

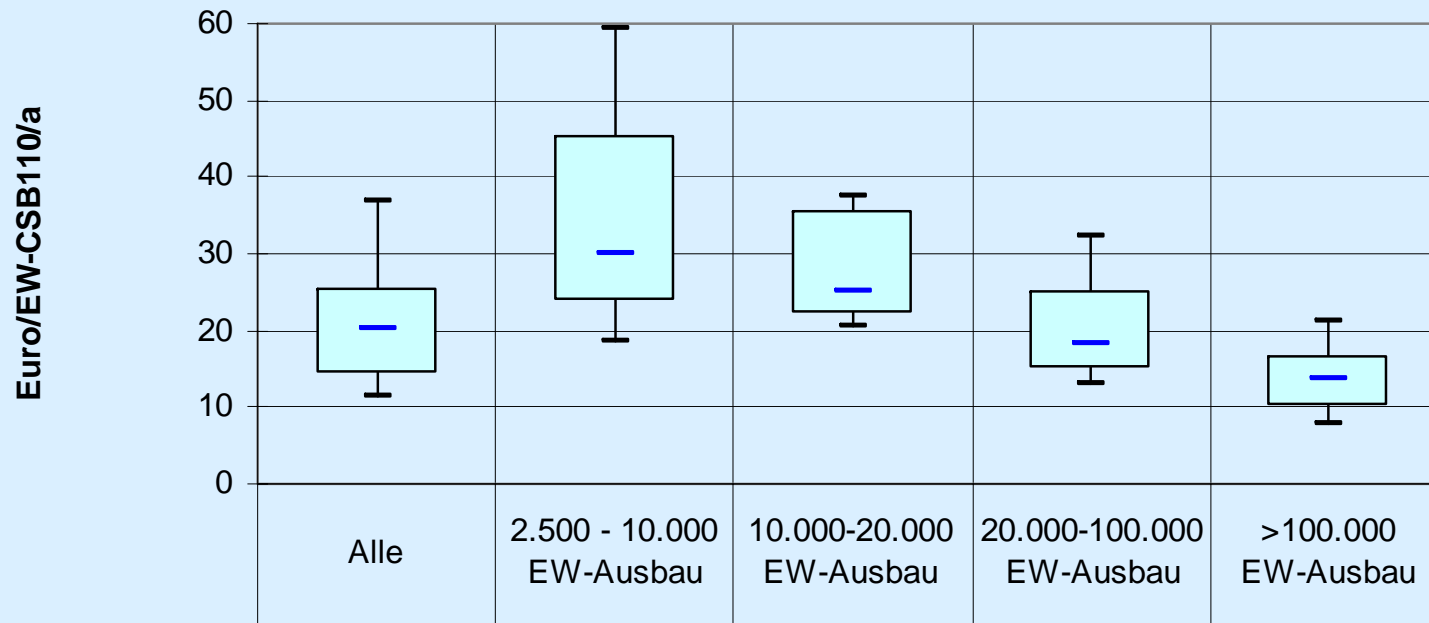
Optimierungspotenziale beim Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen Erfahrungen aus der Praxis

Stefan Lindtner
Ingenieurbüro kaltesklareswasser

KAN - Sprechertag 2007

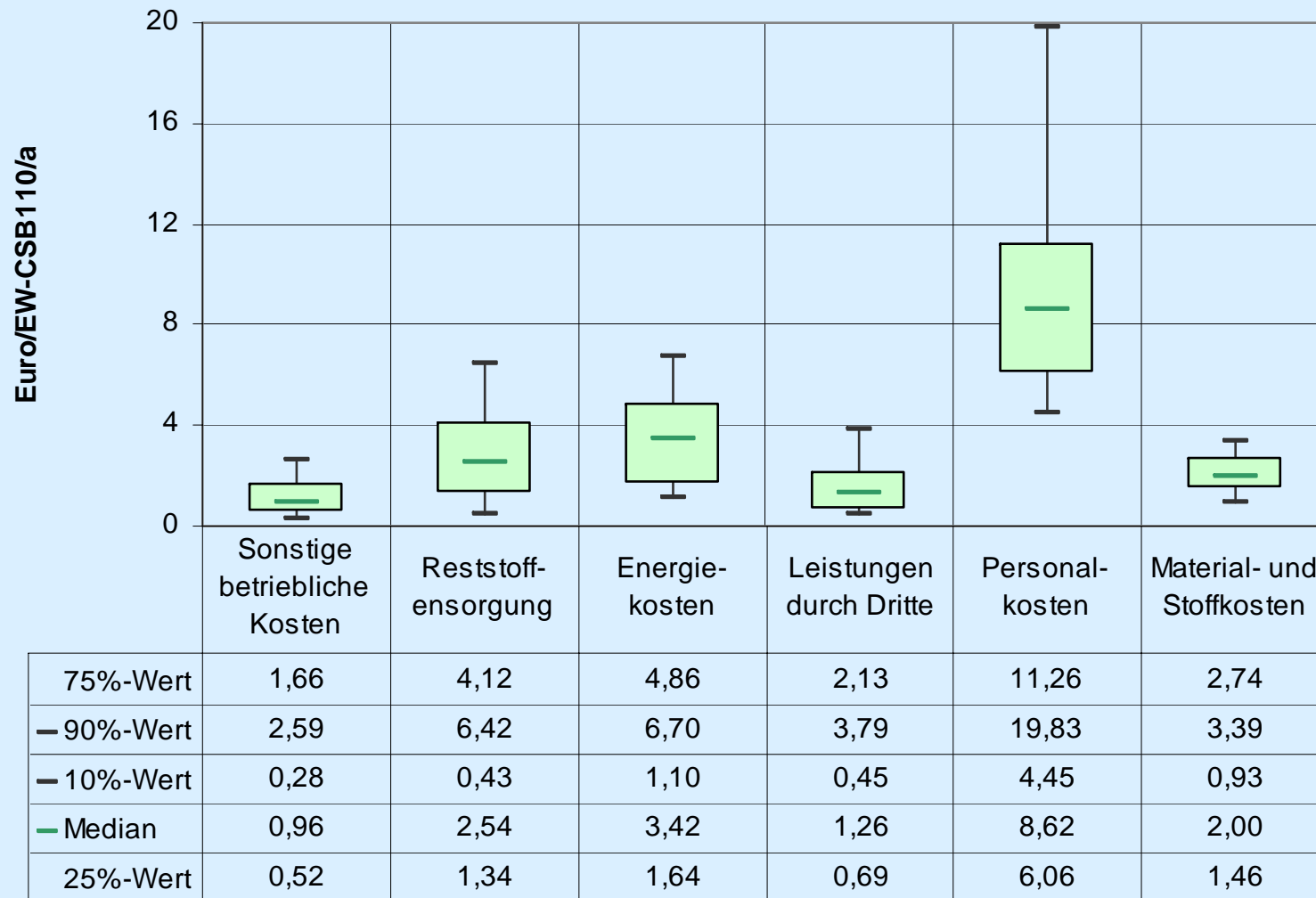
Betriebskosten der untersuchten Kläranlagen je Gruppe

Datenbasis: Indexierte Betriebskosten (auf 2007) von 94 Kläranlagen die bisher am österreichweiten Benchmarking teilgenommen hatten (auch alle folgenden Grafiken)

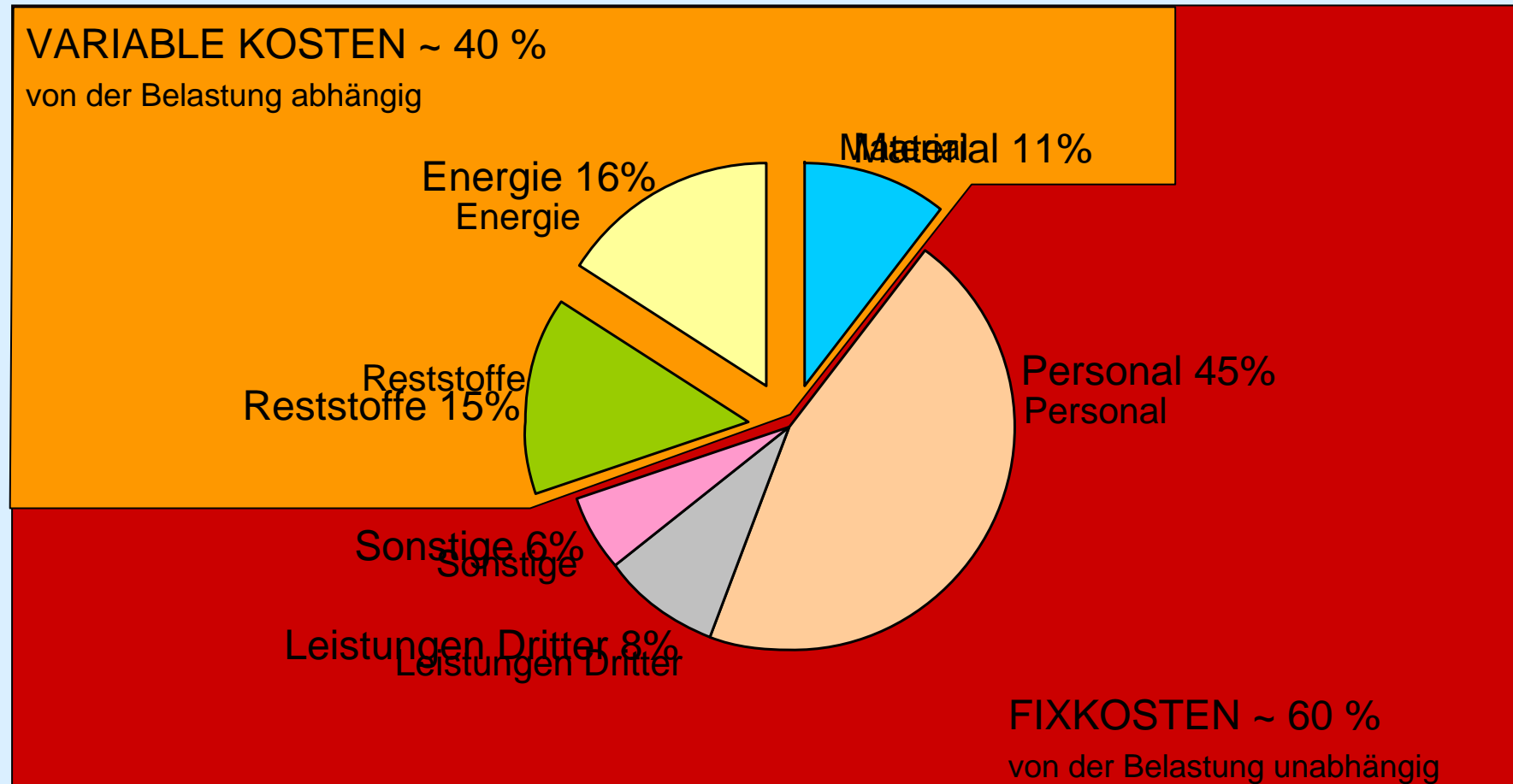


	Alle	2.500 - 10.000 EW-Ausbau	10.000-20.000 EW-Ausbau	20.000-100.000 EW-Ausbau	>100.000 EW-Ausbau
Anzahl	94	11	10	54	18
75%-Wert	25,6	45,3	35,7	25,2	16,7
— 90%-Wert	37,0	59,3	37,5	32,2	21,1
— 10%-Wert	11,4	18,7	20,5	13,0	7,8
— Median	20,2	30,0	25,2	18,2	13,7
25%-Wert	14,3	23,7	22,1	14,9	10,3

