“ 		Formblatt K6E			
Bau:					Datum:		23.2.2010.	1		
Angebot Nr.:					Firma:		Preisbasis:		2008 1	
A	ÖBGL-Nr.:	33 10-33 13	Gerät:	Planierraupe (Liebherr PR 714 LGP Litronic)						
	Nutzl.: Ln =		Masse:	13227 kg		mittl. NW:	172.118,00			
B Iteration für den mittleren Neuwert: 86 KW = 2.368.400 Schilling = 172.118 € Monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung: 2,9% Monatlicher Satz für Reparaturentgelt: 2,0% Nutzungsjahre: 5 Vorhaltemonate: 40										
						A+V		Reparatur		
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	KW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€	
1,00		Planierraupe	86,00	13,23	172.118,00	2,90	4.991,42	2,00	3.442,36	
C Summe :			86,00	13,23 to	172.118,0		4.991,4		3442,36	
D	GHP - Index		131,30%		225.990,9		6.553,7		4.519,8	
E	Abminderung A+V und REP		60,00%	80,00%			3.932,2		3.615,9	
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%		
Kostenentwicklung je Einheit						LohnStd	Lohn €	Stoff €	Gerät €	
F	Beistellkosten je Monat						1.446,3	2.169,5	3.932,2	
G	Beistellkosten je Stunde				170,0	h/mon	8,51	12,76	23,13	
H	Bedienung					incl. Wartung	1,10			
I	Betriebsstoffe	Kwh*/kwh*€/1.2	l/kwh:	0,18	€/l:	1,00		18,58		
J	Sonstige Kosten, Verschleißteile							0,80		
K	Mittelohnkosten				30,8	€/Std				
L	Gerätekosten je Stunde				Summe: F bis J	1,00	33,88	8,51	32,14	23,13
M	Gerätekosten je Verrechnungseinheit (LN=Leistungsansatz)				52,6	LN (zB m3/h)	0,64	0,16	0,61	0,44
							GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät	
N	Werte aus K3 - Blatt						15,00%	15,00%	15,00%	
O	Gerätepreis je Stunde						38,96	9,78	36,96	26,60
P	Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde						48,75		63,56	
Q	Preis pro Stunde						112,31			
R	Preis pro Einheit						2,14			



Tabelle 13.5 Formblatt K6 E, Hydraulikbagger Max. Nutzleistung

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN				Institut für baubetrieb „bauwirtschaft“ 		Formblatt K6E					
Bau:						Datum:	24.2.2010.	1			
Angebot Nr.:		Firma: nach ÖBGL				Preisbasis:	2008	1			
A	ÖBGL-Nr.:	31 30-31 40		Gerät:	Hydraulikbagger (Liebherr R 934 C)						
	Nutzl.: Ln =			Masse:	31400,00 kg	mittl. NW:	172.118,00				
B Iteration für den mittleren Neuwert: 150 KW = 4.505.000 Schilling = 327.391 € Monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung: 2,2% , Monatlicher Satz für Reparaturentgelt: 2,1% Nutzungsjahre: 6 , Vorhaltemonate: 55 Tieflöffel Monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung: 3,0% , Monatlicher Satz für Reparaturentgelt: 2,1% Nutzungsjahre: 6 , Vorhaltemonate: 40											
						A+V		Reparatur			
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	KW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€		
1,00		Hydraulikbagger	150,00	31,40	327.391,00	2,20	7.202,60	2,10	6.875,21		
1,00		Tieflöffel 1,5 m² Inhalt		1,31	7.140,00	3,00	214,20	2,10	149,94		
C			Summe :	150,00	32,71 to	334.531,0	7.416,8		7025,15		
D			GHP - Index	131,30%		439.239,2	9.738,3		9.224,0		
E			Abminderung A+V und REP	60,00%	80,00%		5.843,0		7.379,2		
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%			
Kostenentwicklung je Einheit						LohnStd	Lohn €	Stoff €	Gerät €		
F Beistellkosten je Monat							2.951,7	4.427,5	5.843,0		
G Beistellkosten je Stunde						170,0 h/mon	17,36	26,04	34,37		
H Bedienung						incl. Wartung	1,10				
I Betriebsstoffe Kwh*/kwh*€/l*1.2 l/kwh:						0,18	€/l:	1,00	32,40		
J Sonstige Kosten, Verschleißteile								0,80			
K Mittellohnkosten						30,8	€/Std				
L Gerätekosten je Stunde						Summe: F bis J	1,00	33,88	17,36	59,24	34,37
M Gerätekosten je Verrechnungseinheit (LN=Leistungsansatz)						159,4	LN (zB m³/h)	0,21	0,11	0,37	0,22
							GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät		
N Werte aus K3 - Blatt							15,00%	15,00%	15,00%		
O Gerätepreis je Stunde							38,96	19,97	68,13	39,53	
P Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde							58,93		107,66		
Q Preis pro Stunde							166,59				
R Preis pro Einheit							1,05				

