




war handlanze gestern?
die zukunft des robotergestützten hdw strahlens
aktuelle entwicklungen und einsatzmöglichkeiten



falch world of waterjetting

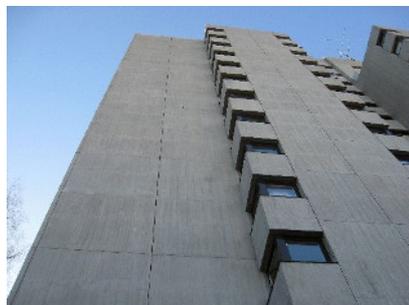
- hochdruckwasserstrahlanlagen von 5 – 500 kW
- hochdruckpumpen von 300 - 3000 bar / 10 - 260 l/min
- 15 vertriebsniederlassungen in europa
- größter mietpark für uhp-wasserstrahlanlagen
- 50 000 kunden weltweit
- 250 mitarbeiter
- entwicklungszentrum mit 40 ma
- mehr infos auf www.falch.com







beton – der universelle baustoff...



die nr. 1 seit den 1970-ern



aber...



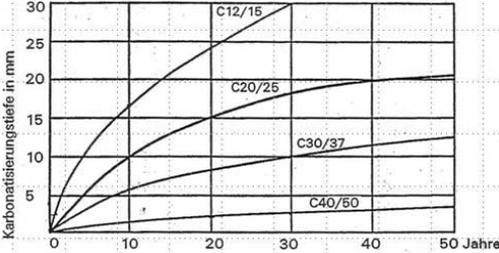
- energiebedarf & CO₂-emissionen bei der betonherstellung sind hoch:
ca. 340 kg CO₂ bzw. 2,8 GJ energie je t stahlbeton
bedarf aktuell: ca. 1 t/kopf jahr
- nur "ein baustoff für die ewigkeit", wenn
 - a) fachkundig verbaut,
 - b) regelmäßig inspiziert u.
 - c) rechtzeitig gewartet/saniert wird
- beispiel straßenbrücken (ca. 40 tsd, >90 % aus beton)
renovierungsbedarf: 15-20 mrd €



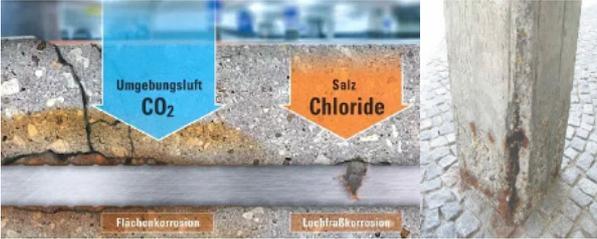
warum/wann muß saniert werden?



- 1.) **carbonatisierung**
verlust der alkalität /depassivierung
- 2.) **rissbildung**
durch wechselnde temperaturen,
feuchte u. mech. belastungen sowie
frost u. korrosion
- 3.) **chlorid (salz) - korrosion**
durch salze aus taumittel,
luft, abgase, abwasser, ...



| Year | C12/15 | C20/25 | C30/37 | C40/50 |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 15 | 10 | 7 | 5 |
| 20 | 22 | 15 | 10 | 6 |
| 30 | 26 | 18 | 12 | 6.5 |
| 40 | 28 | 19 | 13 | 6.8 |
| 50 | 29 | 20 | 13.5 | 7 |



quellen: siw betoninstandsetzung (oben), tiv süd (unten)












vorteile wasserstrahlen



- keine bildung neuer risse durch sanierung
- selektiver betonabtrag (nur loose/gerissene teile)
- auswaschung chloride, sulfate, nitat, ammonium,...
- keine beschädigung bewehrungsstahl - auch bei entfernung von beton unterhalb der bewehrung
- entrostung des bewehrungsstahls
- optimale untergrundvorbereitung / haftung
- kein staub, kein zus. strahlgut – nur wasser
- keine körperschallübertragung

sanierungsverfahren:

- presslufthammer
- betonfräse
- meißel
- sandstrahlen
- abflammen
- wasserstrahlen



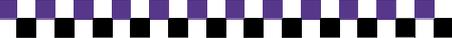












wie wird saniert?