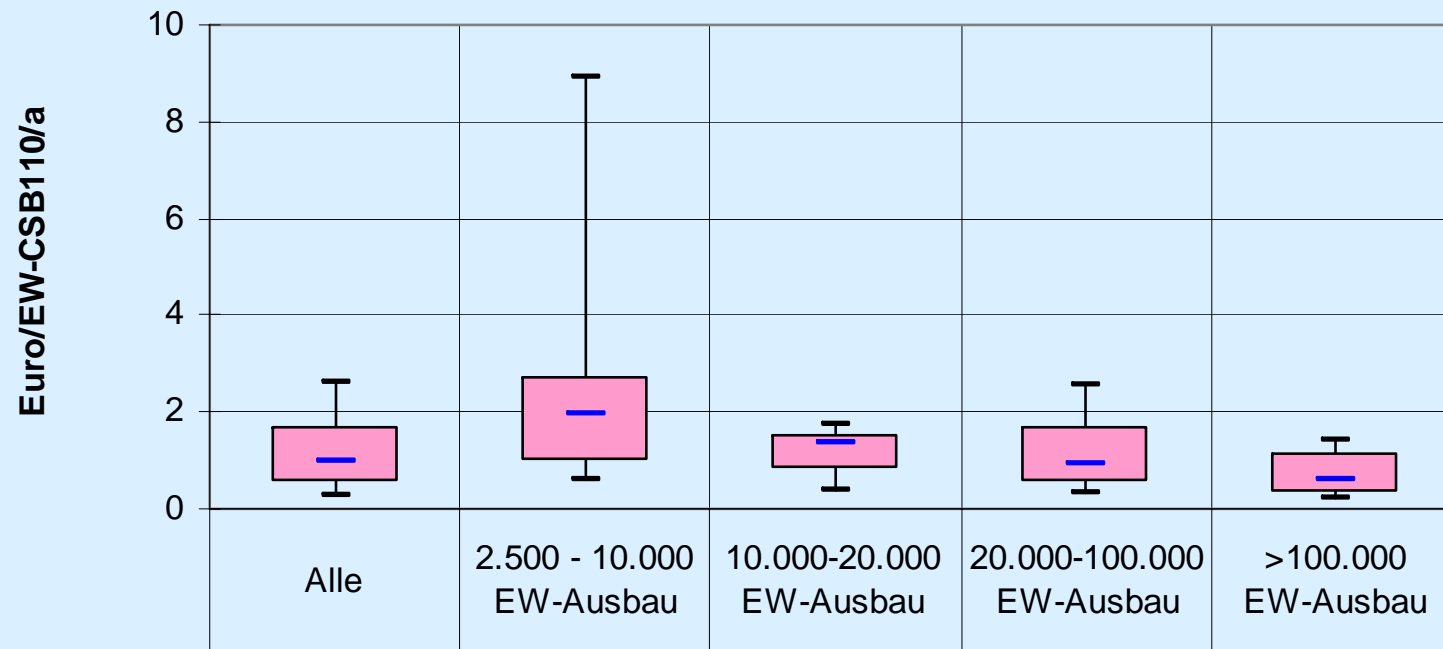
Kostenbereich der untersuchten Kostenartarten



Betriebskostenverteilung

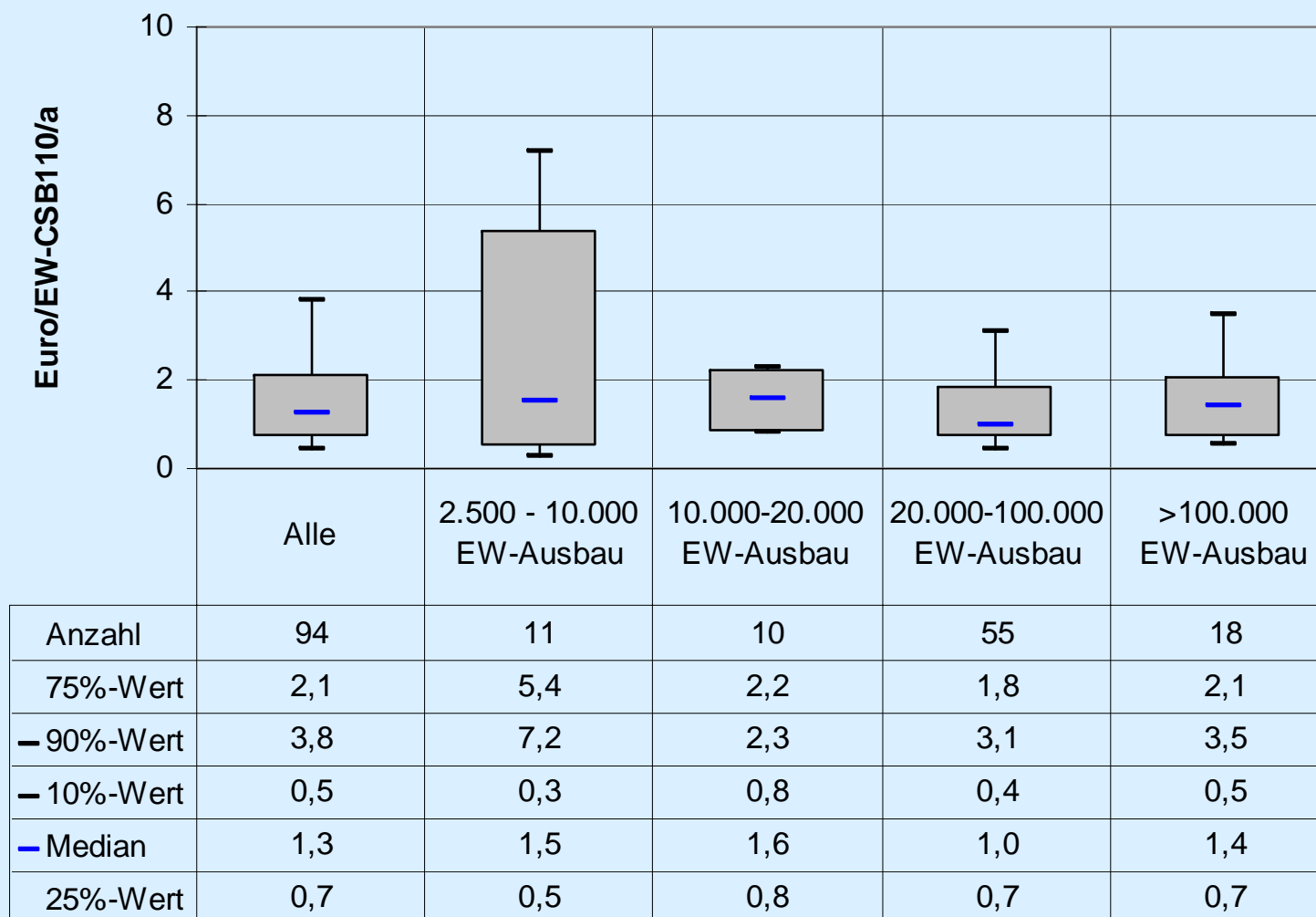


Sonstige Kosten

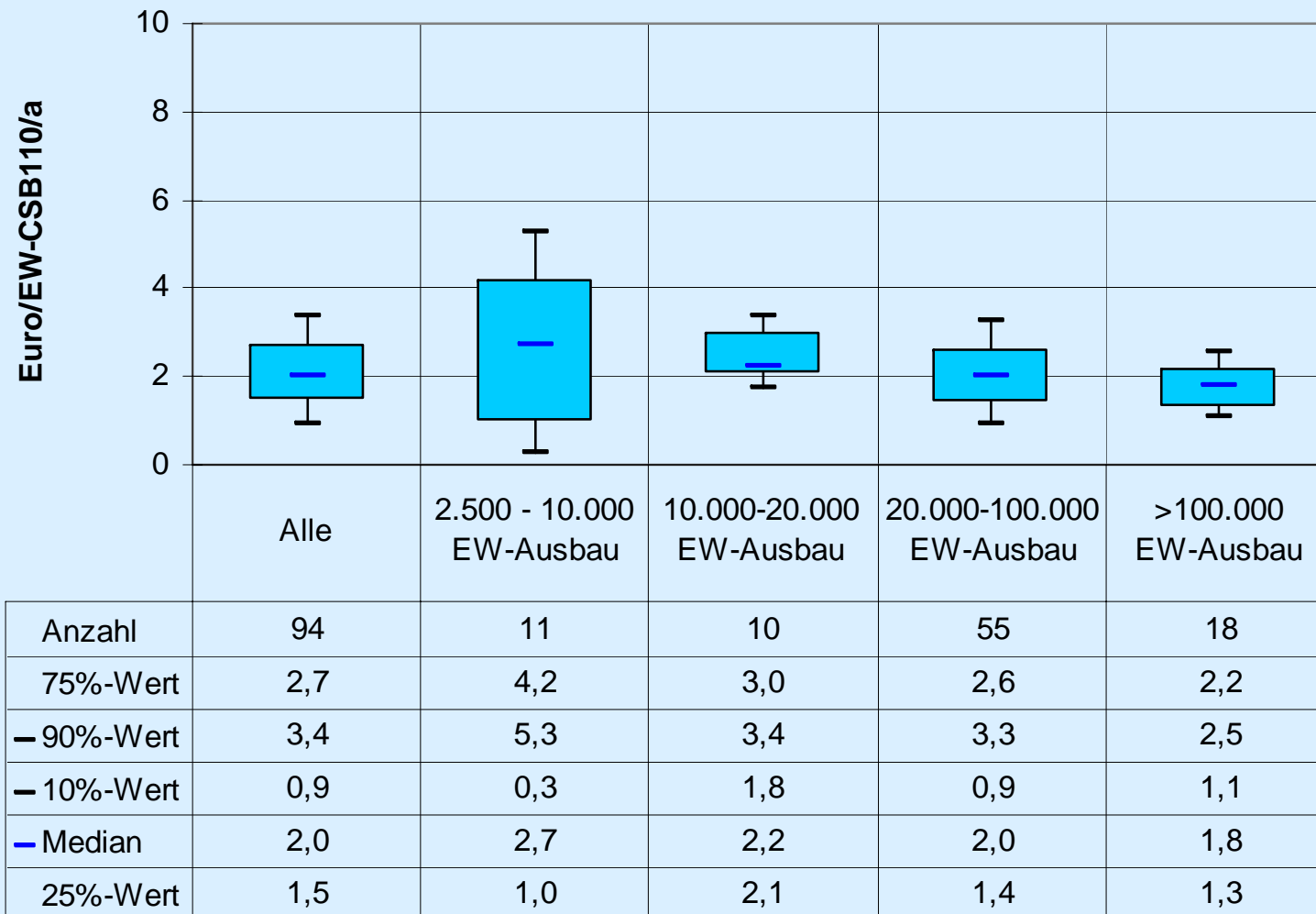


	Alle	2.500 - 10.000 EW-Ausbau	10.000-20.000 EW-Ausbau	20.000-100.000 EW-Ausbau	>100.000 EW-Ausbau
Anzahl	94	11	10	55	18
75%-Wert	1,7	2,7	1,5	1,7	1,1
– 90%-Wert	2,6	8,9	1,7	2,6	1,4
– 10%-Wert	0,3	0,6	0,4	0,3	0,2
– Median	1,0	1,9	1,3	0,9	0,6
25%-Wert	0,5	1,0	0,8	0,5	0,3

