

Hydro Link GmbH
Illmensee

**Weiterentwicklung eines Meißelsystems zur
gesundheitsschonenden und effizienten
Bearbeitung von Stein**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt
gefördert unter AZ 16462 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Anton Link †, Claudia Link
und Dr.-Ing. Klaus Mager

Juli 2004

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	16462	Referat	21/0	Fördersumme	118.364,07 EUR
Antragstitel		Weiterentwicklung eines Meißelsystems zur gesundheitsschonenden und effizienten Bearbeitung von Stein			
Stichworte		Verfahren Arbeitsschutz , Emission , Lärm , Staub			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
44 Monate	11/00	06/04	keine		
Zwischenberichte	halbjährlich				
Bewilligungsempfänger	Hydro Link GmbH			Tel	07558/1208
	Gewerbestr. 11			Fax	07558/776
	88636 Ilmensee			Projektleitung	
				Herr Anton Link †	
			Bearbeiter		
			Frau Claudia Link		
Kooperationspartner					

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Die Bearbeitung von Stein oder steinartigen Materialien, wie z.B. Beton, Putz oder Fliesen, erfolgt mit Meißeln, die in Schlaghämmer eingespannt werden. Konventionelle Meißel mit keilförmiger Schneide besitzen den Nachteil, daß sie aufgrund der Härte des bearbeiteten Materials in kurzer Zeit stumpf werden. Anstatt der beabsichtigten Bearbeitung mit einer geschärften Schneide resultiert ein Zertrümmern mit einem eher flächig angreifenden Meißel, was zu hohen und gesundheitsbelastenden Rückschlagkräften und Vibrationen führt, die Gefahr von Abrutscheffekten birgt und unnötig hohe Lärm- und Staubemissionen freisetzt.

Als wesentliches Entwicklungsziel ist ein Beitrag zur Humanisierung handwerklicher Tätigkeiten bei der Steinbearbeitung anzuführen, indem durch ein neuartiges Meißelsystem die Rückschlagkräfte durch effektiveren Energieeintrag in das Material gesenkt, die Staubemissionen durch stückigeren Materialabtrag reduziert und die Lärmbelastungen durch selbstschärfende Meißelspitzen gemindert werden.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Grundlage zur Realisierung dieser Zielsetzung ist ein Patent für ein neuartiges Meißelsystem, das aus mehreren auswechselbaren Rundschaftmeißeln besteht, die im Werkzeugkopf drehbar gelagert sind. Die Meißel werden über eingelötete Hartmetallspitzen mit dem Steinmaterial punktförmig in Eingriff gebracht. Da die drehbare Lagerung der Meißel im Kopf einen Freiheitsgrad einräumt, schärfen sich die Rundschaftmeißel durch Drehbewegungen beim Arbeiten selbständig nach.

In dem Entwicklungsvorhaben sollte das neuartige Meißelsystem im Hinblick auf Festigkeit, Funktionalität und Anwendungsbereiche weiterentwickelt werden. Dazu sollten neue Konzepte entwickelt, Fertigungsverfahren untersucht und (teil-)automatisierte Anwendungen erschlossen werden. Das neuartige Meißelsystem sollte in drei Produktklassen entwickelt werden: Für den professionellen Bereich handgeführter Werkzeuge mit Schlaghämmern über 5,5 kg (Profi-Version), in größerer Ausführung (Maxi-Version) für den Einsatz mit Frontladern oder Minibaggern im (Groß-)Baustellenbereich und schließlich als kleineres Meißelsystem für den Hobby- und Heimwerkerbereich (Mini-Version), um den großen Markt privater Sanierungstätigkeiten zu erschließen. Für alle drei Produktklassen sollten zufriedenstellende Lösungen für eine hochfeste Verbindung zwischen Werkzeugkopf und -schaft als auch eine zugleich hochbelastbare wie flexible Halterung der Meißel gefunden werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Entwicklungsarbeiten wichen insofern von der einleitend angeführten Arbeitsplanung ab, als dass hauptsächlich die Profi-Version für den Einsatz mit handgeführten Werkzeugen entwickelt und optimiert wurde. Ursachen waren der tragische Unfalltod des Projektleiters, eventuellen Patentverletzungen im Bereich der Maxi-Version, Schwierigkeiten beim Erwerb neuer qualifizierter Mitarbeiter sowie der schleppende Verlauf der Markteinführung der Profi-Version.

Dennoch ist im Ergebnis ein ausgereiftes Werkzeug für den professionellen Arbeitsbereich entstanden, mit dem die Produktivität gegenüber konventionellen Meißeln je nach Anwendungsgebiet um 50% und mehr gesteigert werden kann. In einer Arbeitsplatz-Vibrationsanalyse wurde nachgewiesen, dass das neuartige Meißelsystem gegenüber konventionellen Meißeln, die mit Schlaghämmern betrieben werden, die Vibrationsbelastung des Hand-Arm-Systems um über 50 % senkt. Der Schallpegel der Geräuschimmissionen am Arbeitsplatz kann je nach Anwendung mehr als halbiert werden. Die Staubbelastung sinkt ebenfalls nachweislich.

Im Gegensatz zu Breitmeißeln dringt das neuartige Werkzeug genau an der Stelle in das Material ein, wo es angesetzt wird. Es rutscht nicht ab und kann viel leichter geführt werden. Ein sicheres und ermüdungsfreieres Arbeiten wird möglich. Im Vergleich zu Flachmeißeln erzielt die „Kralle“ z.B. beim Putzabbau und beim Abstocken eine bessere Wiederaufbaufläche, die bei konventionellen Meißeln erst in einem weiteren Arbeitsgang hergestellt werden könnte.

Als wichtiges Vorhabensergebnis ist auch die Fertigungstechnik für das neuartige Meißelsystem anzuführen, die als innovativen Verfahrensschritt eine spezielle Form des Reibschweißens der Kopf-Schaft-Verbindung vorsieht und dadurch eine adäquate Festigkeit erzielt.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Zielgruppe des neuartigen Meißelsystems sind Bauunternehmen aller Art. Zur Verbreitung der Projektergebnisse wurden folgende Maßnahmen unternommen:

- Einbindung der Zielgruppe durch Weitergabe von Prototypen des neuartigen Meißelsystems an Pilotkunden mit der Auflage, dass Rückkopplungen aus der praktischen Anwendung geliefert wurden, die zum Ausmerzen von „Kinderkrankheiten“ und für die Optimierung des Meißelsystems genutzt wurden.
- Einrichtung einer Internet-Seite unter <http://hydro-link.de/>
- Direktansprache einer Vielzahl von Bauunternehmen, Handwerkern und anderen potentiellen Kunden mit einem Informationsblatt zur Meißelkralle.
- Präsentationen auf der BAUMA-Messe 2001 in München, auf einer Messe für Industriebödensanierung in Feuchtwangen und auf dem Gewerbetag am 15.09.01 in Illmensee.

Fazit

Gegenüber dem Einsatz konventioneller Meißel mit Schlaghämmern hatten die Entwicklungsarbeiten das Ziel, die Rückschlagkräfte durch einen effektiveren Energieeintrag in das Material zu senken, die Staubemissionen durch stückigeren Materialabtrag zu reduzieren und die Lärmbelastungen durch selbstschärfende Meißelspitzen zu mindern. Diese Ziele wurden in bemerkenswertem Umfang erreicht. Das Prinzip der drehbaren Meißellagerung für die Steinbearbeitung mit manuell geführten Werkzeugen hat sich bewährt.

Obwohl das neuartige Meißelsystem eine Vielzahl (umwelt-)technischer und arbeitsphysiologischer Vorteile besitzt, die nicht von der Hand zu weisen sind, und trotz einer konkurrenzfähigen Preisgestaltung verläuft die Vermarktung bisher sehr schleppend. Daher ist als Erfahrung aus dem Projekt festzuhalten, dass es für ein mittelständisches Unternehmen sehr schwierig ist, eine solche Neuentwicklung am Markt einzuführen und erfolgreich zu verkaufen. Wenn kein eigenes Vertriebsnetz und kein Markenname wie bei einer großen Firma vorhanden sind, fehlt das Vertrauen der Kunden, und es kann auch durch noch so viele Produktvorteile kaum gewonnen werden. Weitere erhebliche Schwierigkeiten haben wir mit der Überwachung bzw. Ausübung des Patentschutzes, insbesondere für die Maxi-Version.

Als künftig für nötig erachtete Arbeiten, die derzeit aufgrund des schleppenden Verlaufs der Vermarktung der Profi-Version aufgeschoben werden, sehen wir die Weiterentwicklung des Meißelsystems für den Heimwerkerbereich (Mini-Version) und den Bereich der mechanisierten Werkzeugführung (Maxi-Bereich). Auch für diese Bereiche sind mit dem neuartigen Meißelprinzip wesentliche Produktivitätssteigerungen sowie erhebliche Lärm- und Staubbinderungen zu erwarten.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Bilder, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen	1
Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	2
1 Zusammenfassung	3
2 Einleitung	4
3 Hauptteil.....	8
3.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte sowie der angewandten Methoden...	9
3.2 Darstellung der erzielten Ergebnisse.....	15
3.3 Diskussion der Ergebnisse.....	16
3.4 Ausführliche ökologische, technologische und ökonomische Bewertung der Vorhabensergebnisse	17
3.4.1 Ökologische Bewertung.....	17
3.4.2 Technologische Bewertung.....	19
3.4.3 Ökonomische Bewertung.....	22
3.5 Darlegung der Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse	23
4 Fazit.....	25
Literaturverzeichnis.....	26
Anhang	26

Verzeichnis der Bilder, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

Abbildung 1: Schematische Darstellung des neuartigen Meißelsystems „Kralle“	9
Abbildung 8: Meißelkralle mit austauschbaren Spitzen.....	11
Abbildung 2: Muster der Meißelkralle mit gesenkgeschmiedetem Kopf und reibgeschweißter Kopf-Schaft-Verbindung	13
Abbildung 3: Versuchsstand für Dauertests der Meißelkralle auf Granit.....	14
Abbildung 4: Darstellung der Fertigungsschritte für Kopf und Schaft der Kralle	16
Abbildung 5: Putzabbau mit konventionellem Breitmeißel (Spatmeißel).....	20
Abbildung 6: Putzabbau mit neuartigem Meißelsystem „Kralle“	20
Abbildung 7: Einfräsen eines 1 m langen Schlitzes mit 3 cm Tiefe und 3 cm Breite in eine Ziegelwand mit der Meißelkralle.....	21
Abbildung 8: Naturstein-/Granitbearbeitung mit der Meißelkralle.....	21
Abbildung 8: Maxi-Version der Meißelkralle für den Einsatz an Mini-Baggern zur Bodensanierung.....	24
Tabelle 1: Produktivitätsvorteile des neuartigen Meißelsystems „Kralle“	15

Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

a_{hw}	Bewertete Beschleunigung
BG	Berufsgenossenschaft
d	Tag
dB	Dezibel (logarithmisches Maß der relativen Lautstärke)
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DIN	Deutsche Industrie Norm
EN	Europäische Norm
FuE	Forschung und Entwicklung
g	Erdbeschleunigung in $[m/s^2]$
h	Stunde
I	Schichtindex zur Bewertung von Staubkonzentrationen
ISO	Internationale Standard Organisation
KI-Wert	Vibrationseinwirkdosis
K_r	Beurteilungsschwingstärke
Kralle	Neuartiges Meißelsystem, bestehend aus einem Schaft mit einem plattenförmigen Werkzeugkopf, der mehrere drehbar gelagerte Meißel mit eingelöteten Hartmetallspitzen trägt.
min	Minute
mg	Milligramm
μm	Mikrometer (10^{-6} Meter)
s	Sekunde
TÜV	Technischer Überwachungsverein

1 Zusammenfassung

Die Bearbeitung von Stein oder steinartigen Materialien, wie z.B. Beton, Putz oder Fliesen, erfolgt mit Meißeln, die in elektrische, pneumatische oder hydraulische Schlaghämmer eingespannt werden. Konventionelle Meißel gemäß dem Stand der Technik sind Stahlwerkzeuge mit gehärteter, keilförmiger Schneide und einer ungehärteten Schlagfläche. Es gibt Meißel in unterschiedlicher Größe und Ausführung, wie z.B. Spitzmeißel, Flachmeißel, Fugenmeißel, Fliesenmeißel usw.