- **oberflächensanierung**
abtrag bis 1. bewehrungslage (max. 2-3 cm)
 - entfernung carbonatisierte/salzhaltige schicht
 - entfernung loose teile, verschmutzung, alte beschichtungen, betonmilch
 - wichtig: gleichmäßiger abtrag, optimaler haftgrund für neubeschichtung

-> rotierende strahlwerkzeuge (mehrere düsen)
- **tiefensanierung (hydrodemolition)**
freilegung bewehrung, abtragstiefe 3-50 cm
 - entfernung carbonatisierter/salzhaltiger beton
 - entfernung gerissener beton
 - entrostung bewehrungsstahl + auswaschung cl
 - verstärkung/reparatur bewehrung

-> oszillierende strahlwerkzeuge (eine düse)

















strahlwerkzeuge

- **handlanze (bis 100 kW)**
 - punktstrahldüsen (bis 1,5 mm)
 - rotierende düsen (bis 60 mm arbeitsbreite)
- **automatisierte verfahren (bis 500 kW)**
 - punktstrahldüsen (bis 4,5 mm)
 - oszillierende düsen (bis 200 mm arbeitsbreite)
 - rotierende düsen (bis 1 000 mm arbeitsbreite)



















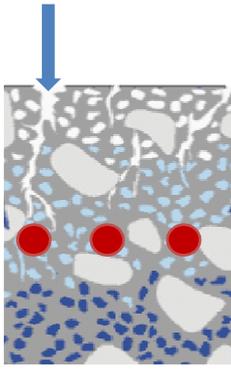


falch® world of water jetting

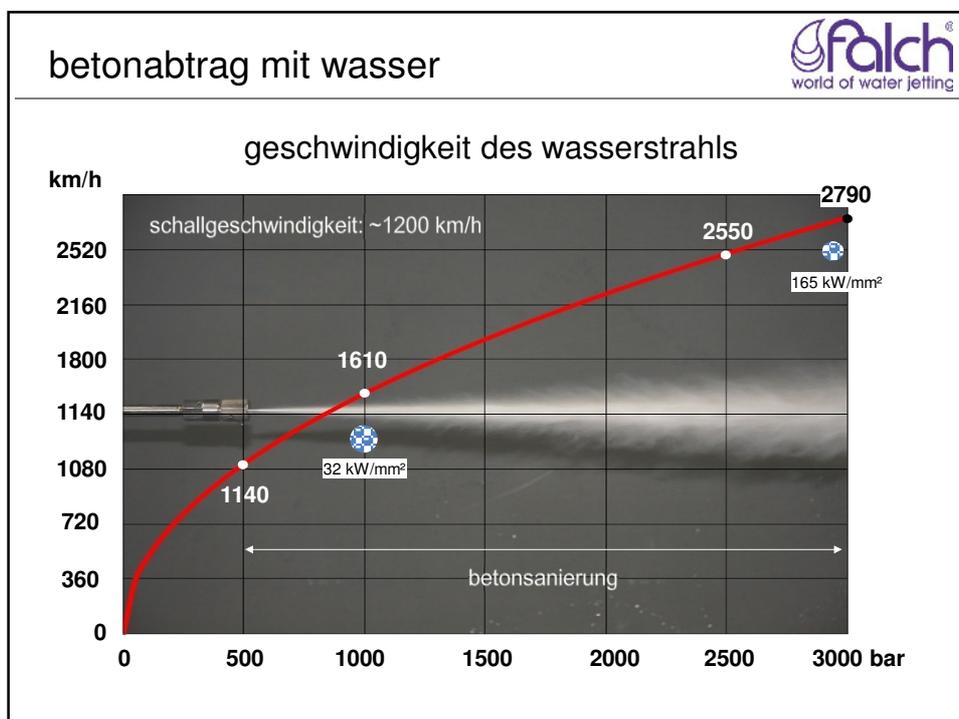
abtragungsgeschwindigkeit

maßgebliche faktoren:

- allgemeiner zustand des betons (exposition, alter)
(rissanzahl & -größe, restdruckfestigkeit)
- menge & lage des bewehrungsstahls / abtragstiefe
(abstand düse – oberfläche, strahlschatten)
- korngroße zuschlag (größtkorn)
- hydraulische leistung
(mehr leistung -> schneller abtrag)
- geschwindigkeit des wasserstrahls
(druck)
- impact = (nutz)leistung / fläche