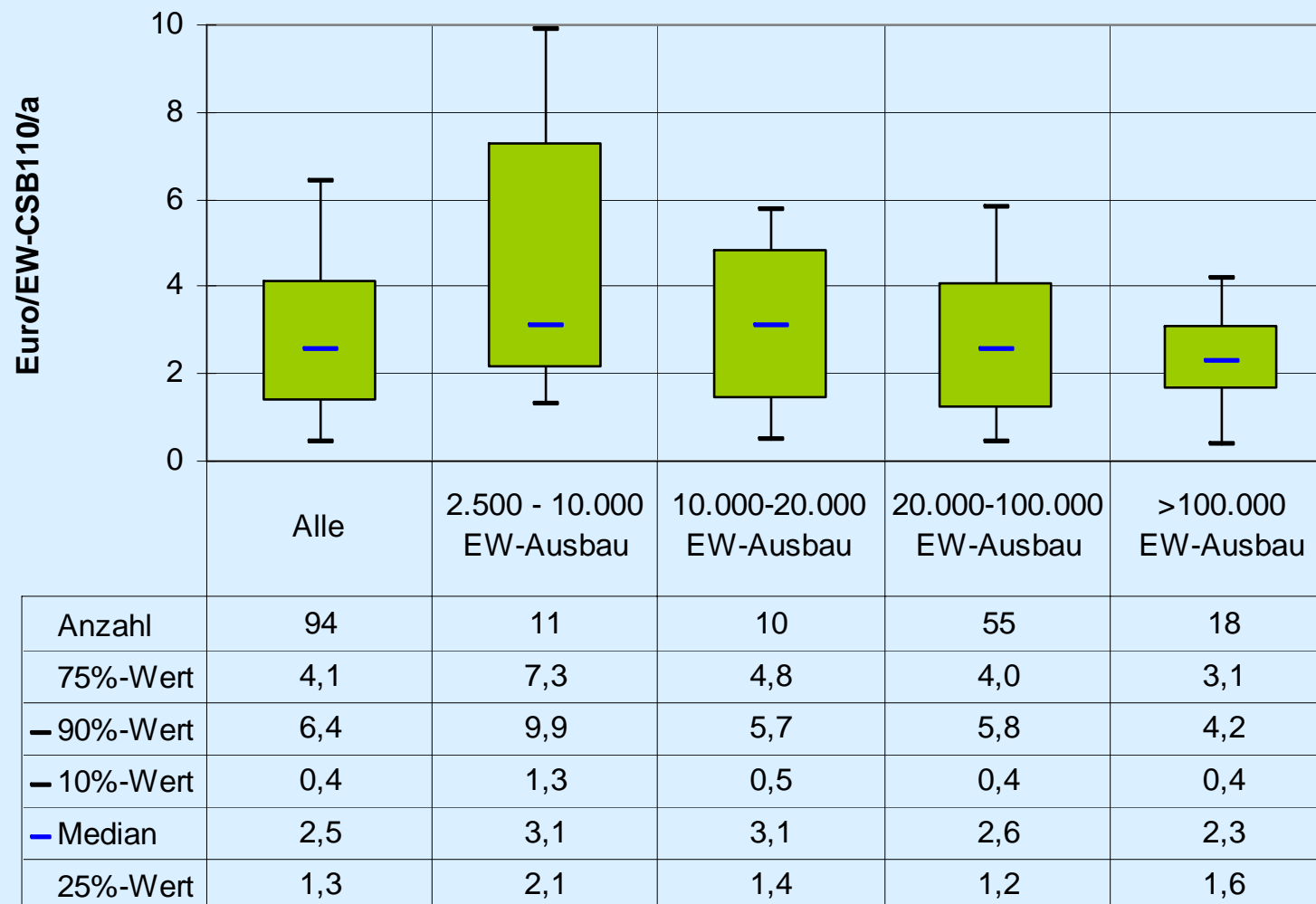
Kosten von Leistungen Dritter



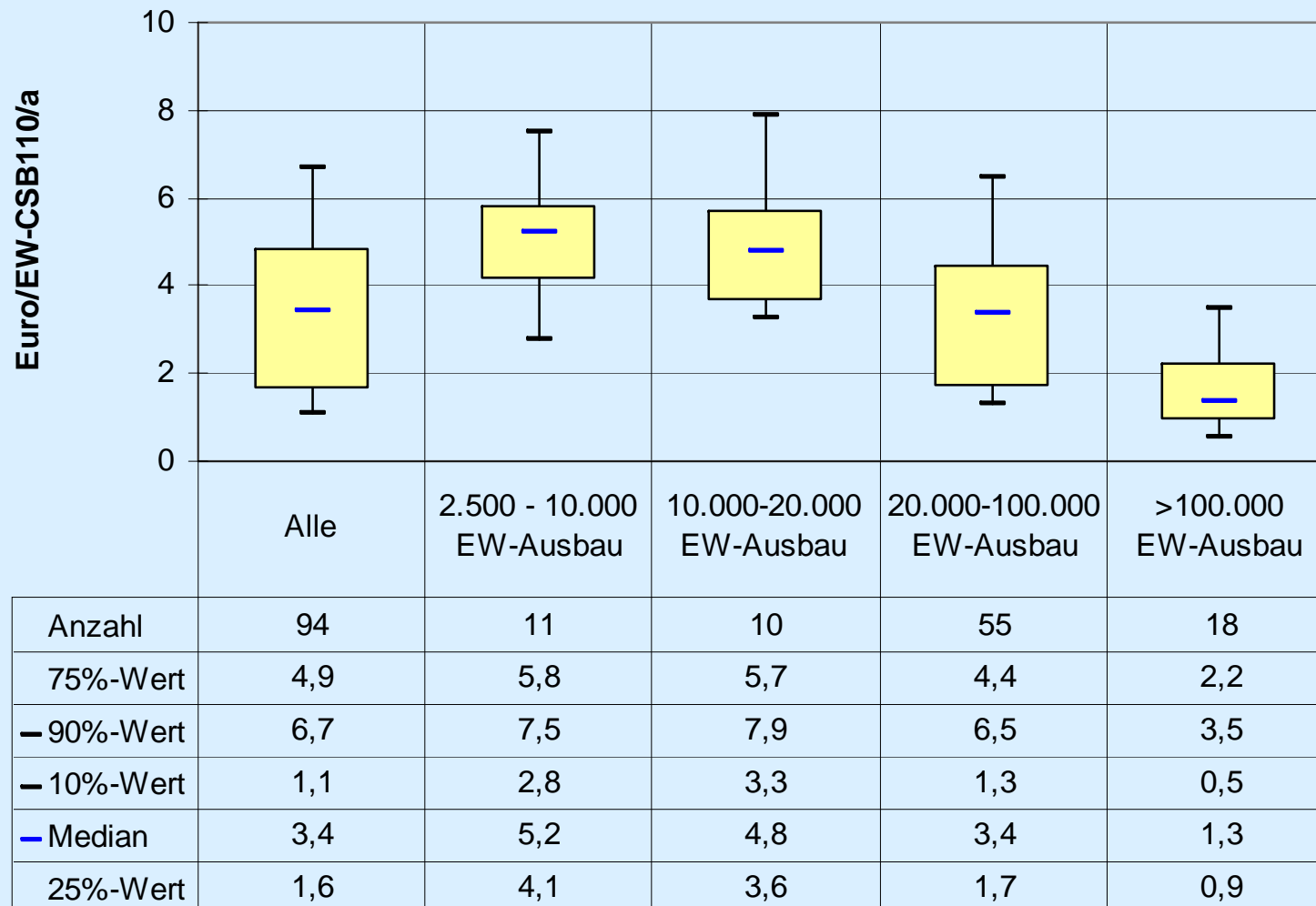
Material- und Stoffkosten



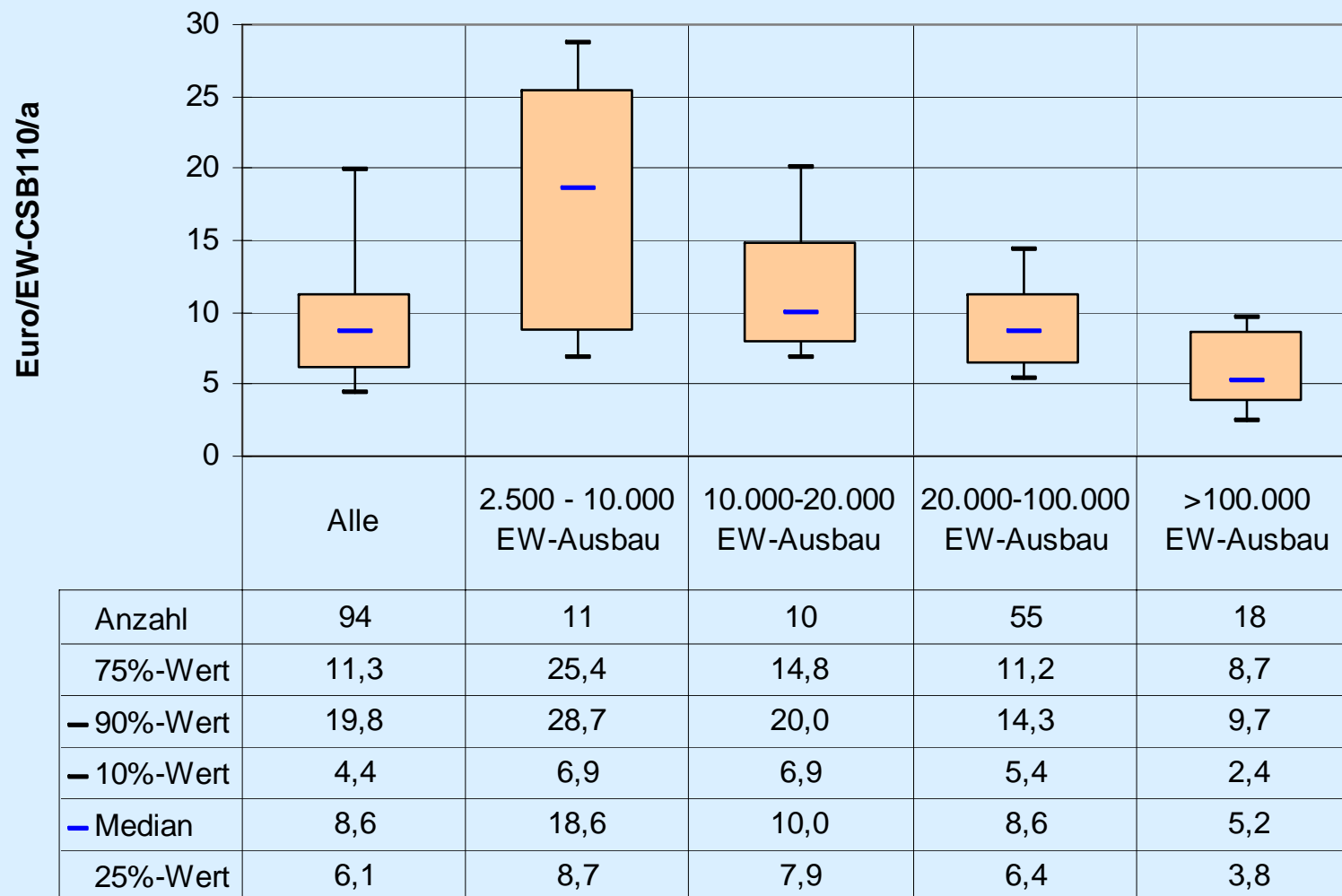
Reststoffentsorgungskosten



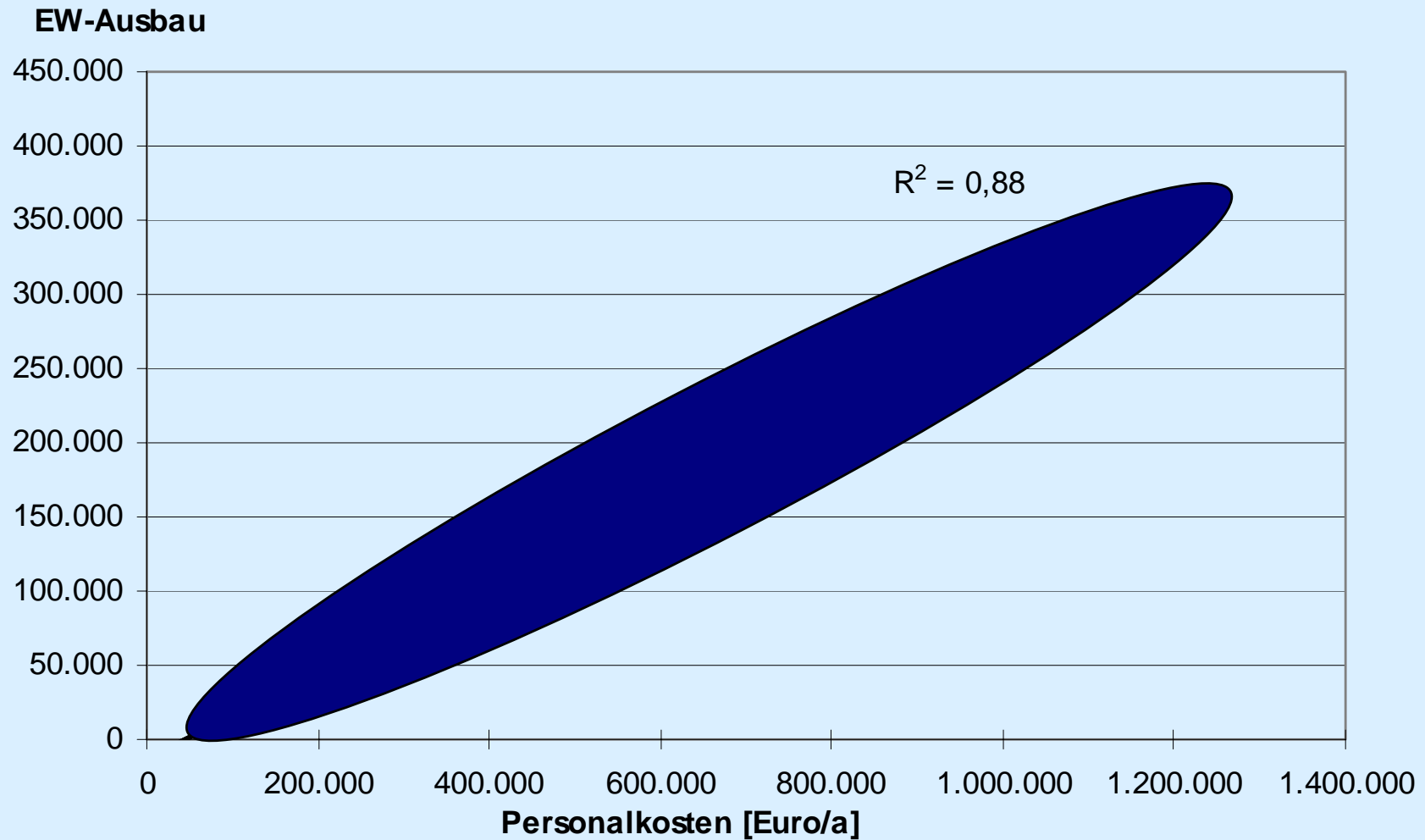
Energiekosten



Personalkosten