Konventionelle Meißel besitzen den Nachteil, dass sie aufgrund der Härte des bearbeiteten Materials in kurzer Zeit stumpf werden. Anstatt der beabsichtigten Bearbeitung mit einer geschärften Schneide resultiert ein Zertrümmern mit einem eher flächig angreifenden Meißel, was zu hohen Rückschlagkräften und Vibrationen führt, die Gefahr von Abrutscheffekten birgt und unnötig hohe Lärm- und Staubemissionen freisetzt. Im Sinne der Gesundheit der betroffenen Arbeiter ist es wünschenswert, Schlag-, Staub- und Lärmbelastungen durch effizientere und ergonomischere Werkzeuge zu reduzieren. Dies war die Zielsetzung des Entwicklungsvorhabens der Firma Hydro Link GmbH aus Illmensee.

Die Grundlage zur Realisierung dieser Zielsetzung war ein Patent für ein neuartiges Meißelsystem, das aus mehreren auswechselbaren Rundschaftmeißeln besteht, die im Werkzeugkopf drehbar gelagert sind. Die Meißel werden über eingelötete Hartmetallspitzen mit dem Steinmaterial punktförmig in Eingriff gebracht. Da die drehbare Lagerung der Meißel im Kopf einen Freiheitsgrad einräumt, schärfen sich die Rundschaftmeißel durch Drehbewegungen beim Arbeiten selbständig nach.

Gegenüber konventionellen Meißeln besitzt das neuartige Meißelsystem bei der Steinbearbeitung eine ganze Reihe von Vorteilen: Durch die punktförmige Übertragung der Schlagenergie auf eine oder mehrere Meißelspitzen, die sich während der Bearbeitung nachschärfen, wirkt das neuartige Werkzeug viel aggressiver auf das Material ein, als schnell stumpf werdende und damit flächig angreifende Meißel. Dieser effizientere Energieeintrag in das Material senkt einerseits Rückschlagkräfte, Staubemissionen und Lärmbelastungen und steigert andererseits die Produktivität je nach Anwendung um 50% und mehr.

In dem Entwicklungsvorhaben wurde das neuartige Meißelsystem im Hinblick auf Festigkeit, Funktionalität und Anwendungsbereiche weiter entwickelt. Dazu sollten neue Konzepte entwickelt, Fertigungsverfahren untersucht und (teil-)automatisierte Anwendungen erschlossen werden. Im Ergebnis ist ein ausgereiftes Werkzeug für den professionellen Arbeitsbereich entstanden, das zur Humanisierung der Arbeitswelt beiträgt.

In einer Arbeitsplatz-Vibrationsanalyse wurde nachgewiesen, dass das neuartige Meißelsystem gegenüber konventionellen Meißeln, die mit Schlaghämmern betrieben werden, die Vibrationsbelastung des Hand-Arm-Systems um über 50 % senkt. Der Schallpegel der Geräuschmissionen am Arbeitsplatz kann je nach Anwendung mehr als halbiert werden. Die Staubbelastung sinkt ebenfalls nachweislich.

Das Entwicklungsvorhaben wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Aktenzeichen 16462, gefördert.

2 Einleitung

In den handwerklichen Berufen gehört die Bearbeitung von Stein mit zu den - im wörtlichen wie im übertragenen Sinne - härtesten Aufgaben (Stichwort „Knochenarbeit“). Dies gilt besonders für den Einsatz von handgeführten Meißeln. Zu nennen sind z.B. Flach- und Spitzmeißel, die in elektrische Schlaghämmer oder Pressluftschlämmer eingespannt werden und zur Teilung oder zum Abtrag von Stein oder Beton eingesetzt werden. Eine wichtige Anwendung solcher Meißel betrifft die Bearbeitung oder den Abbau von hochfesten bzw. festhaftenden Boden- oder Wandbeschichtungen auf Beton- oder Ziegeluntergründen in Industriebauten.

Die Härte des Materials bedingt, dass mit konventionellen Werkzeugen beträchtlicher Staub und Lärm freigesetzt wird, sowie dass erhebliche Rückwirkungen von Schlagwerkzeugen auf Muskulatur, Bindegewebe, Gelenke und Skelett des Bedienpersonals hinzunehmen sind. Dies gilt gleichermaßen für die Bearbeitung von Naturstein, z.B. bei der Anfertigung von Grabsteinen durch Steinmetze, wie für die Bearbeitung von Baumaterialien, z.B. beim Fräsen von Kabelkanälen oder beim Abtragen sanierungsbedürftiger Industriefußböden durch Baufachkräfte. Die genannten Belastungen verschärfen sich, wenn die Werkzeuge stumpf werden, was aufgrund der Härte des Materials meist schon nach sehr kurzer Zeit der Fall ist.

Im Sinne der Gesundheit der betroffenen Arbeiter ist es wünschenswert, Schlag-, Staub- und Lärmbelastungen durch effizientere und ergonomischere Werkzeuge zu reduzieren. Diesem Ziel hatte sich die Firma Hydro Link GmbH aus Illmensee verschrieben, die sich in ihrem angestammten Geschäftsfeld mit der Herstellung und dem Vertrieb von hydraulischen und pneumatischen Steuerelementen beschäftigt. Aus einem patentierten Werkzeugprinzip sollte ein neuartiges, gesundheitschonendes und effizientes Meißelsystem entwickelt werden.

Konventionelle Meißel gemäß dem Stand der Technik sind Stahlwerkzeuge mit gehärteter, keilförmiger Schneide und einer ungehärteten Schlagfläche. Es gibt Meißel in unterschiedlicher Größe und Ausführung, wie z.B. Spitzmeißel, Flachmeißel, Fugenmeißel, Fliesenmeißel usw. Im professionellen Einsatz werden Meißel von elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Schlaghämmern angetrieben. Die Maschinen verfügen über die mehrnutzige Spannvorrichtung SDS-MAX zum werkzeuglosen Meißelwechsel mit Verriegelungsautomatik. Namhafte Hersteller solcher Werkzeuge sind beispielsweise Bosch, Hilti oder Hawera.

Der tägliche Gebrauch von hammergetriebenen Meißeln zeigt, dass selbst frisch geschliffene Meißel aufgrund der Härte des zu bearbeitenden Steinmaterials nach kurzer Zeit stumpf werden. Dann geht die eigentlich als Schneiden beabsichtigte Einwirkung eher ein Klopfen des Steinmaterials über, wenn z.B. ein stumpfer Flachmeißel nicht mehr auf einer Schneide, sondern flächig aufsetzt. Die Nachteile konventioneller Meißel können wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Arbeiter ist in keiner Weise gegen Rückschläge des Werkzeuges geschützt, da Hammer, Meißel und Werkstück eine starre Verbindung bilden. Zugleich ist die starre Einspannung die Ursache für das Stumpfwerden der Meißel.
- Je schlechter der Meißel in das Material eindringt, desto größer sind die Rückschlagkräfte auf den Arbeiter. Im ungünstigsten Fall des Abprallens (elastischer Stoß) erfährt der Arbeiter gemäß dem Impulserhaltungssatz den

vollen Hammerschlag als Rückstoß. Die Folge sind akute Erkrankungen, wie Entzündungen der Gelenkschleimbeutel, oder sich über die Zeit bildende Berufskrankheiten aufgrund von Gelenkverschleiß oder Bandscheibenschäden. Speziell im Steinmetzberuf ist die sogenannte Weißfingerkrankheit zu nennen, die durch Vibrationen hervorgerufen wird und ein bleibendes Kältegefühl im Handbereich verursacht.

- Die Arbeit mit konventionellen Breitmeißeln zeigt, dass gerade stumpfe Werkzeuge häufig vom Material abrutschen. Durch das erhebliche Gewicht von Schlaghämmern von bis zu 12 kg, das über einen ganzen Arbeitstag hinweg geführt und wegen Abrutscheffekten immer wieder zurückgeführt und neu angesetzt werden muss, resultiert eine schwere körperliche Belastung des Bearbeiters. Abrutscheffekte des Meißels und Ermüdung des Arbeiters bergen Verletzungsrisiken.
- Abrutscheffekte durch stumpfe Meißel dämpfen die Motivation des Arbeiters und senken die Produktivität. Das Nachschärfen wird häufig als lästig empfunden und vernachlässigt.
- Bei der Bearbeitung mit stumpfen Meißeln wird das Steinmaterial zertrümmert, so dass erhebliche Staubemissionen entstehen.
- Da mit stumpfen Meißeln der Stein weniger geschnitten und mehr geklopft wird, resultieren beträchtliche Lärmemissionen zu Lasten von Bearbeiter und Umwelt.

Angesichts dieser enormen Nachteile konventioneller Meißel bestand als wesentliches Entwicklungsziel ein gesundheitsschonendes und effizientes Meißelsystem, das zur Humanisierung handwerklicher Tätigkeiten bei der Steinbearbeitung beiträgt. Gegenüber dem Einsatz konventioneller Meißel mit Schlaghämmern sollten die Rückschlagkräfte durch einen effektiveren Energieeintrag in das Material gesenkt, die Staubemissionen durch stückigeren Materialabtrag reduziert und die Lärmbelastungen durch selbstschärfende Meißelspitzen gemindert werden.

Die Grundidee für das vorliegende Entwicklungsprojekt wurde aus der täglichen Praxis der Steinbearbeitung mit Meißel und Schlaghammer geboren. Der Erfinder war den Nachteilen der konventionellen Werkzeuge überdrüssig, wobei ihn vor allem störte, dass konventionelle Meißel im ungünstigsten Fall nach nur 10 Bearbeitungssekunden auf hartem Material, wie z.B. Beton, stumpf werden, auch wenn sie nach Vorschrift schräg und nicht senkrecht angesetzt werden. Häufiges Nachschleifen ist erforderlich, das aufgrund der schweren Werkzeuge und der Arbeitsverzögerung als sehr lästig empfunden wird.

Aus dem Bereich des Straßenbaus war bekannt, dass Fräswalzen und sonstige Asphaltmaschinen mit sogenannten Rundschaftmeißeln in schwerer Ausführung ausgerüstet werden und dass diese Meißel mit Spiel ausgestattet bzw. drehbar gelagert sind. Dieses Prinzip der drehbaren Meißellagerung sollte auf die Steinbearbeitung mit manuell geführten Werkzeugen übertragen werden. Es entstand ein Schaft mit einem plattenförmigen Werkzeugkopf, der mehrere drehbar gelagerte Meißel mit eingelöteten Hartmetallspitzen trägt. Dieses neuartige Meißelsystem wurde in Anbetracht seiner Form und Wirkung mit der internen Bezeichnung „Kralle“ belegt.

Für die Erfindung bestehen unter der Nummer EP 0596065 B1 das Europapatent „Werkzeug und Verfahren zum Abbau von Boden- und Wandbeschichtungen“ und unter der Nummer US.PAT. 5.632.527 ein Patent für den amerikanischen Markt.