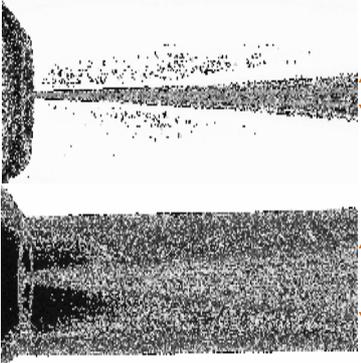





kernstrahlänge (core jet)





wirkung core jet:

- kompakter strahl: kleine aufschlagfläche
wenig energieverlust
großer impact
aggressiver abtrag
- zerwelter strahl: große aufschlagfläche
hoher energieverlust
sanfter abtrag

einflußfaktoren core jet:

- düsengröße/durchfluß:
große düse = langer core-jet
kleine düse = kurzer core-jet
- geometrie/fertigungsqualität (upstream cond.):
viel turbulenzen = kurzer core-jet

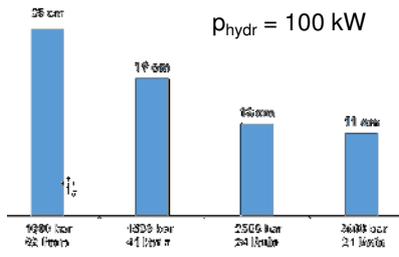





kernstrahlänge (core jet): beispiel

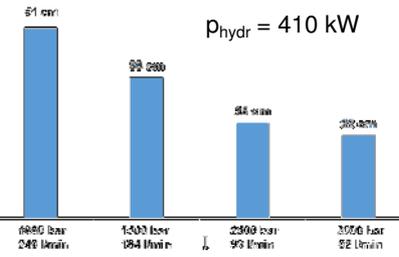


$P_{hydr} = 100 \text{ kW}$



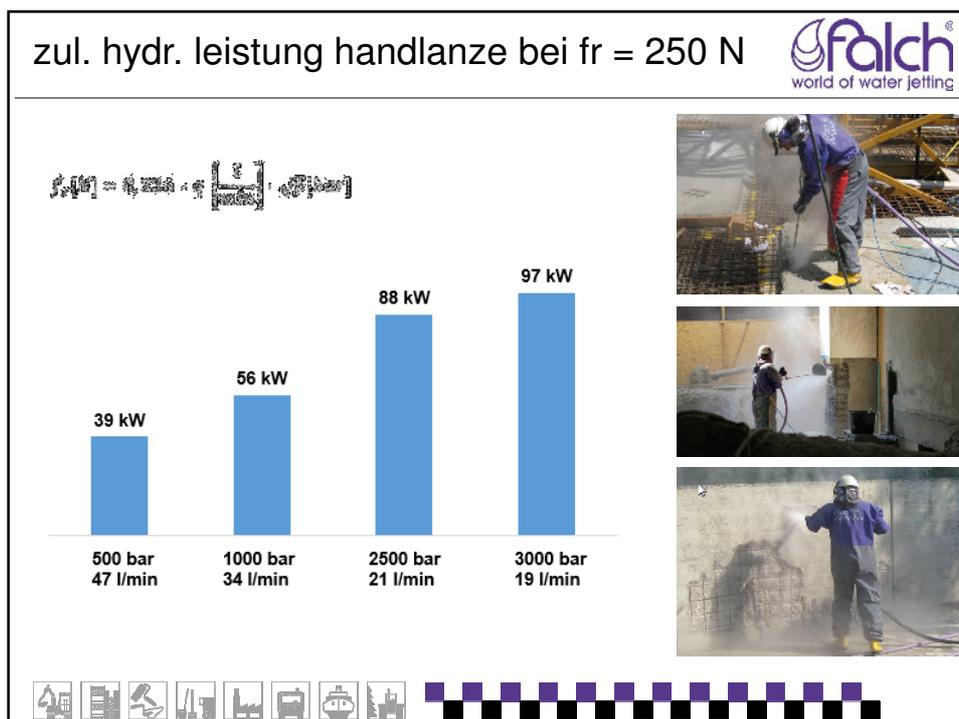
| Druck (bar) | Durchfluß (l/min) | Kernstrahlänge (cm) |
|-------------|-------------------|---------------------|
| 1400 | 62 | 28 |
| 1300 | 41 | 14 |
| 2500 | 24 | 8 |
| 3600 | 21 | 7 |