Personalkosten in Abhängigkeit der Ausbaugröße



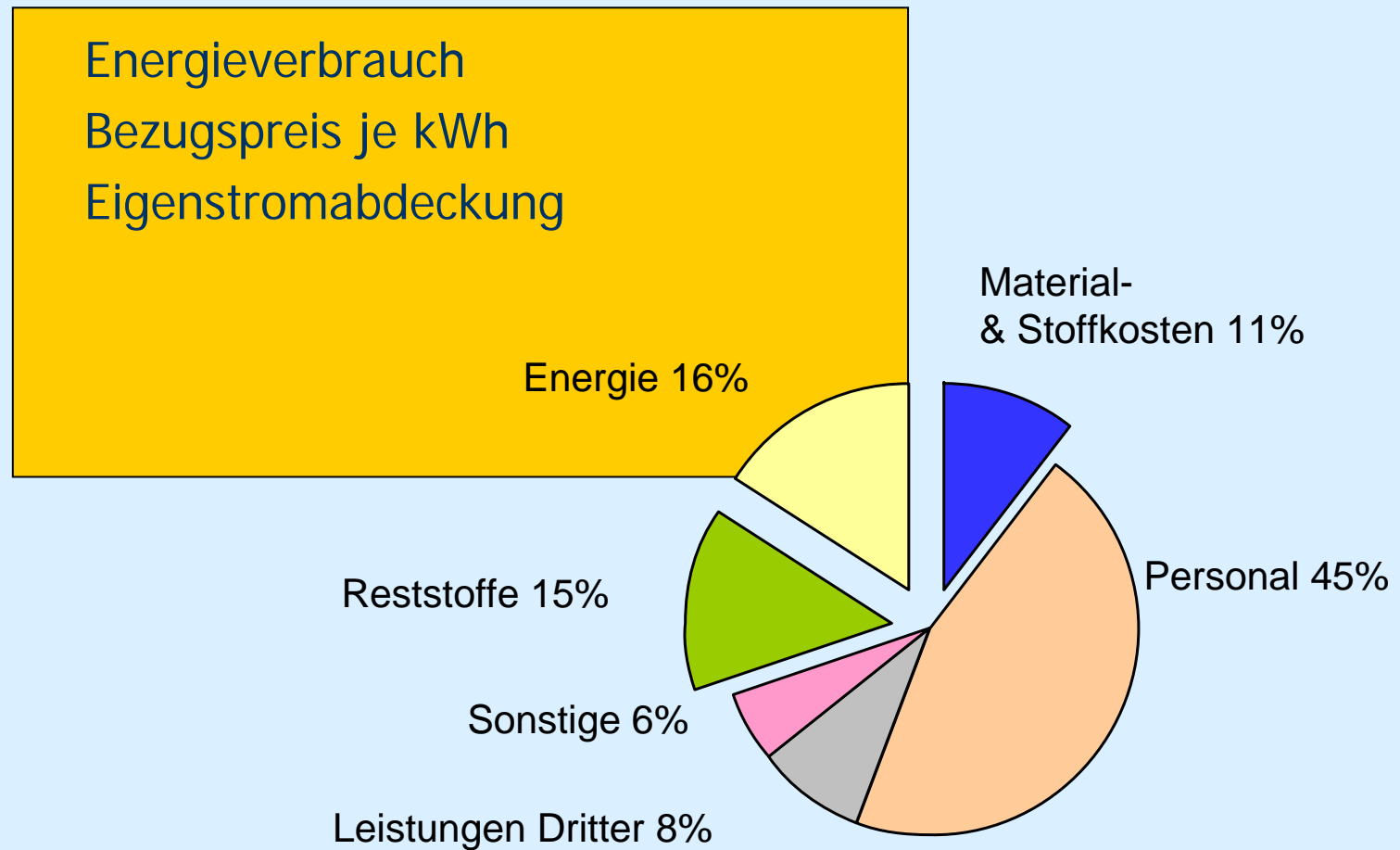
Einsparungspotenziale in der Praxis

- **Energiekosten**
 - ⇒ Energieverbrauch/-erzeugung
 - ⇒ Energieeinsparung bei bereits sehr niedrigem Energieverbrauch
 - ⇒ Energiekostensparnis mit neuem Regelkonzept