Das neuartige Meißelsystem sollte für drei Produktklassen entwickelt werden. Zunächst sollte der professionelle Bereich handgeführter Werkzeuge mit Schlaghämmern über 5,5 kg angegangen werden (Profi-Version). Ein zweiter Bereich betraf die Entwicklung des Meißelsystems in größerer Ausführung (Maxi-Version) für den Einsatz mit Frontladern oder Minibaggern im (Groß-)Baustellenbereich. Schließlich bestand die Zielsetzung, ein kleineres Meißelsystem für den Hobby- und Heimwerkerbereich zu entwickeln (Mini-Version), um den großen Markt privater Sanierungstätigkeiten zu erschließen

Als technische Zielsetzung bestand die Bewältigung von Problemen mit Festigkeit und Funktionalität, dass sowohl eine zufriedenstellende Lösung für die Verbindung zwischen Werkzeugkopf und -schaft als auch eine zugleich hochbelastbare wie flexible Halterung der Meißel gefunden wurde. Als wichtige Zielsetzung für die Umsetzung der Vorhabensergebnisse in die betriebliche Praxis mittelständischer Bauunternehmen wurde ein Produktivitätsgewinn mit dem neuartigen Meißelsystem von ca. 50% anvisiert.

Zur Erreichung der Ziele wurde folgender Arbeitsplan vorgesehen (AS Arbeitsschritt):

AS 1: Entwicklungsplanung

Planung von Ablauf und Inhalt des Vorhabens; Detaillierung der Aufgabenstellungen der Projektarbeit; Erstellung eines Anforderungsprofils.

AS 2: Entwurf und Konstruktion des Meißelsystems in drei Versionen

Das Meißelsystem, bestehend aus Kopf, Schaft, Meißeln und Meißelsicherung, sollte für die Bereiche

1. Profi-Version für den Einsatz mit handgeführten Werkzeugen
2. Maxi-Version für den Einsatz auf Rüttlern oder Frontladern
3. Mini-Version für Heimwerker

entworfen und konstruiert werden (CAD-Arbeiten teilweise im Unterauftrag). Die Profi-Version sollte in mehreren Formen und für den Einsatz mit pneumatischen und hydraulischen Hämmern weiterentwickelt werden. Für die Anwendung mit Minibaggern waren Werkzeuggrößen von 500 mm Breite und mit bis zu 20 Meißeln geplant. Schließlich waren Anforderungen an das Meißelsystem aus dem Heimwerkerbereich zu erfassen und konstruktiv umzusetzen.

AS 3: Entwicklung der Fertigungstechnik

Die Fertigungstechnik für die Komponenten des Meißelsystems sollten entwickelt werden. Zu untersuchen war sowohl eine getrennte Fertigung von Werkzeugkopf und -schaft, z.B. durch Brennschneiden oder Schmieden, und Zusammenfügen durch Reibschweißen, als auch die Fertigung von Kopf und Schaft aus einem Stück. Beim anschließenden Härten war die Einhaltung der geringen zulässigen Fertigungstoleranzen zu berücksichtigen.

AS 4: Anfertigung und Montage von Prototypen

Für hausinterne Versuche wurden einzelne Prototypen und für spätere Feldtests bei Pilotkunden Kleinserien hergestellt und montiert. Fertigungsschritte wie z.B. Reibschweißen, Schmieden oder Härten, sollten im Auftrag vergeben werden.

AS 5: Hausinterne Tests und Feldversuche bei Pilotkunden

Mit den Prototypen sollten zunächst hausinterne Tests in Form von Dauerbelastungen gefahren werden. Dazu waren Versuchsstände aufzubauen und Schlagmaschinen zu beschaffen. Weiterhin wurden in Feldversuchen kundenspezifische Einsätze gefahren, die möglichst vielseitige Belastungsfälle abdeckten. Durch Rückmeldungen von Pilotkunden sollte vermieden werden, dass das Meißelsystem am Bedarf vorbei entwickelt wurde.

AS 6: Optimierung der Kopf-Schaft-Verbindung

Die Versuchsergebnisse und Rückmeldungen von Kunden waren auszuwerten und in konstruktive und fertigungstechnische Schlussfolgerungen umzusetzen. Dazu sollten mit den Kopf-Schaft-Verbindungen belasteter Werkzeuge auch Gefügeuntersuchungen angestellt werden.

AS 7: Optimierung des Meißel-Sicherungssystems

In Dauertests und kundenspezifischen Anwendungen sollte sich zeigen, welche Konzepte sich zur Meißelsicherung bewährten bzw. wo Verklemmungen oder mangelhafte Lagerungen auftraten. Die Halterung der Meißel im Werkzeugkopf muss zum einen wegen schwingender Schlagbelastung hochfest und zum anderen flexibel ausgeführt sein, um ein Auswechseln der Meißel zu ermöglichen. Dazu sollten Rastmechanismen mit verstärkten Sicherungsblechen optimiert werden, die geringen Verschleiß aufweisen.

AS 8: Anpassung der Werkzeugaufnahme

Der Schaft des Meißelsystems war an verschiedene Aufnahmesysteme von Schlagmaschinen anzupassen. Nicht alle diese Systeme sind auch für das neuartige Meißelwerkzeug geeignet, da z.B. Schraubverbindungen überanspruchert würden.

AS 9: Optimierung und Weiterentwicklung von Meißelspitzen

Um die Universalität des Werkzeuges umfassend zu nutzen, sollten die Meißelspitzen austauschbar sein. Je nach Material des Werkstückes und Anwendung waren geeignete Spitzen zu entwickeln bzw. in Form und Material zu variieren und in Versuchen zu optimieren.

AS 10: Entwicklung von Führungen und Wagen

Für Anwendungen im Profibereich sollten spezielle Wagen mit Führungen entwickelt werden, die eine teilweise automatisierte und staubfreie Sanierung, z.B. von Böden in Produktionshallen, ermöglichen. Zur weiteren Humanisierung von Sanierungsarbeiten sollten die Führungsvorrichtungen mit Halterungen für Staubabsaugungen versehen werden.

AS 11: Ergebnisverbreitung und Vorhabensabschluss

Zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse waren die Erstellung einer Internetseite sowie die Direktansprache von Kunden vorgesehen. Ggf. sollte ein Videofilm mit animierter Darstellung der Vorteile des Meißelsystems erstellt werden.

3 Hauptteil

Die Entwicklungsarbeiten wichen insofern von der einleitend angeführten Arbeitsplanung ab, als dass hauptsächlich die Profi-Version für den Einsatz mit handgeführten Werkzeugen entwickelt und optimiert wurde. Dagegen wurden für die Maxi-Version für Minibagger und die Mini-Version für Heimwerker kaum Entwicklungsarbeiten unternommen. Diese Abweichung begründet sich wie folgt:

- Bei einem tragischen Verkehrsunfall am 14.11.2002 ist der Projektleiter und Geschäftsführer der Hydro Link GmbH, Herr Anton Link, tödlich verunglückt. Bei dem Unfall kam ebenfalls Herr Nicola Selvitella ums Leben, der einen Teil der Konstruktionsaufgaben für das Projekt in freiberuflicher Tätigkeit ausgeführt hatte.
- Hinsichtlich der Entwicklung der Maxi-Version wurden uns Aktivitäten anderer Firmen bekannt, die auf eine Verletzung des der Hydro Link GmbH erteilten Patentes hindeuten. Zudem wurde herausgefunden, dass von einer italienischen Firma ein Prototyp eines ganz ähnlichen Werkzeuges mit Informationen eines deutschen Mittelmannes angefertigt wurde. Daraufhin hat die Hydro Link GmbH ihren Patentanwalt und dessen Verbindungsbüro in Italien beauftragt, die Firma auf das bestehende Patent und die Interessenlage hinzuweisen. In einem Antwortschreiben hat die Firma die Patentlage anerkannt und ihr Interesse an einer Zusammenarbeit mit der Hydro Link GmbH bekundet.
Bei einem Besuch konnten wir uns ein Bild von dem Werkzeug machen, das ca. 500 mm breit ist und bei einem Gewicht von ca. 85 kg über 6 Spitzen verfügt, die von Tunnelfräsen entlehnt wurden. Eine Zusammenarbeit zur Weiterentwicklung und Verbesserung des Werkzeuges hat sich jedoch bisher nicht ergeben. Die Hydro Link GmbH ist derzeit damit beschäftigt, eventuellen Patentverletzungen in Deutschland nachzugehen.
- Die Vorhabenslaufzeit hat sich verlängert, da unsere intensive Suche nach einem weiteren qualifizierten Mitarbeiter leider erfolglos blieb. Zeitweise wurden allein im Industriegebiet Illmensee ca. 100 Fachkräfte (Werkzeugmacher, Techniker) gesucht. Viele Fachkräfte werden von den großen Firmen in Friedrichshafen abgezogen, die ein höheres Lohnniveau bieten können.
- Die Entwicklung der Mini-Version hatten wir von einer erfolgreichen Markteinführung der Profi-Version abhängig gemacht. Da trotz der unbestrittenen Vorteile des Werkzeuges bis heute keine breite Markteinführung gelungen ist, war uns das unternehmerische Risiko der Entwicklung dieser Kleinversion bisher zu hoch.

3.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte sowie der angewandten Methoden

3.1.1 Lösungsweg zur Erreichung der Projektziele

Um die eingangs geschilderten Nachteile konventioneller Meißel zu überkommen, bestand der Lösungsansatz eines neuartigen Meißelsystems mit drehbar gelagerten Meißelspitzen. Dieser Lösungsansatz sollte entwickelt und in Richtung hoher Festigkeit, Anwendungsvielseitigkeit und Umwelt- bzw. Gesundheitsfreundlichkeit optimiert werden. In Abbildung 1 ist das neuartige Meißelsystem mit der internen Bezeichnung „Kralle“ schematisch dargestellt. Diese Darstellung entspricht der Version für den professionellen Einsatz mit manuell geführten Schlaghämmern.

An einem einspannbaren Schaft ist ein plattenförmiger Werkzeugkopf befestigt, der mehrere auswechselbare und drehbar gelagerte Meißel, sogenannte Rundschachtmeißel, mit eingelöteten Hartmetallspitzen trägt. Bei der Bearbeitung können wahlweise alle oder nur ein Meißel mit dem Material in Eingriff gebracht werden, wobei der Ansatz entweder schräg oder senkrecht erfolgen kann. Damit eignet sich das Meißelsystem sowohl für die Profilerstellung (z.B. Kabelkanal), für Aussparungen, wie auch für die flächige Bearbeitung (z.B. Putzabbau). Diese verschiedenen Anwendungen verdeutlichen die Universalität des Werkzeuges, da ansonsten sowohl Flach-, Löffel- als auch Spitzmeißel erforderlich wären.

Das wichtigste Element des neuartigen Werkzeuges ist die drehbare Lagerung der einzelnen Meißel. Zwischen Schlaghammer, Werkzeug und Werkstück besteht keine starre Verbindung mehr. Denn in Versuchen hat sich gezeigt, dass starr fixierten Meißelspitzen dasselbe Schicksal widerfährt, wie konventionellen Meißeln, nämlich dass sie in kurzer Zeit stumpf und unbrauchbar sind oder gar abbrechen. Erst durch einen rotatorischen Freiheitsgrad der Meißelspitzen, der durch Erschütterungen bei der Materialbearbeitung in Form von Drehbewegungen ausgenutzt wird, können eine Zerstörung vermieden und sogar ein Effekt der Selbstnachschräpfung erzielt werden.