$P_{hydr} = 410 \text{ kW}$



| Druck (bar) | Durchfluß (l/min) | Kernstrahlänge (cm) |
|-------------|-------------------|---------------------|
| 6000 | 240 | 61 |
| 1500 | 104 | 39 |
| 2300 | 93 | 34 |
| 3500 | 82 | 30 |





das kleine 1 x 1 des wasserstrahlens

falch
world of water jetting

je höher der druck*, desto

- schneller der wasserstrahl
- höher die hydr. energie je düsenfläche
- geringer die rückstoßkraft
- geringer der spez. wasserverbrauch
- **kürzer der core jet**
- **komplexer u. teurer die technik**

je höher die wassermenge*, desto

- länger der core jet
- größer die max. abtragtiefe
- **höher der rückstoß**
- **geringer die hydr. energie je düsenfläche**
- **größer der spez. wasser- u. energiebedarf**

** bei gleicher hydraulischer leistung*

erforderliche komponenten

falch
world of water jetting

- druckerzeuger**
antrieb, pumpe, steuerung,
wasserzuleitung...
- druck(weiter)leitung**
schlauchleitungen, fittings
- werkzeugführung**
person, automatisierungslösung
- druckumwandlung**
strahlwerkzeuge







handlanze

falch
world of water jetting

vorteile

- sehr flexibel
- vergleichsweise geringe anfangsinvestition (100-150 k€)
(inkl. pumpe / zubehör)

nachteile

- sehr schwere arbeit
(anstrengend, laut, nass, schmutzig, gefährlich)
- begrenzte maximaleistung/rückstoßkraft
-> begrenzte abtragungsgeschwindigkeit
- oft ungleichmäßiges arbeitsergebnis
(ermüdung)
- nur leichte strahlwerkzeuge verwendbar
- zugang durch person erforderlich (gerüst)
- hohe gesamtkosten






falch® world of water jetting

automatisierungslösungen

vorteile

- fast beliebig hohe leistung u. rückstoßkraft
- weniger unterbrechungen / ermüdung
- sicherer, oft leiser, immer viel schneller
- zugang durch person / gerüst nicht zwingend
- viel höhere abtragsleistung
- wirtschaftlicher

nachteile

- nicht alle flächen sind automatisierbar
- extreme anforderungen an material & technik
-> höhere anfangsinvestition
- höhere ansprüche ans personal














falch® world of water jetting

schwere abtragsroboter

basisdaten

- gewicht 1,0 - 2,7 t
- max höhe: 5 - 7 m
- meist diesel-hydraulisch
- bis 500 kW pumpenleistung
- überwiegend hydrodemolition, flächenabtrag
- sehr robust
- boden, wand, decke
- kosten 400-600 k€ (inkl. pumpe / zubehör)
zzgl. transportfahrzeug...
















leichte abtragsroboter

falch
world of water jetting

basisdaten

- gewicht 150 – 300 kg
- elektrisch oder elektro-hydraulisch
- bis 250 kW pumpenleistung
- hydrodemolition und flächenabtrag
- extrem flexibel (mannlochfähig, breit, schmal,...)
- boden, wand, decke
- kosten 200-300 k€ (inkl. pumpe / zubehör)




surface rob

falch
world of water jetting






frame rob

daten

- gewicht 150 – 300 kg
- elektrisch
- bis 250 kW pumpenleistung
- hydrodemolition und flächenabtrag
- hoher automatisierungsgrad möglich
- auch schalungs- & gerüstreinigung
- kosten 150-300 k€ (inkl. pumpe / zubehör)





















beam rob

daten

- gewicht 100 – 150 kg
- elektrisch oder pneumatisch
- bis 250 kW pumpenleistung
- „streifenabtrag“, hydrodemolition
- auch schalungs- & gerüstreinigung
- 1 linear-achse
- kosten 100-200 k€ (inkl. pumpe / zubehör)



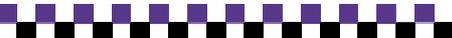













world of water jetting

lift worker beam

daten

- für hebebühnen (bis 45 m arbeitshöhe, zul. erf.)
- gewicht ca. 150 kg
- elektrisch
- bis 250 kW pumpenleistung
- flächenabtrag u. -reinigung, hydrodemolition
- boden, wand, decke
- kosten 150-250 k€
(inkl. pumpe / zubehör)