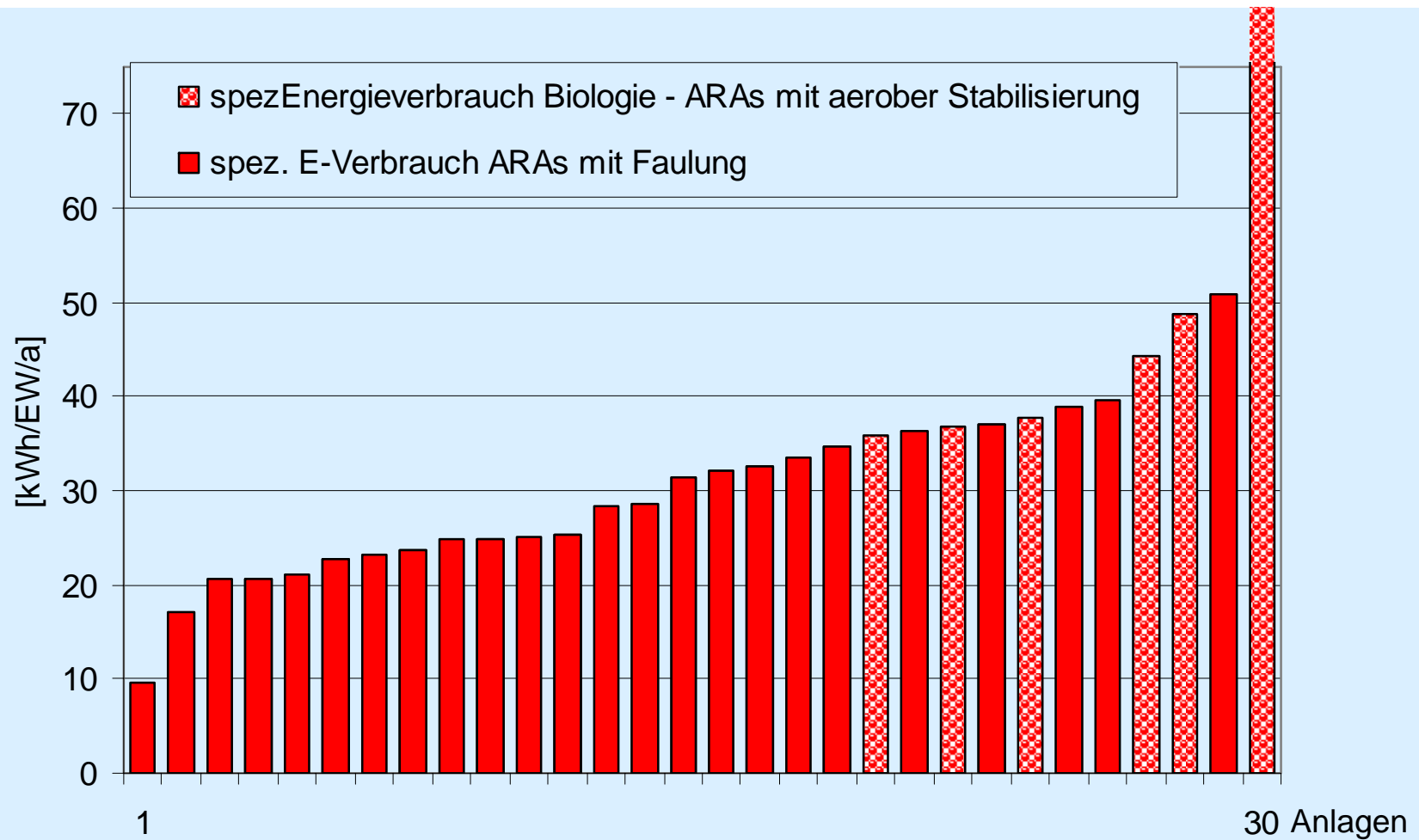
- **Material- und Stoffkosten**
 - ⇒ Einsparung durch Preisverhandlung

- **Reststoffentsorgung**
 - ⇒ Alternatives Klärschlamm Entsorgungskonzept

Energiekostenanteil und Einflussfaktoren



Elektrischer Energieverbrauch



Gesamtenergieverbrauch unterschiedlicher Quellen

[kWh/EW/a]	Benchmarking		Müller	Agis		ARA Strass
	25%Wert	Median		40000 EW	100000 EW	
P1 Zulaufpumpwerk und mechanische Vorreinigung	2,0	3,9	1,8			3,0
Zulaufpumpwerk			1,2			1,7
Rechen-, Sand- u. Fettfang			0,6	0,7	0,5	1,3
P2 Mechanisch-biologische Abwasserreinigung	14,4	17,9	16,6	13,60	12,8	11,5
Belüften			13,7	10,5	10,0	7,0
Rühren			1,8	1,4	1,2	0,8
RS-Pumpen			0,6	1,0	1,0	1,8
Sonstiges			0,5	0,7	0,6	1,8
P3 MÜSE und Faulung	2,0	3,2	1,9	2,8	2,2	2,0
P4 Presse	0,4	0,8	1,4			0,3
HP I Labor, Verwaltung und Infrastruktur	0,5	0,9	0,2	1,4	1,0	1,1
HP II Fuhrpark und Werkstätte	0,1	0,1				0,2
Kläranlage gesamt	19,3	26,8	21,9	18,5	16,5	18,1

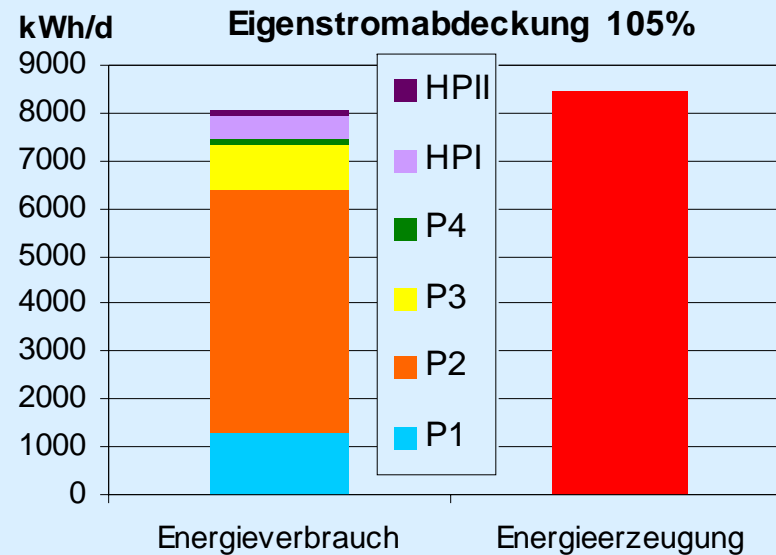
↑ ↑
 ohne Zulaufpumpwerk

Energieverbrauch Belüften, Rühren und RS-Pumpen

	theoretisch	ARA-Strass gemessen
OVC	35 g/EW-CSB110/d	
OVN	10 g/EW-CSB110/d	
Op	2,8 kg/kWh	
P-Belüften	20 Wh/EW-CSB110/d	
Belüftung	7,3 kWh/EW-CSB110/a	7,0
P-Rühren	1,5 W/m ³	
V Belebungsbecken	65 l/EW-CSB110	
Rühren	0,9 kWh/EW-CSB110/a	0,8
Fördermenge_RS	150 l/EW-CSB110/d	
Förderhöhe RS	6 m	
Pumpenwirkungsgrad	50%	
1 kWh kann 1m ³ Wasser 367 Meter hoch heben;		
RS-Pumpen	1,8 kWh/EW-CSB110/a	1,8

Energiegewinnung der ARA-Strass

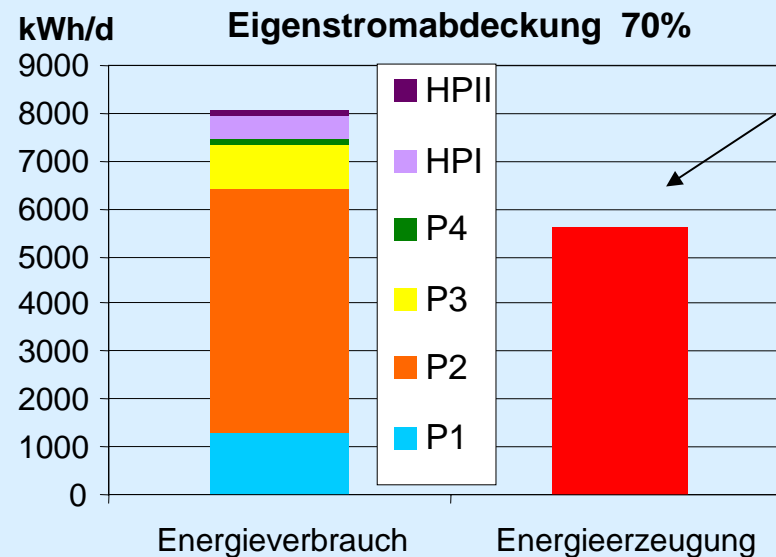
Energiegewinnung		
spez. Faulgasmenge	22,5	l /EW-CSB110/d
Faulgasmenge	3.648	m ³ /d
CO ₂ -Gehalt	38%	
Methangasmenge	2.261	m ³ /d
Energieinhalt	22.615	kW/d
Wirkungsgrad BHKW	37%	
	8.440	kWh/d
19,0 kWh/EW-CSB110/a		



... bei theoretischer Änderung des BHKW- Wirkungsgrades

Energiegewinnung		
spez. Faulgasmenge	22,5	l /EW-CSB110/d
Faulgasmenge	3.648	m ³ /d
CO2-Gehalt	38%	
Methangasmenge	2.261	m ³ /d
Energieinhalt	22.615	kW/d
Wirkungsgrad BHKW	25%	
	5.654	kWh/d
	12,7 kWh/EW-CSB110/a	

Bei Verringerung der Wirkungsgrades von 37 % auf 25 %



Energiekostensparnis bei bereits niedrigem Energieverbrauch

- Energieverbrauch der ARA-Strass

	2004	2005	2006
Energieverbrauch [kWh/d]	8.416	7.912	8.038
EW-CSB110	147.331	161.241	162.114
spez. Energieverbrauch [kWh/EW-CSB110/a]	21	18	18

- Diese Verringerung um 3 kWh/EW-CSB110/a entspricht bei 162.114 Einwohnerwerten und 10 Cent je kWh einem