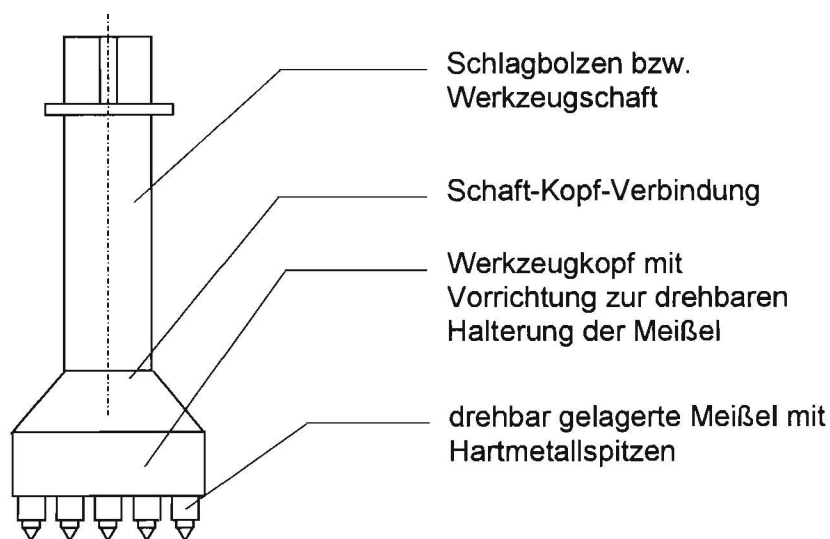


Abbildung 1: Schematische Darstellung des neuartigen Meißelsystems „Kralle“.

3.1.2 Umsetzung Lösungskonzept

Als wichtige Aufgabe zu Beginn des Entwicklungsprojektes wurde die Entwicklung einer hochfesten Kopf-Schaft-Verbindung für das Meißelsystem angesehen. Denn beim Einsatz des Meißelsystems in elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Schlaghämmern sind das Werkzeug und insbesondere die Verbindungsstelle extremen Belastungen ausgesetzt. Gegenüber einem aus dem Vollen gearbeiteten Werkzeug besitzt die getrennte Fertigung von Werkzeugkopf und -schaft die Vorteile, dass der Schaft separat an eine Vielzahl bestehender Aufnahmesysteme von Schlaghämmern angepasst werden kann und dass für Kopf und Schaft Halbzeuge in passender Größe verwendet werden können.

Bei ersten Versuchsmustern der Meißelkralle traten aufgrund der enormen Belastung bei der Steinbearbeitung mit Schlaghämmern Verformungen und Brüche der Verbindung zwischen Werkzeugkopf und -schaft auf. Um den hohen Festigkeitsansprüchen gerecht zu werden, sollte die Verbindung durch Untersuchung verschiedener Fertigungsverfahren und Materialien verbessert werden:

- Fertigung von Kopf und Schaft aus einem Stück.
- Reibschweißen des Kopf-Schaft-Übergangs. Diese Art der Werkstoffverbindung wird beispielsweise im Kfz-Bereich angewandt, um die Verbindung von Radteller und Steckachse hochfest auszuführen.
- Schmieden, wie z.B. Flachschiemen im Gesenk.
- Variation von Materialien und verbesserte Härtungstechnik.

Zunächst wurde versucht, das gesamte Werkzeug durch Drehen, dann durch Fräsen, aus einem Stück zu fertigen. Unter dem Gesichtspunkt der Festigkeit wäre keine bessere Ausführung denkbar gewesen, jedoch würden von dem Rohmaterial aus hochwertigem Werkzeugstahl nur ca. 20 % genutzt.

Als aussichtsreichste Verbindungstechnik wurde das Reibschweißen gewählt, bei dem zwei Werkstücke – ein ruhendes und ein in starke Rotation versetztes – zusammengepresst und verschweißt werden. Durch die Rotation entsteht Reibungswärme, die das Material an den Berührungsstellen schmelzen lässt. Die beiden Werkstücke werden mit Druck aneinander gepresst und das rotierende Teil schlagartig zum Stillstand gebracht, so dass es zum Verschweißen kommt. Verschiedene Parameter, wie z.B. die Drehzahl und der Anpressdruck, haben Einfluß auf die Güte und Festigkeit der entstehenden Verbindung. In mehreren Zyklen wurden Reibschweißparameter optimiert, Versuchsmuster hergestellt und getestet. Beim Anfahren der Maschinen mit den gefundenen Erfahrungswerten zeigte sich, dass erst nach der Fertigung von ca. zehn Teilen die gewünschte hohe Festigkeit erreicht wird.

Beim Reibschweißen treten im Material Temperaturen bis zu 2.000°C auf, was zu Gefügeveränderungen führt. Daher muss später das durch das Schweißen entstehende grobkörnige Gefüge durch Weichglühen und langsames Abkühlen kompensiert werden, um einen möglichst spannungsarmen Zustand des Materials zu erreichen.

Für die Kopf-Schaft-Verbindung bestanden die gegenläufigen Anforderungen, dass einerseits der Schaft hochfest ausgeführt werden musste, damit er

Biegebeanspruchungen Stand hielt. Andererseits weist ein hochfestes Material Nachteile für die Fertigung der Kopf-Schaft-Verbindung durch Reibschweißen auf. Hier galt es, einen geeigneten Kompromiss zu finden.

Die Kopf-Schaft-Verbindungen wurden intensiv in Dauerversuchen unter Druck-, Schlag- und Biegebeanspruchungen getestet. Im Fall von Werkstoffversagen wurden die Schadensbilder auf mögliche Ursachen wissenschaftlich untersucht. Dazu wurden die Bruchstellen aufgefräst, um Aufschluss über eventuelle negative Gefügeveränderungen durch das Reibschweißen oder eventuelle Kerbwirkungen zu bekommen. So konnte beispielsweise beurteilt werden, ob der Reibschweißvorgang korrekt ausgeführt wurde. Falls Poren im Gefüge zu erkennen waren, wurde nicht korrekt weichgeglüht. Teilweise waren bei falschen Reibschweißparametern an der Schweißstelle auch Einschlüsse erkennbar, die dann im Dauerversuch eine Kerbwirkung verursachten und zum schnellen Werkzeugbruch führten.

Versuchsmuster mit stumpf ineinander geschweißten Werkzeugteilen zeigten eine unzureichende Dauerfestigkeit. Stumpfgeschweißte Meißel brachen bei Versuchen mit Granitgestein nach nur 3 Bearbeitungsminuten an der Kopf-Schaft-Verbindung ab. Daher wurden eine Führungsspitze zum Zentrieren des Reibschweißvorgangs und Konturen in Form von ineinander greifenden Profilen eingebracht. Erneut wurden Dauerversuche durchgeführt, die deutlich bessere Festigkeitseigenschaften zeigten.

Neben Versagen der Kopf-Schaft-Verbindung stellte sich in den Versuchen die Aufnahmeeinheit der Meißel im Werkzeugkopf als Schwachstelle heraus. Es bestanden die Anforderungen, dass die Meißel auch bei extremen Belastungen sicher gehalten werden und zugleich drehbar gelagert sein müssen. Die Verbindung durfte sich bei starken Vibrationen und Erschütterungen nicht lösen. Auch eine leichte Austauschbarkeit der Spitzen musste realisiert werden, um vor Ort schnell zwischen verschiedenen Formen variieren zu können.

Um ein Lösen der drehbar im Kopf befestigten Meißel zu verhindern, wurden strukturierte Schwerspännstiften aus gehärtetem Stahl entwickelt. Stets musste kontrolliert werden, ob jede einzelne Spitze rotieren kann und nicht festsetzt, weil ansonsten innerhalb kurzer Zeit ein Stumpfwerden bzw. Abbrechen wie bei konventionellen Meißeln zu beobachten war. Jedoch kam es an den Stellen der Bohrungen der Schwerspännstifte immer wieder zu Brüchen, weshalb eine verstärkte Halterung konstruiert wurde. Die für erste Versuche als Brennschneidteil aus 42ChroMo4 Stahl gefertigten Werkzeugköpfe erwiesen sich auch als zu spröde, weshalb 34ChroNiMo6 Stahl eingesetzt wurde. Diese Stahlsorte ist nicht brennbar, sondern muss im Gesenk geschmiedet werden, was eine hohe Festigkeit verspricht.



Abbildung 2: Meißelkralle mit austauschbaren Spitzen

Die Meißelspitzen wurden hinsichtlich Form und metallischem Gefüge weiterentwickelt, um für verschiedene Materialien, wie z.B. Beton, Ziegel, Putz oder

Granit, das der jeweiligen Materialhärte am besten angepasste Werkzeug anbieten zu können. Zur Schaffung von Profilen und Ornamenten im Natursteingewerbe wurden verschiedene Formen und Anordnungen von Spitzen entwickelt. Für härtere Materialien sind spitzere Meißel tendenziell besser geeignet, wenn gleich sie am tragenden Teil einen höheren Verschleiß aufweisen, ähnlich einer Parodontosewirkung am Meißelhals. Je nach Anwendung sind zwei Sorten von Meißelspitzen im Gebrauch:

1. Massive gehärtete Stahlspitzen,
2. Stahlspitzen mit eingelöteten Hartmetalleinsätzen.

Im Betrieb kann es dazu kommen, dass die Meißelspitzen ca. 300°C warm werden. Bereits bei 250°C verliert Stahl seine Härte. Für viele Anwendungen ist daher die 2. Variante mit den noch härteren Spitzen von Vorteil. Beim Löten ist darauf zu achten, dass die eingesetzten Spitzen ohne Zwischenraum aufsitzen, da sie sonst abbrechen. Eine Optimierung der Verlotung der Hartmetallspitzen wurde vorgenommen. Beispielsweise wurde ein Querloch eingebracht, damit sich das Lot beim Einlöten besser verteilt.

Als nächster Entwicklungsschritt nach der Profi-Version sollte die Mini-Version der Meißelkralle für die Zielgruppe Baumärkte bzw. Heimwerker angegangen werden. In diesem Bereich sind die Werkzeugaufnahmen weniger standardisiert, wie im Profi-Bereich mit der SDSmax Aufnahme. Daher wurde eine Marktrecherche durchgeführt und Kontakt zu verschiedenen Vertriebs- und Herstellerfirmen aufgenommen. Die Meißelspitzen müssten für die Mini-Version in sehr schlanker Form komplett neu entwickelt werden. Der gesamte Kopf dürfte nur ein geringes Gewicht bei unverändert hohen Stabilitätsanforderungen aufweisen. Mit einem Interessenten wurde die Entwicklung der Mini-Version für die Aufnahme SDSplus weitgehend konkretisiert. Um eine Testversion herstellen zu können, wurden Zeichnungen erstellt und Bemaßungen festgelegt.

3.1.3 Anfertigung von Versuchsserien

Um umfangreiche Tests mit den gesenkgeschmiedeten Meißeln durchführen zu können, wurden Versuchsserien von zunächst 50 Stück, später weiteren 150 Stück angefertigt (Abbildung 3). Bei der Firma Hydro Link wurden dazu Schäfte gedreht, Aufnahme-, Quer- und Gewindebohrungen sowie die Formbohrung für das Reibschweißen angefertigt.

Die thermische Behandlung sah ein Härten auf 55 HRC und ein Homogenisieren bei 870°C vor. Von den 50 Stück wurden 25 Muster auf eine Tiefe von 3/10 mm einsatzgehärtet. Der Vorteil des Einsatzhärtens besteht darin, dass der Werkzeugkern weich und zäh bleibt und weniger schnell bricht. Weitere 25 Muster wurden plasmanitriert. Im Dauerversuch mit einem Granitblock zeigte sich, dass die plasmanitrierten Werkzeuge bereits nach 2 h an der Schweißstelle brachen, während die einsatzgehärteten Meißel mehr als 50 h durchhielten, was unserem Qualitätsanspruch genügte. Wie es scheint, ist das Versagen der plasmanitrierten Meißel, die optisch eine einwandfreie Qualität zeigten, auf Oberflächenspannungen zurückzuführen, die Kerbwirkungen an der Schweißstelle verursachten.