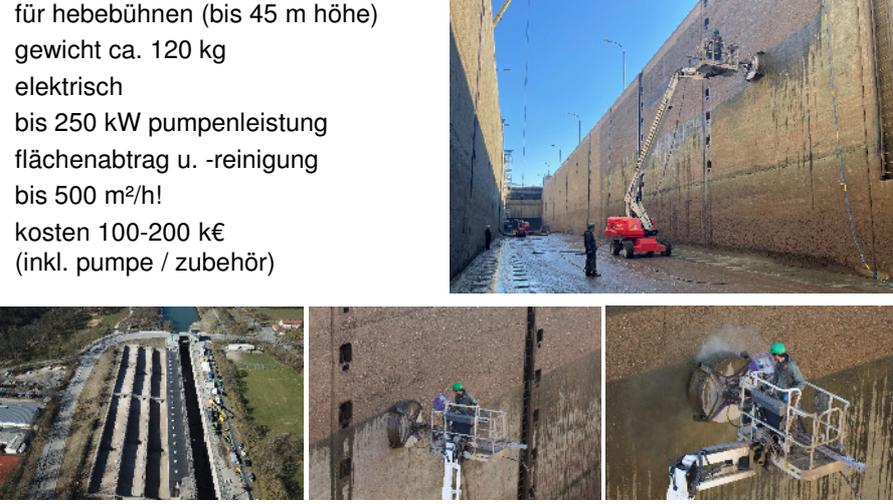


world of water jetting

lift worker / lift worker heli

daten

- für hebebühnen (bis 45 m höhe)
- gewicht ca. 120 kg
- elektrisch
- bis 250 kW pumpenleistung
- flächenabtrag u. -reinigung
- bis 500 m²/h!
- kosten 100-200 k€
(inkl. pumpe / zubehör)




falch
world of water jetting

line worker

daten

- gewicht 150 kg
- elektrisch
- bis 250 kW pumpenleistung
- boden- & sockelbearbeitung
- flächenabtrag u. -reinigung, (hydrodemolition)
- kosten 100 - 200 k€ (inkl. pumpe / zubehör)









falch
world of water jetting

multiworker

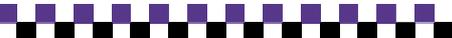
daten

- gewicht 100-150 kg
- elektrisch
- bis 125 kW pumpenleistung
- flächenabtrag, hydrodemolition
- decke, wand, boden, hebebühne
- kosten 100-150 k€ (inkl. pumpe / zubehör)











rohr & kanalroter






daten

- gewicht 40-60 kg
- bis 125 kW pumpenleistung
- kosten 500-750 k€ (inkl. pumpe / zubehör)

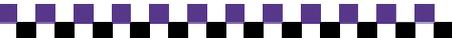





handlanze oder automatisiert?

$$\eta_{total} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_x \dots$$

| wirkungsgrade beim wasserstrahlen antriebsleistung -> nutzleistung | handlanze | | automatisiert |
|---|-----------|------------|---------------|
| | typisch | best case | best case |
| hochdruckpumpe | 85% | 90% | 90% |
| druckführende komponenten (regeleinrichtungen, schläuche, pistole, düsenhalter, düsen, ...) | 80% | 90% | 95% |
| strahlwerkzeug (umsetzung in impact) | 60% | 75% | 95% |
| nutzleistung equipment | 41% | 61% | 81% |
| effizienz strahlvorgang ("double jetting", "stand-off- distance", "einschaltdauer/vollastbetrieb") | 20% | 40% | 90% |
| gesamtwirkungsgrad | 8% | 24% | 73% |

falch
world of water jetting

fazit

- **handlanze**
nur dort sinnvoll, wo
 - automatisierung nicht möglich/verfügbar
 - projektvolumen zu klein
- **automatisierung**
 - meist deutlich schneller, wirtschaftlicher u. sicherer
 - es gibt vielfältige möglichkeiten von teil- bis vollautomatisch
- **ausblick**
 - sanierungsvolumen u. -lösungen werden zunehmen
 - der anteil an handlanzenarbeit wird abnehmen (kosten, arbeitsschutz, personalverfügbarkeit)





falch
world of water jetting



falch gmbh

headquarter
street of water jetting 1
89143 blaubeuren-seissen
germany
www.falch.com