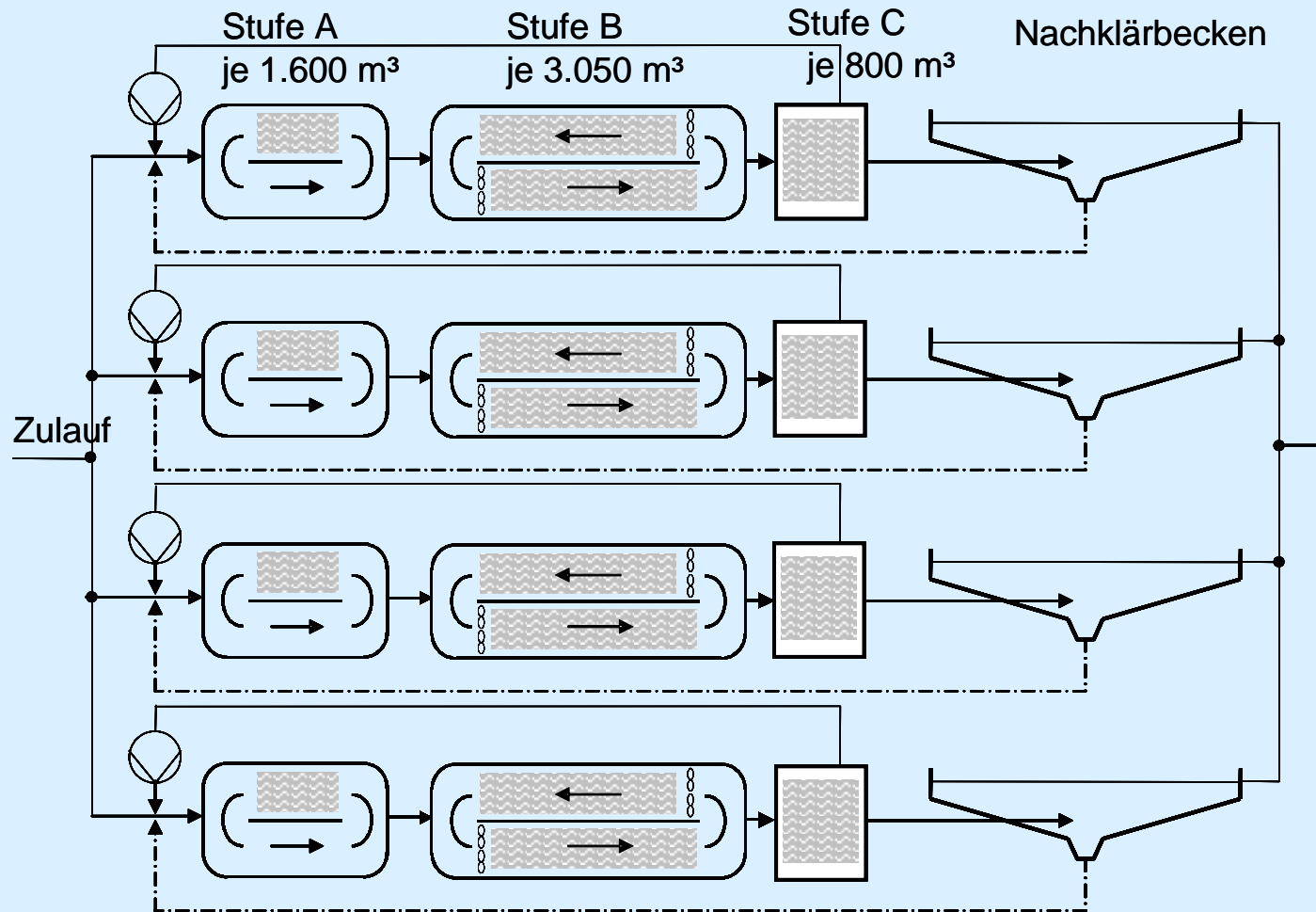
Gesamtbetrag von 48.600 Euro/Jahr.

Energieeffizienz durch neues Regelungskonzept

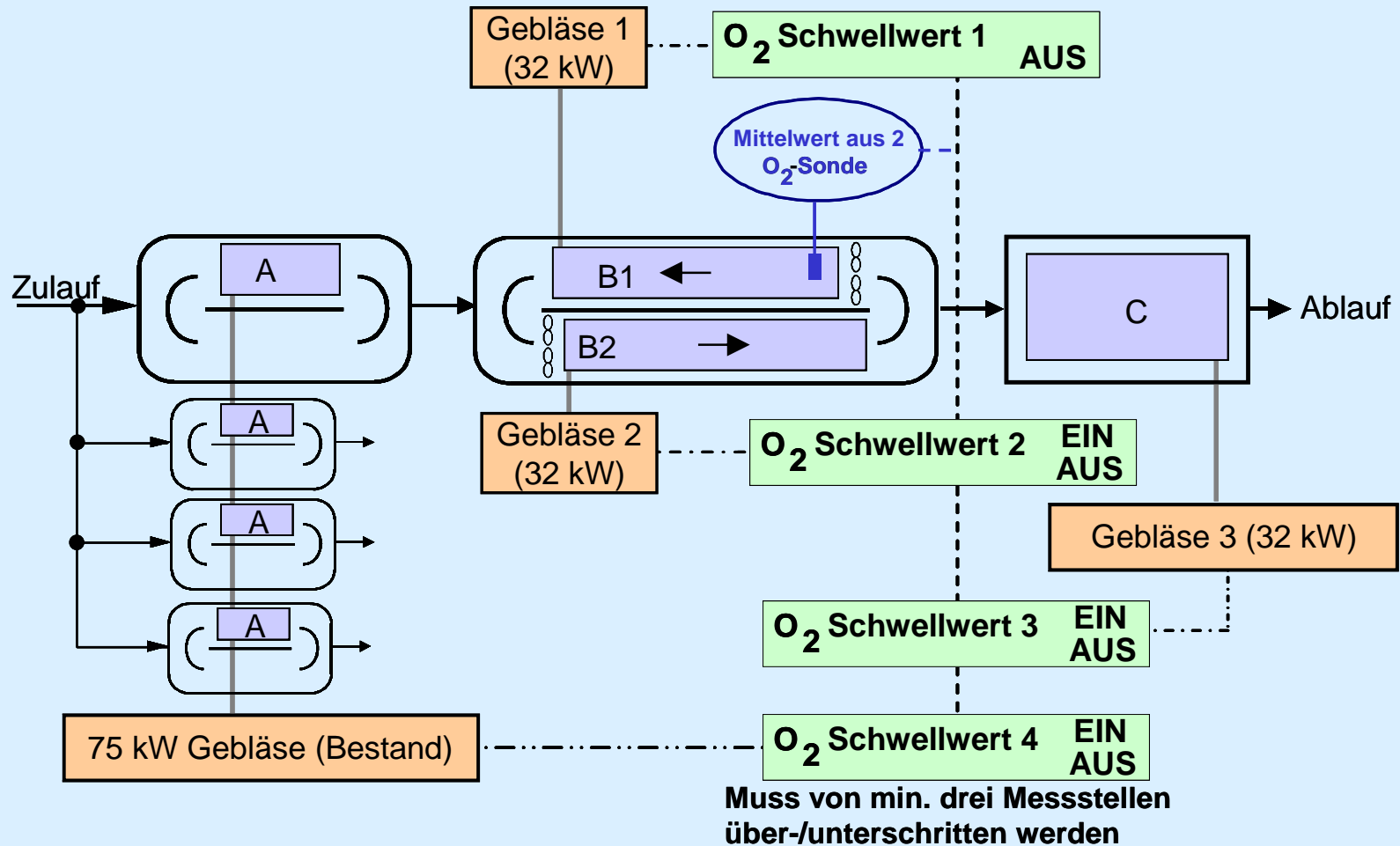


- Notwendigkeit der Erneuerung der Gebläsestationen
- Beim Benchmarking-Forschungsprojekt und Forschungsprojekt „Energieoptimierung von Kläranlagen“ wurde hoher Energieverbrauch festgestellt
- Abwasserverband Amstetten nahm dies zum Anlass, nicht nur die Gebläse zu erneuern, sondern das gesamte MSR-Konzept der Sauerstoffzufuhr überarbeiten zu lassen.
- Im Folgenden wird einerseits das neue Regelkonzept der Kläranlage Amstetten vorgestellt und andererseits die jährliche Kosteneinsparung, aber auch der finanzielle Aufwand des Umbaus, zusammengefasst.

Verfahrensschema der Kläranlage Amstetten



MSR-Konzept der Sauerstoffzufuhr der Kläranlage Amstetten



Änderungen, Investitionen und deren Kosten



- Erneuerung von
 - ⇒ 13 Drehkolbengebläsen (32 kW) inklusive Gebläsehaus über den Belebungsbecken
 - ⇒ acht Sauerstoffsonden
 - ⇒ zwei BHKWs

- Verfahrenstechnische Änderungen
 - ⇒ Außerbetriebnahme der direkt gekoppelten Gasmotoren
 - ⇒ Außerbetriebnahme der vier Rezirkulationspumpen
 - ⇒ Ausstattung der Stufe C mit verstopfungsfreien Belüftern und Rührwerken
 - ⇒ Ausbaukapazität von 130.000 auf 150.000 EW-Ausbau angehoben

- Die Kosten
 - ⇒ der beschriebenen Maßnahmen betragen insgesamt 1,5 Mio. Euro.
 - ⇒ bei 20 jährigen Lebensdauer → **75.000 Euro jährliche Abschreibung**

Energieverbrauch und Zukauf in den Jahren 1999, 2003 bis 2006



	1999	2003	2004	2005	2006	
Kläranlage	6122	6306	6078	6348	7225	kWh/d
Biologie	5286	4310	4140	4317	4070	kWh/d
el. Energieäquivalent Gasmotor	977	2316	1715	695	0	kWh/d
BHKW	1226	280	683	1103	4572	kWh/d

Energieverbrauch ¹⁾	7099	8622	7793	7043	7225	kWh/d
erforderlicher Zukauf ²⁾	4896	6026	5395	5245	2653	kWh/d

EW-CSB110	71.477	86.053	87.332	95.870	113.761
-----------	--------	--------	--------	--------	---------

Energieverbrauch/EW	36	37	33	27	23	kWh/EW/a
erforderlicher Zukauf/EW	25	26	23	20	9	kWh/EW/a