Abbildung 3: Muster der Meißelkralle mit gesenkgeschmiedetem Kopf und reibgeschweißter Kopf-Schaft-Verbindung

3.1.4 Durchführung umfangreicher Versuche

Zum Test von Prototypen der Meißelkralle wurde ein Versuchsstand aufgebaut (siehe Abbildung 4). Damit wurde das Meißelsystem auf harten Steinmaterialien zur kontrollierten Anwendung gebracht und auch in Langzeittests untersucht. Der Versuchsstand bestand aus 6 Platten mit schalldämmender Masse und einem Metallrahmen. Über eine Aufhängung konnte eine Führung nach Andruckgewicht und Eingriffswinkel für den Schlaghammer vorgegeben werden. Auch ungünstige Belastungsarten, wie z.B. ein einseitiger Eingriff, konnten getestet werden. Die Dauerversuche wurden mit einem Block aus Portugieser Granit durchgeführt. Die gewählten Belastungen wären manuell nicht erreichbar gewesen.

Teilweise traten nach ca. 40 Einsatzstunden Risse an den Bohrungen für Aufnahme und Halterung der Meißelspitzen auf. Dieses Problem konnte durch die Ausführung des Werkzeugkopfes als Gesenk Schmiedeteil gelöst werden. Einerseits wurde der Einsatz eines zäheren Materials möglich und andererseits ergab sich durch die Verdichtung des Materials beim Gesenk Schmieden eine höhere Festigkeit. Gegenüber dem zuerst praktizierten Brennschneiden mit 42CroMo4-Stahl kam beim Gesenk Schmieden das höherwertigere Material 34CroNiMo6 mit höherer Zähigkeit zum Einsatz. Zusätzlich wurde der rissgefährdete Aufnahmebereich verstärkt. Weitere Vorteile des Gesenk Schmiedens gegenüber einer spanenden Bearbeitung liegen im geringeren Materialverbrauch sowie in der Vermeidung einer Unterbrechung des Faserverlaufs im Material. Durch das Gesenk Schmieden ließen sich Bearbeitungszeiten bei der Hydro Link GmbH verkürzen.



Abbildung 4: Versuchsstand für Dauertests der Meißelkralle auf Granit

Die Praxistests beinhalteten auch eine Weitergabe des neuartigen Meißelsystems an potentielle Kunden. Zu verschiedenen Firmen wurde Kontakt aufgenommen, wobei die Versuchsmuster teilweise auf sehr großes Interesse stießen. Zu nennen ist insbesondere eine Firma, die sich mit der Sanierung von Industrieböden beschäftigt. Da dieser Pilotkunde auch im Werkzeugverleih tätig ist, konnten die Meißelsysteme z.B. auch bei Brückensanierungen zum Einsatz kommen. Durch Rückmeldung und Problembhebung konnte ein iterativer Weg der Werkzeugoptimierung nach Kundenwünschen beschritten werden. Alle Meißel, die an Pilotkunden weiter gegeben wurden, wurden vorab auf dem Versuchsstand eingehend untersucht. Zur besseren Rückverfolgbarkeit wurden die Muster mit einer Seriennummer versehen.

3.2 Darstellung der erzielten Ergebnisse

Das Ergebnis des Vorhabens ist das neuartige Meißelsystem „Kralle“ für die professionelle Anwendung in Schlaghämmern. Es bietet eine punktförmige Übertragung der Schlagenergie auf eine oder mehrere Meißelspitzen, die sich aufgrund der drehbaren Lagerung während der Bearbeitung nachschärfen. Dadurch wirkt das neuartige Werkzeug viel aggressiver auf das Material ein, als ein stumpfer und damit flächig angreifender Meißel. In der Folge wird das Material nicht staubförmig, sondern in Form kleiner Plättchen oder Körner abgetragen. Daraus resultieren **erheblich geringere Staubemissionen**. Indem die Schlagenergie punktförmig eingebracht wird, sind die **Rückschlagkräfte viel geringer**, da das Material eher nachgibt. Aufgrund des leichteren und schnelleren Eindringens des neuartigen Werkzeuges in das Material wird auch **weniger Schall emittiert**.

In Versuchen wurde nachgewiesen, dass das Meißelsystem „Kralle“ aufgrund des effizienteren Energieeintrages in das Steinmaterial eine **viel höhere Produktivität** erzielt, als konventionelle Meißel. Wichtige Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst:

Bearbeitungs- verfahren	konventionelle Vorgehensweise	Vorteile des neuartigen Meißelsystems „Kralle“
Putzabbau Kalk- Zementputz mit hoher Haftung	Abbau von 1 m ² (ca. 18 kg Aufbruchmaterial) mit Flachmeißel in 7 min	Lösung der Aufgabe in 3 min, Produktivitätsgewinn von 4 min entsprechend 57 %
Herstellung Kabel- /Rohrschlitz	Einsatz von Löffelmeißel (Hohlkehle) erforderlich, der dem Bearbeiter das abgebrochene Material quasi entgegenschleudert	Einsatz derselben „Kralle“ wie beim Putzabbau liefert in nur einem Arbeitsgang einen Schlitz in gewünschter Breite und Tiefe
Abstocken von Beton	Aufgrund der Härte des Materials können keine handgeführten Breitmeißel eingesetzt werden.	Auch bei geringer Abtragtiefe dringt die „Kralle“ ohne abzurutschen in das Material ein und liefert eine optimale Aufbaufläche.

Tabelle 1: Produktivitätsvorteile des neuartigen Meißelsystems „Kralle“

Als wichtiges Vorhabensergebnis ist die Fertigungstechnik für das neuartige Werkzeug anzuführen, die in Abbildung 5 als Blockdiagramm gezeigt ist. Als innovativer Verfahrensschritt ist das Reibschweißen der Kopf-Schaft-Verbindung zu nennen, wobei eine Führungsspitze zum Zentrieren des Reibschweißvorgangs und Konturen in Form von ineinander greifenden Profilen in die Verbindungsstelle eingebracht wurden. Diese Verbindungstechnik ist den extremen Belastungen des Werkzeuges beim Einsatz in elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Schlaghämmern gewachsen.

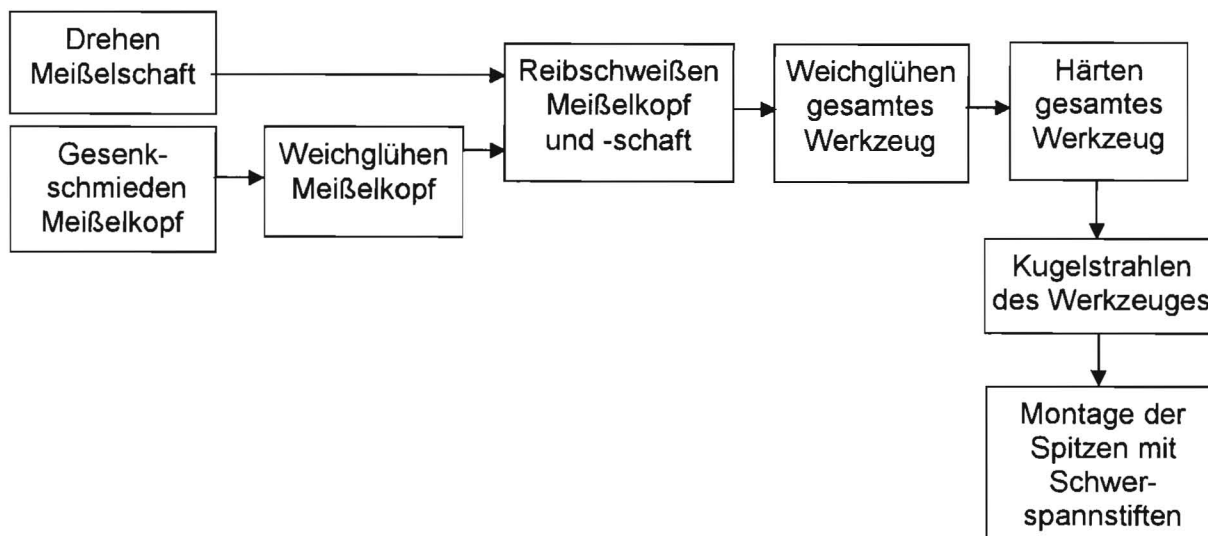


Abbildung 5: Darstellung der Fertigungsschritte für Kopf und Schaft der Meißelkralle

3.3 Diskussion der Ergebnisse

Wie die vorstehenden Ergebnisse zeigen, konnten die ökologischen und technischen Zielstellungen mit der Profi-Version erreicht werden. Das Problem der Festigkeit der Kopf-Schaft-Verbindung konnte fertigungstechnisch gelöst werden, und auch eine zugleich hochbelastbare wie flexible Halterung der Meißel im Kopf wurde gefunden.

Die verschiedenen Anwendungen unterstreichen die **Universalität** des neuartigen Werkzeuges gegenüber Meißeln gemäß dem Stand der Technik. Bestehende Spitzmeißel sind pyramidenförmig angeschliffen und verfügen über eine Punktspitze, mit der Steine abgesprengt oder zertrümmert werden können. Flachmeißel mit flacher Schneide, auf die sich die Schlagenergie verteilt, eignen sich für gröbere Arbeiten am Mauerwerk oder zum Abtragen sanierungsbedürftiger Bodenbeläge. Zum Abschlagen alter Fliesenbeläge kommen abgekröpfte Flachmeißel zum Einsatz, die dann als Fliesenmeißel bezeichnet werden. Alle diese Aufgaben können mit dem neuartigen Meißelsystem bewerkstelligt werden, indem Meißelform und –anzahl oder der Ansatzwinkel variiert werden.

Weiterhin ist festzustellen, dass die „Kralle“ im Vergleich zu Flachmeißeln beim Putzabbau und beim Abstocken eine **bessere Wiederaufbaufläche** herstellt, die ansonsten einen weiteren Arbeitsgang erfordern würde.

In Versuchen, z.B. an einer glattgeschliffenen Granitplatte, hat sich gezeigt, dass das neuartige Werkzeug im Gegensatz zu Breitmeißeln genau an der Stelle in das Material eindringt, wo es angesetzt wird und dass es **nicht abrutscht** und daher **viel leichter geführt** werden kann. Die vom Arbeiter aufzubringende Kraft kann fast

vollständig zum Vortreiben des Werkzeuges genutzt werden, so dass kaum mehr Energie für den Ansatz des Werkzeuges aufzubringen ist. Flachmeißel können kaum in Granit eindringen, sondern rutschen ab.

Wenn man das erhebliche Gewicht von Schlaghämmern bis zu 12 kg bedenkt, das über einen ganzen Arbeitstag hinweg geführt und das bei konventionellen Breitmeißeln wegen Abrutscheffekten immer wieder rückgeführt und neu angesetzt werden muss, ist der Vorteil eines **ermüdungsfreieren Arbeitens** nicht zu unterschätzen. Auch bergen Abrutscheffekte konventioneller Werkzeuge Verletzungsrisiken, die bei dem neuartigen Meißelsystem aufgrund des effektiveren Kräfteintrages vermieden werden.

Die Vorteile des neuartigen Meißelsystems „Kralle“ für Handwerker, wie z.B. Bodensanierer, Elektriker oder Steinmetz, lassen sich aus praktischer Sicht wie folgt zusammenfassen:

- effizienteres Arbeiten durch besseren Energieeintrag, dadurch höhere Produktivität.
- sicheres und ermüdungsfreieres Arbeiten durch geringe Abrutschgefahr.
- geringere Abnutzungseffekte und damit höherer Werkzeugstandzeiten.
- Herstellung optimal aufgerauhter Aufbauflächen.
- leicht regulierbare Tiefenführung und gute Maßeinhaltung.
- Im Fall der Bearbeitung von Stahlbeton werden Armierungen nicht - wie bei der Verwendung von Flachmeißeln - beschädigt oder durchtrennt, sondern durch Abweichen der Hartmetallspitzen eher freigelegt, was häufig gewünscht ist.