Tabelle 13.6 Formblatt K7, Hydraulikbagger Max. Nutzleistung

PREISERMITTLUNG		institut für baubetrieb + bauwirtschaft  TUG		Formblatt K7		
Bau:	Firma:			Datum:	24.02.2010	Seite
Angebot Nr.:				Preisbasis:	2008	
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit	Std/E	Lohn	Sonstiges	Einheitspreis		
<b>Leistungsverzeichnis</b>						
03.02.01 A,B,C Baugrubenaushub						
Masse insgesamt: 25 839,8 m³						
Gerät: Hydraulikbagger						
aus K6 E- Formblatt	1,10	17,36	59,24	€/h		
LN = 159,4 m³/h	0,007	0,109	0,372	€/m³		
Mittellohnkosten: 30,8 €/Stunde (Annahme)	0,12					
Gesamtzuschlag: (Annahme)	0,14	0,125	0,428	€/m³		
		Lo:	0,27	€/m²		
		So:	0,43	€/m²		
		EP:	0,70	€/m²		
Masse: 4614 m³ (0 - 1,25m)		PP	3229,80	€		
Masse: 6460 m³ (1,25 - 3,00m)		PP	4522,00	€		
Masse: 1846 m³ (3,0 - 3,5m)		PP	1292,20	€		
		Summe	9044,00	€		
2 mal 3,5m ausheben			18088,00	€		

Tabelle 13.7 Formblatt K6 E, Hydraulikbagger Min. Nutzleistung

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN				Institut für baubetrieb „bauwirtschaft“ 		Formblatt K6E				
Bau:						Datum:	24.2.2010.	1		
Angebot Nr.:		Firma: nach ÖBGL				Preisbasis:	2008	1		
A	ÖBGL-Nr.:	31 30-31 40		Gerät:	Hydraulikbagger (Liebherr R 934 C)					
	Nutzl.: Ln =			Masse:	31400,00 kg	mittl. NW:		172.118,00		
B Iteration für den mittleren Neuwert: 150 KW = 4.505.000 Schilling = 327.391 € Monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung: 2,2% , Monatlicher Satz für Reparaturentgelt: 2,1% Nutzungsjahre: 6 , Vorhaltemonate: 55 Tieflöffel Monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung: 3,0% , Monatlicher Satz für Reparaturentgelt: 2,1% Nutzungsjahre: 6 , Vorhaltemonate: 40										
						A+V		Reparatur		
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	KW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€	
1,00		Hydraulikbagger	150,00	31,40	327.391,00	2,20	7.202,60	2,10	6.875,21	
1,00		Tieflöffel 1,5 m² Inhalt		1,31	7.140,00	3,00	214,20	2,10	149,94	
C			Summe :	150,00	32,71 to	334.531,0	7.416,8		7025,15	
D	GHP - Index		131,30%		439.239,2		9.738,3		9.224,0	
E	Abminderung A+V und REP		60,00%	80,00%			5.843,0		7.379,2	
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							40,00%	60,00%		
Kostenentwicklung je Einheit						LohnStd	Lohn €	Stoff €	Gerät €	
F	Beistellkosten je Monat						2.951,7	4.427,5	5.843,0	
G	Beistellkosten je Stunde					170,0 h/mon	17,36	26,04	34,37	
H	Bedienung					incl. Wartung	1,10			
I	Betriebsstoffe Kwh*/kwh*€/l*1.2		l/kwh:	0,18	€/l:	1,00		32,40		
J	Sonstige Kosten, Verschleißteile							0,80		
K	Mittelohnkosten					30,8 €/Std				
L	Gerätekosten je Stunde					Summe: F bis J	1,00	33,88	17,36	59,24
M	Gerätekosten je Verrechnungseinheit (LN=Leistungsansatz)					88,2 LN (zB m³/h)	0,38	0,20	0,67	0,39
							GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät	
N	Werte aus K3 - Blatt						15,00%	15,00%	15,00%	
O	Gerätepreis je Stunde						38,96	19,97	68,13	
P	Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde						58,93		107,66	
Q	Preis pro Stunde						166,59			
R	Preis pro Einheit						1,89			

Tabelle 13.8 Formblatt K7, Hydraulikbagger Min. Nutzleistung

PREISERMITTLUNG		institut für baubetrieb + bauwirtschaft  TUG		Formblatt K7		
Bau:	Firma:		Datum:	24.02.2010	Seite	
Angebot Nr.:			Preisbasis:	2008		
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionszichwort, Kostenentwicklung je Einheit	Std/E	Lohn	Sonstiges	Einheitspreis		
<b>Leistungsverzeichnis</b>						
03.02.01 A,B,C Baugrubenaushub						
Masse insgesamt: 25 839,8 m³						
Gerät: Hydraulikbagger						
aus K6 E- Formblatt	1,10	17,36	59,24	€/h		
LN = 88,2 m³/h	0,012	0,197	0,672	€/m³		
Mittellohnkosten: 30,8 €/Stunde (Annahme)	0,12					
Gesamtzuschlag (Annahme)	0,14	0,227	0,773	€/m³		
		Lo:	0,37	€/m²		
		So:	0,77	€/m²		
		EP:	1,14	€/m²		
Masse: 4614 m³ (0 - 1,25m)		PP	5259,96	€		
Masse: 6460 m³ (1,25 - 3,00m)		PP	7364,40	€		
Masse: 1846 m³ (3,0 - 3,5m)		PP	2104,44	€		
		Summe	14728,80	€		
2 mal 3,5m ausheben			29457,60	€		