→ **Reduktion** um 16 kWh/EW/a

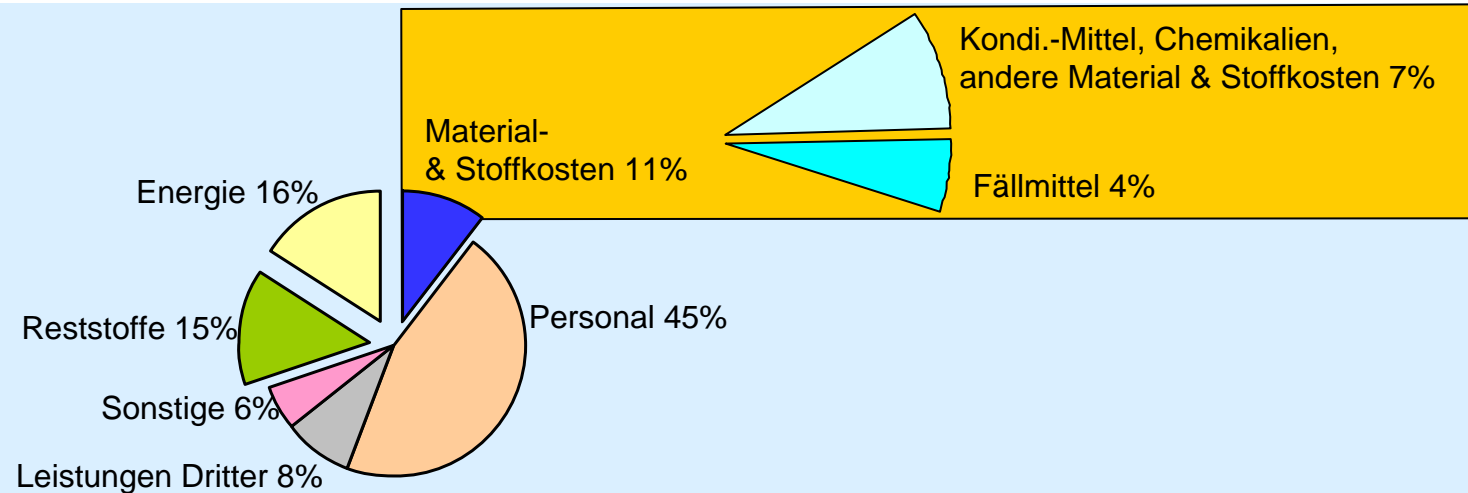
* 114.000 EW-CSB110

= 1.824.0000 kWh/a

* 0,1 Euro/kWh

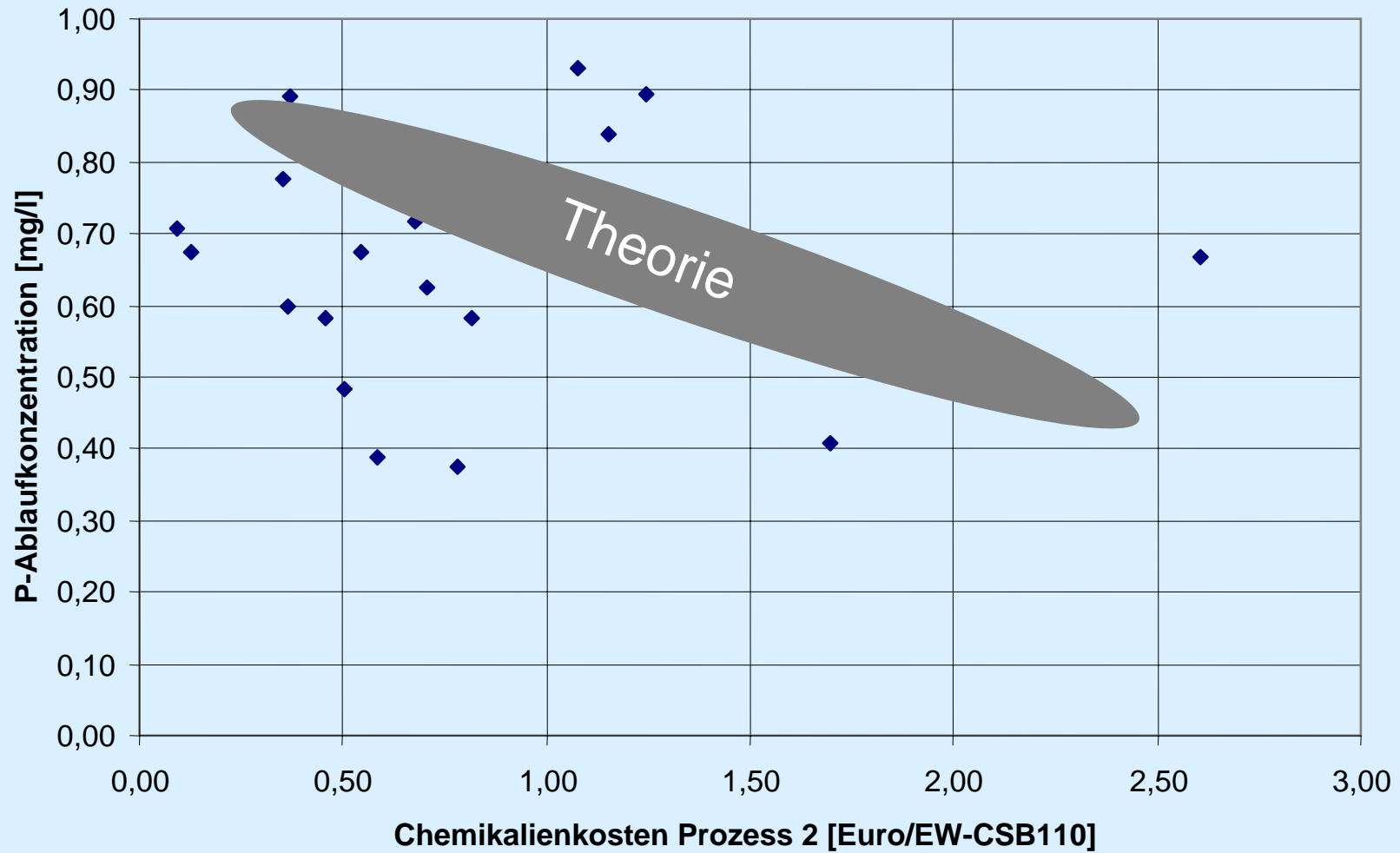
~ 180.000 Euro/a

Material- und Stoffkosten und anteilige Fällmittelkosten



	Fällmittel kosten Euro/EW-CSB110	Material- und Stoffkosten	Anteil Fällmittelkosten an Mat.&Stoffkosten	Anzahl
Alle	0,67	2,08	35%	80
<10.000 EW-Ausbau	0,64	2,98	40%	9
10.000-20.000 EW-Ausbau	0,80	2,23	33%	9
20.000-100.000 EW-Ausbau	0,74	2,08	36%	44
>100.000 EW-Ausbau	0,54	1,81	28%	18

Gegenüberstellung P-Ablaufkonzentration und Chemikalienkosten



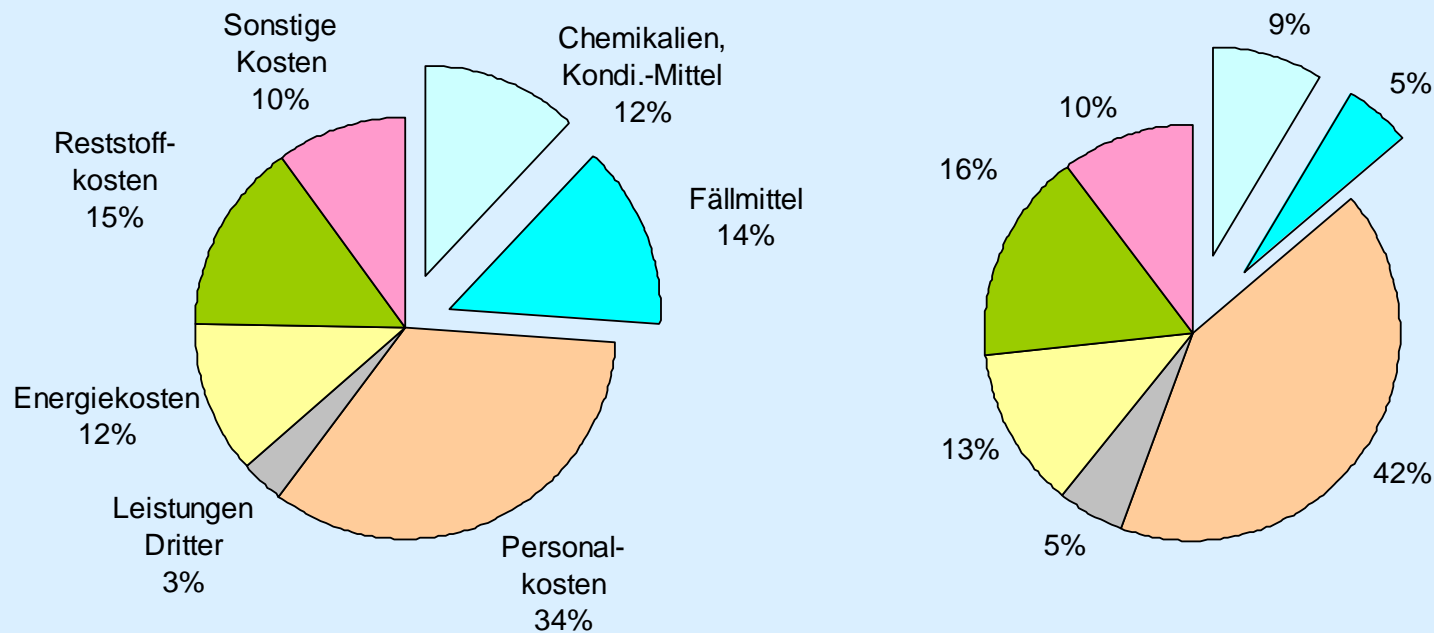
Fällmittelkosten je Fällmittelart

	Fe-II- Chlorid	Fe-III- chlorid	Fe-II- Sulfat	Fe-III- Sulfat	Poly-Al- chlorid	Al- Chlorid	Na- Aluminat	Alle	
Anzahl Teilnehmer je Fällmittelart	1	7	4	3	5	2	3	25	
spez. Kosten [€/mol WS]	0,008	0,052	0,023	0,058	0,103	0,055	0,012	0,045	25%Wert
								0,052	Median
								0,058	75%Wert
spez.Entfernungskosten [€/ kgP] bei beta=1	0,25	1,67	0,745	1,88	3,32	1,76	0,4	1,45	25%Wert
								1,67	Median
								1,92	75%Wert

Kostenartenverteilung vor und nach den Fällmittelverhandlungen

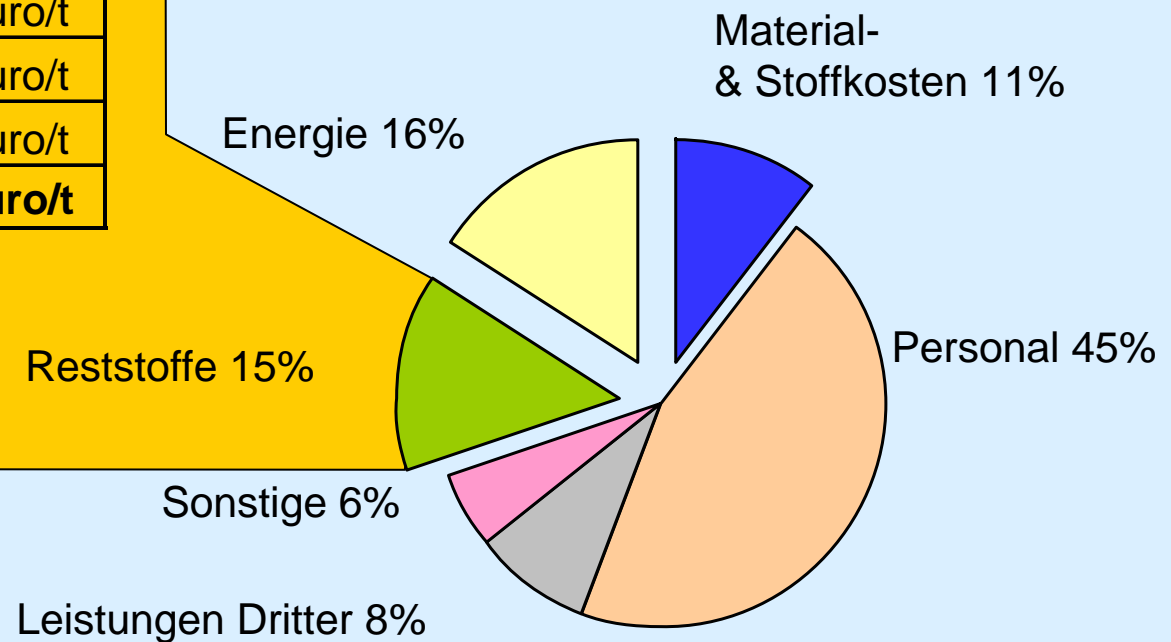
- ⇒ Im Extremfall betragen bei einer Anlage die Material- und Stoffkosten 26 %
- ⇒ Fällmittelkosten betragen 14 % der Gesamtbetriebskosten.
- ⇒ Aufgrund der Ergebnisse des Benchmark-Vergleiches wurde ein etwas anderes Produkt zu deutlich niedrigeren Preisen ausverhandelt
- ⇒ Fällmittelkosten nunmehr 5 % der Betriebskosten
- ⇒ Aufgrund von Fällmittelumstellung und Preisverhandlungen

jährliche Kostenreduktion von rund 38.000 Euro



Entsorgungskostenanteil und Kosten je Art der Entsorgung

	Anzahl	Median der Kosten
Entsorger	12	46 Euro/t
Landwirtschaft	12	29 Euro/t
Kompostierung	11	60 Euro/t
Landschaftsbau	2	23 Euro/t
Verbrennung	3	84 Euro/t
Alle	40	45 Euro/t