Pilotanwender und potentielle Kunden haben sich immer wieder positiv über das Meißelsystem geäußert. Diese Begeisterung steht jedoch etwas im Missverhältnis zu den tatsächlich nachgefragten Meißelsystemen. Um die Entwicklung der Mini- und der Maxi-Version weiter voranzubringen, wären Einnahmen aus der bereits fertig entwickelten Profi-Version sehr hilfreich, von der wir im Jahr 2003 nur 10 Stück verkaufen konnten. Diese geringen Einnahmen werden bereits durch die Patenterhaltungskosten, die mit ca. 7.000 EUR pro Jahr zzgl. Überschreibungs- und Überwachungskosten zu Buche schlagen, mehr als aufgezehrt. Was einer kleinen Firma wie der Hydro Link GmbH fehlt, ist eine vernetzte Marketingorganisation, wie sie ein großer Werkzeuganbieter hat.

3.4 Ausführliche ökologische, technologische und ökonomische Bewertung der Vorhabensergebnisse

3.4.1 Ökologische Bewertung

Das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitssicherheit (BIA) in St. Augustin, Fachbereich Lärm/Vibration, hat mit dem neuartigen Meißelsystem „Kralle“ eine Arbeitsplatz-Vibrationsanalyse durchgeführt. Dabei wurde nachgewiesen, dass die „Kralle“ gegenüber konventionellen Meißeln, die mit Schlaghämmern betrieben

werden, die **Vibrationsbelastung des Hand-Arm-Systems um über 50 % senkt**. Dies ist eine Folge des punktförmigen Energieeintrags drehbar gelagerter Rundschaftmeißel, die mit einem geringeren Anpressdruck auskommen. Diesem Bericht ist im Anhang die Dokumentation des BIA St. Augustin über die Arbeitsplatz-Vibrationsanalyse beigelegt.

Aufgrund der Messungen bestehen seitens der BauBG Überlegungen, das Meißelsystem im Rahmen einer Verordnung vorzuschreiben oder es zumindest in Empfehlungslisten für ihre Mitgliedsbetriebe aufzunehmen. Im Gespräch ist auch der Erlass einer Unfallverhütungsvorschrift, die es verbietet, über das Erreichen einer bestimmten Vibrationseinwirkdosis (sog. KI-Wert) mit dem Schlaghammer zu arbeiten, um Erkrankungen wie Gelenkverschleiß und Entzündungen der Gelenkschleimbeutel vorzubeugen. Da die Vibrationsbelastung mit dem Meißelsystem „Kralle“ um über 50% reduziert wird, ist ein längeres und gesundheitsverträglicheres Arbeiten möglich.

Neben einer Absenkung der dynamischen Belastung durch Schlag und Vibration als umweltrelevanter Aspekt werden mit dem neuartigen Werkzeug auch die **Geräusch- und Staubemissionen vermindert**. Durch die Selbstnachschrägung liegen ständig optimale Werkzeugbedingungen vor, und aufgrund des leichteren Eindringens entsteht weniger Lärm, als beim Klopfen des Materials mit einem stumpfen Meißel. Zum Beleg haben wir vergleichende Messungen durch den Technischen Aufsichtsdienst der Württembergischen Berufsgenossenschaften durchführen lassen, die ebenfalls im Anhang beigelegt sind. Beim flächigen Abstocken von Zementestrich wurde mit dem neuartigen Meißelsystem (Breitpunktmeißel) gegenüber einem konventionellen Flachmeißel eine **Minderung des Lärmpegels in Ohrnähe um 7 dB** festgestellt. Eine Lärmreduzierung um 6 dB entspricht ca. einer Halbierung des Schallpegels, d.h. die Messung zeigte eine gravierende Verbesserung bei der Lärmbelastung.

Durch ein stückiges Abtragen von Material wird **weniger Staub emittiert**. Dies spielt gerade bei den teilweise gesundheitsschädlichen Fliesenklebern auf Epoxidharzbasis eine wichtige Rolle. Die Messung von Gefahrstoffen in der Luft des Arbeitsbereichs ergab beim Meißelsystem (Breitpunktmeißel) einen Schichtindex von $I = 0,27$, während diese Kenngröße beim Flachmeißel $I = 33$ betrug. Obwohl während der Probennahmedauer mit dem neuartigen Meißelsystem eine um 25 % größere Fläche abgearbeitet wurde, lag der **Schichtindex um ca. 20 % günstiger**.

Gesetzliche Regelungen zur Gesundheitsvorsorge im Umgang mit handgeführten Schlaghämmern bestehen in Ermangelung von gesundheitsschonenden Alternativen nicht. In der Arbeitsstättenverordnung wird jedoch unter § 44 „Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen“, Absatz (2), im Rahmen des Arbeitsschutzes darauf hingewiesen, dass Arbeitsplätze und Bedienungsplätze auf Baumaschinen so einzurichten sind, dass die Arbeitnehmer keinem unzutraglichen Lärm und keinen unzutraglichen mechanischen Schwingungen, Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben ausgesetzt sind. Weiterhin bestehen unseres Wissens in skandinavischen Ländern bereits gesetzliche Regelungen, die die Arbeit mit Meißeln und Schlaghämmern auf maximal vier Stunden pro Tag beschränken.

Damit gehen die umweltrelevanten Eigenschaften des neuartigen Meißelsystems weit über die gängige Praxis hinaus. Lärm- und Staubemissionen spielen nicht nur

für den jeweiligen Arbeiter, sondern auch für seine gesamte Umgebung, wie z.B. Anwohner von Baustellen, eine wichtige Rolle.

Neben reduzierten Schlag-, Lärm- und Staubbelastungen der Arbeiter bestehen weitere ökologische Vorteile darin, dass

- bei der Sanierung **Materialien getrennt abgebaut und dadurch recycelt** werden können oder zumindest nicht mehr als Sondermüll entsorgt werden müssen. Als Beispiel sind Industriefußböden in Sandwich-Bauweise aus Kunststoff bzw. Laminat und Beton zu nennen, die aufgrund ihrer hochfesten Verbindung bisher durch mit Widiaspitzen besetzte Fräsrollen bis zu 20 mm tief in den Beton abgetragen werden mussten. Flachmeißel können in derartiges Material gar nicht eindringen oder sind in kurzer Zeit stumpf. Das abgetragene Material kann derzeit nicht getrennt werden und fällt als Sondermüll der Deponierung anheim. Mit dem neuartigen Werkzeug kann die Betonbeschichtung etwa in einer Dicke von 2 mm flächig abgetragen werden, ohne dass große Materialmengen vermischt würden. Abgetragene Epoxidharze könnten sogar recycelt werden. Ein beträchtlicher Anteil des noch verwendbaren Unterbodens bleibt erhalten.
- Es können **Sanierungsarbeiten** ausgeführt werden, die bisher als nicht durchführbar galten. Als Beispiel sei der Rückbau von Atomkraftwerken oder Wiederaufbereitungsanlagen im Zusammenhang mit dem Atomausstieg genannt. Die Innenflächen derartiger Bauwerke müssen aufgrund radioaktiver Belastung zwischen 5 und 7 mm dick abgetragen werden. Angesichts der Größe der abzutragenden Flächen lässt sich diese Arbeit nur mit einem effizienten und gesundheitsschonenden Werkzeug durchführen. Da sich die Sanierungsdauer aufgrund des effizienten Werkzeuges verkürzt, müssen Arbeiter nur über kürzere Zeit unangenehme Schutzanzüge tragen und sind weniger lang exponiert.
- Durch den effizienteren Energieeintrag wird für den **Antrieb mittels Schlaghammer** weniger als die Hälfte der Energie benötigt, als bei Verwendung konventioneller Meißel. Dies schont den Arbeiter und liefert einen Beitrag zur Energieeinsparung.
- Konventionelle Meißel werden nach kurzer Einsatzdauer stumpf und müssen nachgeschliffen werden. Dies wird zwar in der Praxis wenig praktiziert, es erfordert jedoch bei richtiger Ausführung nach einigen Schleifvorgängen auch ein Nachschmieden und erneutes Härten des Materials, was einen zusätzlichen Energieaufwand bedeutet. Wenn die Prozedur mehrfach durchgeführt wurde, ist das Material schrottreif. Das neuartige Meißelsystem besitzt dagegen selbstnachscharfende Meißel mit Hartmetallspitzen, die zudem austauschbar sind. Sollten sie nach längerem Gebrauch stumpf werden, kann der Grundkörper weiter verwendet werden.

3.4.2 Technologische Bewertung

Eine technologische Bewertung des neuartigen Meißelsystems kann vor allem anhand der damit erzielbaren Produktivitätssteigerung erfolgen. Wie der Vergleich gemäß Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigt, kann mit dem neuartigen Meißelsystem beim Putzabbau ein Produktivitätsgewinn von mehr als 50% erreicht werden.

Putzabbau mit Breitmeißel



Abbildung 6: Putzabbau mit konventionellem Breitmeißel (Spatmeißel)

Hammer: Hilti TE 75
 Meißel: 70 mm breit
 Material: Kalk-/Zementputz, gute Bindung (Haftung)
 Fläche: 1 m²
 Leistungsdaten: **1 m² in 7 Minuten**
 Aufbruchmenge ca. 18 kg

Putzabbau mit Meißelkralle



Abbildung 7: Putzabbau mit neuartigem Meißelsystem „Kralle“

Hammer: Hilti TE 75
 Meißel: 80 mm breit, 5 gehärtete Stahlspitzen
 Material: Kalk-/Zementputz, gute Bindung (Haftung)
 Fläche: 1 m²
 Leistungsdaten: **1 m² in 3 Minuten**
 Aufbruchmenge ca. 18 kg

Ein anderes Anwendungsbeispiel ist das zeitsparende Einbringen von Kabel- bzw. Rohrschlitz in Ziegeln. Abbildung 8 verdeutlicht, dass ein 1 m langer Schlitz mit 3 cm Tiefe und 3 cm Breite in nur einer Minute in eine Ziegelwand eingefräst werden kann. Die Kralle lässt sich auf Tiefe und Breite des notwendigen Schlitzes in einem Arbeitsgang führen. Ohne Werkzeugwechsel gelingt ein abrutschsicheres Schlitzen bis in die Ecken und Winkel.



Abbildung 8: Einfräsen eines 1 m langen Schlitzes mit 3 cm Tiefe und 3 cm Breite in nur einer Minute in eine Ziegelwand mit der Meißelkralle

Wie in Abbildung 9 gezeigt, gelingt mit der Meißelkralle mit Hartmetallbestückung sogar die Bearbeitung von Granit, bei der herkömmliche Werkzeuge scheitern. In 10 Minuten kann eine Fläche von 1 m² mit einer Abbruchmenge von 4 kg bearbeitet werden.



Abbildung 9: Naturstein-/Granitbearbeitung mit der Meißelkralle

Bei der Anwendung der Meißelkralle ist ein deutlich geringerer Kraftaufwand erforderlich, als bei konventionellen Breitmeißeln. Zwar ist die Meißelkralle ca. 0,5 kg schwerer, jedoch wird dieser Gewichtsunterschied durch den effizienteren Energieeintrag in das Material mehr als wettgemacht. Der Arbeiter braucht sich nicht mehr mit seiner ganzen Körperkraft gegen den Meißel zu stemmen, was zur Steigerung der Arbeitssicherheit beiträgt, z.B. beim Arbeiten auf Leitern.

In den bei uns im Hause durchgeführten Dauertests haben wir für die Meißelkralle eine Laufzeit von 50 Stunden ohne Bruch angestrebt und auch erreicht, was durch intensive Entwicklungsarbeit auch erreicht wurde. Das entspricht der mehr als 10-fachen Laufzeit eines normalen Spatmeißels, wie er z.B. von den Firmen Bosch, Hilti oder Solida vertrieben wird. Ein solcher konventioneller Meißel ist nach 4 Stunden reiner Bearbeitungszeit nicht mehr zu gebrauchen, da er nur noch eine zertrümmernde Wirkung hat. Bereits nach wenigen Minuten ist eine geschärfte Schneide stumpf. Nach 2 bis 3-maligem Nachschleifen ist das gehärtete Material verbraucht und ein weiterer Einsatz unmöglich.

Die von uns fertig gestellte Versuchsserie von 150 einsatzgehärteten Meißel, die z.T. im Hause und außerhalb von Pilotanwendern, z.B. bei der Sanierung von Brückenfassaden oder Industriefußböden, getestet wurden, erreichten Laufzeiten von über 50 Stunden, wobei an den Köpfen kein Verschleiß festgestellt werden konnte. Jedes getestete Werkzeug wurde dokumentiert. Frühere Probleme mit Brüchen am Kopf-Schaft-Übergang können wohl zumindest teilweise auf ein nicht korrektes Härten zurückgeführt werden, wenn die vorgeschriebenen Temperaturen oder Härtedauern, z.B. aufgrund von undichten Öfen, nicht genau eingehalten wurden.

Bei den umfangreichen Belastungstests der Meißel im Hause der Firma Hydro Link ging ein Schlaghammer bei einem Dauerversuch kaputt und musste von der Firma Hilti repariert werden. Es hatte den Anschein, dass das neue Meißelwerkzeug eine längere Standzeit als der Schlaghammer aufwies.

Das neuartige Meißelsystem weist eine **hohe Universalität** auf. Ein Blick in den Werkzeugkasten eines Bauhandwerkers bringt oft eine Vielzahl von Meißeln unterschiedlicher Größe und Anwendungsart zutage, bei denen es sich meist um angesammelte, stumpfe Meißel handelt, die zur weiteren sinnvollen Verwendung erst der Nachschärfung bedürften. Mit dem neuen Meißelsystem sollte der Handwerker nur noch ein einziges Multifunktionswerkzeug mit sich führen müssen, da es

- durch Variation der Art und der Anzahl eingesetzter Meißel leicht an verschiedene Aufgabenstellungen angepasst werden kann.
- sich für Profilerstellung (z.B. Kabelkanal), für Aussparungen wie auch für flächige Bearbeitung (z.B. Putzabbau) eignet.
- sich durch die frei drehbare Einspannung der Meißel im Gebrauch selbst nachschärft.

3.4.3 Ökonomische Bewertung

Wie bereits angedeutet sind wir mit der Umsetzung der Vorhabensergebnisse am Markt bisher nicht zufrieden und versuchen weiter, in Zusammenarbeit mit einem größeren Partner mit schlagkräftiger Marketingorganisation die zweifelsfrei bestehenden Vorteile des Meißelsystems für Mensch und Umwelt am Markt zu multiplizieren.

Zur Preisgestaltung ist anzugeben, dass konventionelle Breitmeißel je nach Größe und Ausführung ca. 30-50 EUR kosten. Anspruchsvollere Meißelarten, wie z.B. ein Formmeißel, der allerdings keine rotierende Spitzen und damit keine Nachschärfung aufweist, kosten ca. 130-140 EUR. Die Meißelkralle wird in der Profi-Version zwischen 188-199 EUR angeboten.

3.5 Darlegung der Maßnahmen zur Verbreitung der Ergebnisse

Als Zielgruppe für die Anwendung des neuartigen Meißelsystems sind Bauunternehmen aller Art, von kleinen Handwerksbetrieben, wie z.B. Boden- oder Wandsanierer und Steinmetze, bis hin zu Großunternehmen, die im Bereich der Sanierung von Brücken oder Atomkraftwerken tätig sind, zu nennen.

Obwohl mit der Meißelkralle hervorragende Versuchsergebnisse erzielt wurden, entwickelt sich die Verbreitung der Projektergebnisse bisher unbefriedigend, was wohl auch auf die schlechte konjunkturelle Lage in der Baubranche zurückzuführen ist, die kaum Chancen für Neueinführungen zulässt.

Zur Verbreitung der Projektergebnisse wurden folgende Maßnahmen unternommen:

- Die Einbindung der Zielgruppe in das Vorhaben wurde in der Weise praktiziert, dass Prototypen des neuartigen Meißelsystems frühzeitig an Pilotkunden weiter gegeben wurden. Es war damit gerechnet worden, dass diese Anwender aufgrund der ihnen bekannten Probleme bei der Steinbearbeitung mit konventionellen Werkzeugen von dem neuen Produkt schnell überzeugt werden könnten. Die Weitergabe und ein gewisser Service erfolgten mit der Auflage, dass Rückkopplungen aus der praktischen Anwendung geliefert wurden, die zum Ausmerzen von „Kinderkrankheiten“ und für die Optimierung des Meißelsystems genutzt wurden. Der durchschlagende Erfolg in der Vermarktung wurde jedoch nicht erreicht.
- Unter <http://hydro-link.de/> wurde eine Internetseite eingerichtet, auf der Informationen zur Profiversion der Meißelkralle abgerufen werden können. Die Seite enthält einen Hinweis auf die Förderung durch die DBU.
- Durch eine freie Mitarbeiterin wurde eine Vielzahl von Bauunternehmen, Handwerkern und anderen potentiellen Kunden mit einem Informationsblatt zur Meißelkralle direkt angesprochen bzw. angeschrieben. Das Informationsblatt enthielt einen ausdrücklichen Hinweis auf die Förderung durch die DBU. Die Ansprache wurde durch Präsentationen unterstützt, die teilweise durch einen freien Handelsvertreter durchgeführt wurden.
- Mit einem anderen Vertriebspartner wollten wir die Profi-Version in den neuen Bundesländern einführen, was dort insbesondere aufgrund der Flutkatastrophe von Bedeutung gewesen wäre, um beschädigte Gebäude zu sanieren. Jedoch waren von den durchgeführten 500 Mailings des Vertriebspartners nur 2 erfolgreich. Die Durchführung eigener Präsentationen vor Ort kam durch den eingangs erwähnten tragischen Unfall zum Erliegen.

- Versuchsmuster der Profi-Version wurden auf der BAUMA-Messe 2001 in München präsentiert und trafen auf großes Interesse. Ebenfalls wurde die Profi-Version auf einer Messe für Industriebödenanierung in Feuchtwangen vorgestellt.
- Die Profiversion wurde auf dem Gewerbetag am 15.09.01 in Illmensee ausgestellt und anhand eines Granitblockes vorgeführt. Das Publikum zeigte sich durch das massive Einwirken des Meißels auf den Granit sehr beeindruckt.
- In berufsgenossenschaftlichen Zeitschriften wurden Artikel zur Meißelkralle veröffentlicht.

Verschiedene große Firmen wie Bosch, Hilti oder Wirth, wollten bereits die Exklusivvertriebsrechte für das neue Werkzeug erwerben, was die Firma Hydro Link jedoch ablehnte.

Über den von einer italienischen Firma hergestellten Prototypen der Maxi-Version für Mini-Bagger wurde von der Firma Hydro Link ein Film gedreht, der eine Bodensanierung zeigt. Die alte Betonoberfläche wurde zur Vorbereitung für einen neuen Boden abgetragen. Die Maxi-Version wiegt ca. 70 kg und wäre sie im Kopfbereich noch zu verkürzen und im Gewicht zu reduzieren. Bei den Filmaufnahmen bestand das Problem, dass das einzige bisher existente Werkzeug bei einem Sanierungsbetrieb genutzt wird, die den Produktivitätsvorteil des Werkzeuges sehr zu schätzen weiß. Daher ist diese Firma, die als einzige kundenwirksame Vorführungen durchführen könnte, an einer Verbreitung der Maxi-Version wenig interessiert und wenig kooperativ. Auch die Filmqualität hat darunter gelitten.

Bei dieser Sanierung wurde einmal mehr der effiziente Energieeintrag deutlich, da Zwischendecken ohne Zerstörung der Deckenstruktur bzw. darunter befindlicher Bauteile saniert werden können. Der Film wurde auf der internationalen Messe GALABAU in Nürnberg präsentiert.

Bezüglich der Mini-Version haben wir verschiedene potentielle Abnehmer angesprochen, um die Marktchancen vor der Aufnahme diesbezüglicher Entwicklungsaktivitäten zu klären. Beispielsweise wurden einem Hersteller von Einsteckwerkzeugen für Druckluftpistolen Muster der Profi-Version gezeigt. Wir bekamen jedoch eine Ablehnung, da die Mini-Kralle nicht ins Vertriebsprogramm passen würde. Ein anderer großer Hersteller scheint trotz der offensichtlichen Vorteile der Meißelkralle lieber an seinem eigenen Meißelsortiment festhalten zu wollen.



Abbildung 10: Maxi-Version der Meißelkralle für den Einsatz an Mini-Baggern zur Bodensanierung

4 Fazit

Gegenüber dem Einsatz konventioneller Meißel mit Schlaghämmern hatten die Entwicklungsarbeiten das Ziel, die Rückschlagkräfte durch einen effektiveren Energieeintrag in das Material zu senken, die Staubemissionen durch stückigeren Materialabtrag zu reduzieren und die Lärmbelastungen durch selbstschärfende Meißelspitzen zu mindern. Diese Ziele wurden in bemerkenswertem Umfang erreicht. Das Prinzip der drehbaren Meißellagerung für die Steinbearbeitung mit manuell geführten Werkzeugen hat sich bewährt. Es ist festzuhalten, dass für das neuartige Meißelsystem „Kralle“ kein direktes Wettbewerbsprodukt am Markt existiert, dass jedoch die „Kralle“ eine ganze Reihe bestehender Meißelsorten (Spitz-, Flach-, Löffelmeißel usw.) ersetzen kann. Die Kralle übertrifft in ihren Anwendungsbereichen alle konventionellen Meißel.

Obwohl das neuartige Meißelsystem eine Vielzahl (umwelt-)technischer und arbeitsphysiologisch Vorteile aufweist, die nicht von der Hand zu weisen sind, und trotz einer konkurrenzfähigen Preisgestaltung verläuft die Vermarktung bisher sehr schleppend. Daher ist als Erfahrung aus dem Projekt festzuhalten, dass es für ein mittelständisches Unternehmen sehr schwierig ist, eine solche Neuentwicklung am Markt einzuführen und erfolgreich zu verkaufen. Wenn kein eigenes Vertriebsnetz und kein Markenname wie bei einer großen Firma vorhanden sind, fehlt das Vertrauen der Kunden, und es kann auch durch noch so viele Produktvorteile kaum gewonnen werden. Weitere erhebliche Schwierigkeiten haben wir mit der Überwachung bzw. Ausübung des Patentschutzes, insbesondere für die Maxi-Version.

Als künftig für nötig erachtete Arbeiten, die derzeit aufgrund des schleppenden Verlaufs der Vermarktung der Profi-Version aufgeschoben werden, sehen wir die Weiterentwicklung des Meißelsystems für den Heimwerkerbereich (Mini-Version) und den Bereich der mechanisierten Werkzeugführung (Maxi-Bereich). Auch für diese Bereiche sind mit dem neuartigen Meißelprinzip erhebliche Lärm- und Staubbinderungen zu erwarten. Weiterhin existieren auch im Bereich der Werkzeugbestückten Kompaktlader Berufskrankheiten, die teilweise von maschinengeführten Hämmern verursacht werden. In diesem Zusammenhang sind Berufserkrankungen zu nennen, die auf Ganzkörpervibrationen zurückgehen und die in der Berufskrankheitsliste des Bundesarbeitsministeriums unter der Nummer 2110 aufgeführt sind.