Einnahmen / Ausgaben der Klärschlammkompostierung Kirchbichl



			<i>spez. Einnahmen</i>	
Einnahmen	119.400	Euro/a	34,1	Euro/t Eigenschlamm
Schlamm Entsorgungskostenanteil Indirekteinleiter	26.800	Euro/a	7,7	Euro/t Eigenschlamm
Schlammübernahmen gepresst (53 Euro/t)	43.500	Euro/a	12,4	Euro/t Eigenschlamm
Kompostverkauf (8 - 10 Euro/t)	46.200	Euro/a	13,2	Euro/t Eigenschlamm
Lieferung Kompost	1.800	Euro/a	0,5	Euro/t Eigenschlamm
Übernahme Strauchschnitt	1.100	Euro/a	0,3	Euro/t Eigenschlamm

			<i>spez. Ausgaben</i>	
Ausgaben	225.800	Euro/a	64,5	Euro/t Eigenschlamm
Personalaufwand	78.000	Euro/a	22,3	Euro/t Eigenschlamm
Sachaufwand	71.800	Euro/a	20,5	Euro/t Eigenschlamm
Abschreibung	76.000	Euro/a	21,7	Euro/t Eigenschlamm

			<i>spez. Aufwand</i>	
Aufwand (Ausgaben - Einnahmen)	106.400	Euro/a	30,4	Euro/t Eigenschlamm
			16,8	Euro/t Schlamm durchsatz

Einnahmen / Ausgaben der Klärschlammkompostierung Kirchbichl



⇒ Stellt man 30 Euro/t Eigenschlamm den Durchschnittskosten von 45 Euro/t gegenüber so ergibt sich für die ARA-Kirchbichl eine

jährliche Kostenreduktion von rund 52.500 Euro

⇒ Voraussetzung: Einnahmen aus Fremdschlammübernahme, Kompostverkauf oder andere Einnahmen!!

Aufwand (Ausgaben - Einnahmen)	106.400 Euro/a
---------------------------------------	-----------------------

<i>spez. Aufwand</i>	
30,4	Euro/t Eigenschlamm
16,8	Euro/t Schlammdurchsatz

Zusammenfassung - Ergebnisse aufgrund des Benchmarkings



- Gesamtbetriebskosten von Anlagen :
 - ⇒ größer 100.000 EW-Ausbau ~ 14 Euro
 - ⇒ zwischen 10.000 und 100.000 EW-Ausbau 18 – 25 Euro
 - ⇒ zwischen 2.500 und 10.000 EW-Ausbau ~ 30 Euro
(doppelt so hohe Kosten wie ARAs > 100.000 EW-Ausbau)

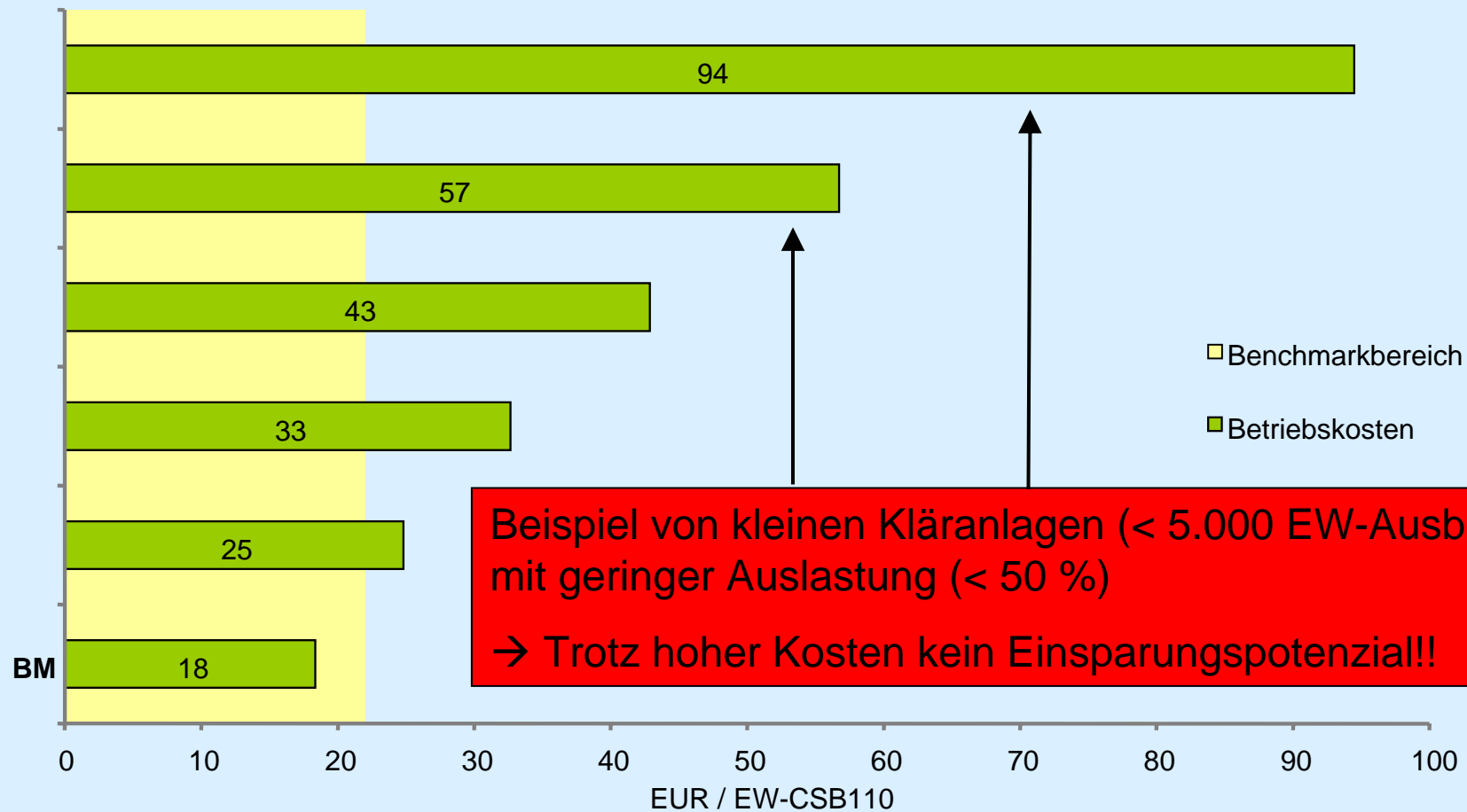
- Die mit der Anlagengröße sinkenden Betriebskosten stehen vor allem mit den spezifisch niedrigeren Personalkosten von großen Anlagen in Zusammenhang

- Eine deutliche Größenabhängigkeit ist bei den Energiekosten gegeben, die von den Faktoren Energieverbrauch, Eigenstromabdeckung und Kosten je kWh determiniert sind

- Bei den Kosten von Leistungen durch Dritte, den sonstigen Kosten sowie den Material- und Stoffkosten ist die Verringerung der spez. Kosten mit steigender Kläranlagengröße von untergeordneter Bedeutung

- Die Anlagengröße und die Auslastung der Anlage sind wesentlichen Kostenfaktoren
 - ⇒ Der überwiegende Anteil (60 %) der Betriebskosten ist von der Schmutzfracht unabhängig
 - ⇒ Je höher die durchschnittliche Schmutzfracht einer Anlage, umso niedriger die spezifischen Kosten

Betriebskosten von sechs Kläranlagen < 5.000 EW-Ausbau



Zusammenfassung

Energieoptimierung



- Für die Optimierung des Energieverbrauches müssen die (Groß)Verbraucher getrennt erfasst werden
- Der Gesamtenergieverbrauch von effizienten Kläranlagen mit Faulung liegt unter 20 kWh/EW-CSB110/a
- Eine 100-%-ige Eigenstromerzeugung ist dann möglich, wenn der Stromverbrauch unter 20 kWh/EW-CSB110/a liegt und der Wirkungsgrad der eingesetzten BHKWs ~ 37 % ist
- Am Beispiel der Kläranlage Strass konnte dies anhand konkreter Zahlen nachvollzogen werden. Eine Verringerung des Stromverbrauches um 3 kWh/EW-CSB110/a zu einer jährlichen Kostenreduktion von 48.600 Euro führt
- Das höchste Einsparungspotenzial konnte bei der Kläranlage Amstetten aufgezeigt werden, bei der ein geändertes Regelkonzept die ersatzlose Außerbetriebnahme von vier Rezirkulationspumpen (je 10 kW) ermöglichte.
- Die jährliche Einsparung an Energiekosten beträgt 180.000 Euro verglichen mit der Ausgangssituation im Jahr 1999.
- In Summe beliefen sich die Umbauarbeiten auf 1,5 Mio. Euro → 75.000 Euro jährliche Abschreibung

Zusammenfassung

Fällmittel & Klärschlammkompost



- Die Fällmittelkosten haben mit durchschnittlich $< 5\%$ der Betriebskosten eine untergeordnete Relevanz
- Fällmittelkosten weisen dann ein hohes Einsparungspotenzial auf, wenn sie einen wesentlichen Anteil der Betriebskosten ausmachen
- Historisch bedingte Kosten fallen oft erst beim Vergleich mit anderen Kläranlagen in der gebührenden Deutlichkeit auf
- Preisverhandlungen und die Umstellung auf ein etwas anderes Produkt des gleichen Lieferanten führten in diesem Fall zu einer jährlichen Reduktion der Kosten von 38.000 Euro

- Klärschlamm Entsorgungskosten liegen im Durchschnitt aller untersuchten Kläranlagen bei 45 Euro/t entwässertem Schlamm
- Die ARAB GmbH Kirchbichl betreibt ein eigenes Klärschlammkompostwerk, welches neben der Kompostierung des Klärschlammes der ARA Kirchbichl auch die Schlämme anderer Kläranlagen übernimmt
- Spezifischer Aufwand je Tonne Eigenschlamm 30 Euro/t
- Verglichen mit dem Median von 45 Euro/t ergibt das bei einer Eigenschlammmenge von 3.500 Tonnen eine jährliche Ersparnis von 52.500 Euro.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

www.abwasserbenchmarking.at