Nach genaueren Untersuchungen und Erörterungen mit der Bau-Berufsgenossenschaft wurde erkannt, dass die Mini-Version des Meißelsystems nicht nur für den Hobby- und Heimwerkerbereich nützlich wäre, sondern dass diese kleinere Form des Werkzeuges hervorragend für die filigrane und oft künstlerische Arbeit von Steinmetzen und Stukkateuren geeignet ist. Da dieser Berufsstand aufgrund der enormen Belastung der Atemwege mit Staub und der Gelenke mit Schlägen und Vibrationen für technische Neuerungen sehr aufgeschlossen ist, wird hier ein interessantes Marktpotential der Mini-Version gesehen.

Literaturverzeichnis

- [DFG96] Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK- und BAT-Werte-Liste 1996.
- [Hem93] Hemming, W.: Verfahrenstechnik, Kamprath-Reihe, Vogel-Verlag, 7.Auflage, 1993.
- [Kuch84] Kuchling, H.: Taschenbuch der Physik. Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/Main, 1984.
- [Röm93] Römpp: RÖMPP Lexikon Umwelt, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1993.

Anhang

- Dokumentation des BIA St. Augustin über eine Arbeitsplatz-Vibrationsanalyse des Meißelsystems „Kralle“ (Breitpunktmeißel) und einem Standardmeißel (Spatenmeißel)
- Vergleichende Messungen des neuartigen Meißelsystems (Breitpunktmeißel) gegenüber einem konventionellen Flachmeißel durch den Technischen Aufsichtsdienst der Württembergischen Berufsgenossenschaften zu Lärm- und Staubbelastungen



BIA

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften

Fachbereich 4: Lärm - Vibration

Az.: 638.23/077-HAV/AVA

Projekt-Nr. 4072

Ka / GSch

E 9704035.4

Bericht über eine Arbeitsplatz-Vibrationsanalyse

1 Allgemeine Angaben

Die Angaben zum Meßort, Meßdatum, zu den Anwesenden sowie zu den technischen Daten der untersuchten Geräte sind dem Meßprotokoll (Anlage) zu entnehmen.

2 Vorbemerkung

Die Messung erfolgte im Rahmen des Projektes "Ermittlung der Schwingungseinwirkung auf das Hand-Arm-System an Arbeitsplätzen in der Bauwirtschaft".

3 Durchführung der Messung

Die Messungen wurden bei typischen Arbeits- und Betriebsbedingungen durchgeführt, sie sind im einzelnen im Meßprotokoll zum jeweiligen Gerät beschrieben.

Die Auswahl der Meßorte und Meßrichtungen orientiert sich an der DIN ISO 8662. Die Meßsituation und die genaue Lage der Beschleunigungsaufnehmer sind aus den Fotos in den Anlagen ersichtlich. Die Ankopplung der Beschleunigungsaufnehmer erfolgte einzeln mittels einer Klebeverbindung.

Abweichende Ankopplungen sind im Meßprotokoll angegeben.

Die Durchführung und Auswertung der Messungen erfolgten entsprechend VDI 2057, DIN 45671 Teil 2 und DIN V EN V 25349. Ein Verzeichnis der verwendeten Meßgeräte, die entsprechend DIN 45671 Teil 1 und DIN EN V 28041 zusammengestellt wurden, ist als Anlage beigefügt.

4 Meßergebnisse

Die Einzelergebnisse wurden als energieäquivalenter Mittelwert über eine Meßzeit von 30s bestimmt. In der Tabelle sind die arithmetischen Mittelwerte der Einzelergebnisse getrennt nach den Meßrichtungen und Betriebsbedingungen zusammengefaßt.

Zusätzlich ist die "Bewertete Beschleunigungssumme" als Vektorbetrag der drei Meßrichtungen angegeben.

Tabelle 1: Meßergebnisse

Arbeitsgerät	Betriebszustand	Messpunkt	Bewertete Beschleunigung in den Meßrichtungen (a_{hw} in m/s^2)			Vektorbetrag
			X	Y	Z	
Hilti - Schlag-Kombihammer Typ TE 75	Betonbearbeitg. (-abtragen) Breitpunktmeißel (-kralle) Typ WT 3 (breite Form)	Hauptgriff	8,65 ± 0,32	11,0 ± 1,09	11,12 ± 0,07	17,91
	Betonbearbeitg. (-abtragen) Breitpunktmeißel (-kralle) Typ WT 3 (breite Form)	Hauptgriff	11,03 ± 1,43	10,26 ± 0,52	10,24 ± 0,40	18,27
	Kalk-Zementputz abtragen Breitpunktmeißel (-kralle) Typ WT 3 (breite Form)	Hauptgriff	6,86 ± 0,82	7,95 ± 0,95	8,17 ± 0,75	13,37
	Kalk-Zementputz abtragen Hilti - Standardmeißel (Spatenmeißel)	Hauptgriff	11,41 ± 1,67	7,54 ± 0,68	7,24 ± 0,52	15,57

Weitere Analyseergebnisse sind jeweils am Beispiel einer Einzelmessung als zeitlicher Verlauf der unbewerteten Beschleunigung, des gleitenden Effektivwertes der bewerteten Beschleunigung und die Frequenzanalyse in den Anlagen beigefügt.

5 Beurteilung

Nach dem derzeitigen Stand der Normen- und Regelwerke ist unter Berücksichtigung der Ermittlungsgenauigkeit eine Überschreitung der Richtwerte der Beurteilungsschwingstärke $K_v = 16,2$ nach den folgenden täglichen Expositionszeiten gegeben:

Tabelle 2: Beispiele täglicher Expositionszeiten

Arbeitsgerät,-verfahren	Tägliche Expositionszeit T_e in h
Hilti- Typ Te 75, Putz abtragen mit Breitpunktmeißel Typ WT 3	0,67
Hilti- Typ Te 75, Putz abtragen mit Hilti - Standardmeißel	0,31

Für die Ermittlung der täglichen Expositionszeit T_e in h wurde der jeweils stärkste Meßwert für das jeweilige Arbeitsgerät herangezogen.

6 Anlagen

Liste der verwendeten Meßgeräte
Analyse Einzelergebnisse (Auszug)
Fotos der Meß- und Arbeitssituation

Sankt Augustin, 15 Oktober 1998



(Dr.-Ing. E. Christ)



(Dipl.-Ing. Uwe Kaulbars)



BG
Württembergische
Bau-Berufsgenossenschaft

Technischer Aufsichtsdienst

Württ. Bau-Berufsgenossenschaft 71029 Böblingen

B E R I C H T Ü B E R D I E M E S S U N G D E R
G E R Ä U S C H I M M I S S I O N E N A M A R B E I T S P L A T Z

Mitgliedsnr.: 33506155 BG 8

Mitgliedsbetrieb: Hydro-Link GmbH
Gewerbestr. 11
88636 Illmensee

Meßort: DreBo
Ullrichstr. 22
Altshausen

Datum der Messung: 17.08.1999

Messung durchgeführt: Frau Fengler, Württ. Bau-BG

Teilnehmer: Herr Halder, Werkzeugtechnik Illmensee GmbH

Anlass: Messung auf Wunsch des Betriebes

Meßgeräte: I) Integrierender Präzisionsschall-
pegelmesser von Bruel & Kjaer
Typ 2233, Nr.: 825/10
Serien-Nr.: 1 171 227

II) Lärmdosimeter MK 1
Du Pont
Serien-Nr.: 17 654

Seitenzahl d. Berichtes: 2

Messverfahren:

Die vor Ort angetroffenen Lärmexpositionen wurden in die folgenden vier Abschnitte unterteilt:

Flächiges Abstocken von Zementestrich (Höhe: 3 cm) mit

1. Stemmhammer Hilti TE 75
Einsatz: Breitpunktmeissel
2. Stemmhammer Hilti TE
Einsatz: Flachmeissel
3. Gehl Kompaktlader SL 4610
Einsatz: Breitpunktmeissel
4. Gehl Kompaktlader SL 4610
Einsatz: Flachmeissel

Zu jedem Abschnitt wurde die kennzeichnende Geräuschemission gemessen und der energieäquivalente Dauerschallpegel registriert. Fremd- und Nebengeräusche waren keine vorhanden.

Die Messungen der Abschnitte 1 und 2 erfolgten in Ohrnähe des Beschäftigten mit dem Präzisionsschallpegelmesser. Die Schallpegel der Abschnitte 3 und 4 wurden mit dem Lärmdosimeter, befestigt auf der Schulter am Hemdkragen des Fahrzeugführers, ermittelt.

Fotos der Arbeitsmittel sind in der Anlage beigelegt.

Messergebnisse:

Abschnitt	Messzeit (min)	L_{Aeq}
1	2	93 db(A)
2	2	100 db(A)
3	3	103 db(A)
4	4	108 dB(A)

Datum: 09.09.99

Für den Messtechnischen Dienst

i. A. C. Fengler
(Fengler)


(Dipl. Ing. Fellberg
Stv. Leitender Technischer Aufsichtsbeamter)





BG

Württembergische
Bau-Berufsgenossenschaft

Technischer Aufsichtsdienst

Württ. Bau-Berufsgenossenschaft 71029 Böblingen

**Bericht über die Messung
von Gefahrstoffen in der Luft in Arbeitsbereichen
im Berufsgenossenschaftlichen Meßsystem Gefahrstoffe BGMG**

Berichts-Nr.: 99-03307 **Datum:** 09.09.99

Firma: Hydro-Link GmbH **Mitgl. Nr.:** 33506155 BG 8
Gewerbestr. 11
88636 Illmensee

Betriebsort/Meßort: DreBo
Ullrichstr. 22
Altshausen

Art des Betriebes: Apparatebau

**Teilnehmer
der Besprechung:** Herr Halder **Werkzeugtechnik Illmensee**
Frau Fengler **Württ. Bau-BG**

Messung durchgeführt: Frau Fengler **am:** 17.08.99

Analyse durchgeführt durch: BIA, Alte Heerstr. 111, 54757 St. Augustin

Messaufgabe: Bestimmung der Feinstaubkonzentration (Alveolengängige Fraktion)

Anlaß/Art der Messung/Ermittlung: auf Wunsch der Firma / personenbezogen / Schadstoffanreicherung
auf Membranfilter

Seitenzahl des Berichtes : [7]

Berichts-Nr.: 99-03307

Inhaltsübersicht des Meßberichtes 99-03307

	Seite
Inhaltsübersicht des Meßberichtes	2
Übersicht der Messwerte	3
Arbeitsbereiche / Tätigkeiten / Verfahrensweisen	4
Befund	4
Bemerkungen zu den Gefahrstoffen	5
Übersicht der Messverfahren für die analysierten Gefahrstoffe	5
Bildbericht	6/7

Die Messungen und die vorliegende Datenerhebung wurden vom Messtechnischen Dienst der Berufsgenossenschaft durchgeführt. Der Meßbericht wurde auf der Grundlage des BIA-Analysenberichtes erstellt.

Datum: 09.09.1999

i. A. C. Fe, G

Für den Meßtechnischen Dienst

(Dipl.-Ing. Fellberg
Stv. Technischer Aufsichtsbeamter)

Berichts-Nr.: 99-03307

Übersicht der Messwerte

Probenummer	Gefahrstoffbezeichnung	Datum	Probenahmedauer	p/o	Grenzwert	Messwert	F ÜF	Index (Schichtlänge) (Messwert/(G*F))
1	Alveolengaengige Fraktion (Feinstaub)	17.08.99	2h	p	6 mg/m ³	1.61 mg/m ³		0.27
2	Alveolengaengige Fraktion (Feinstaub)	17.08.99	2h	p	6 mg/m ³	1.96 mg/m ³		0.33

Legende p/o = Messung an der Person / stationäre (ortsfeste) Messung
 F = F-Faktor; Quotient aus Schichtlänge und Expositionsdauer
 ÜF = Überschreitungsfaktor, der die Begrenzung von Expositionsspitzen regelt

Berichts-Nr.: 99-03307

Arbeitsbereiche

Probennummer	Arbeitsbereich
1 + 2	Leerstehende Halle (L = 42 m, B = 13 m, H = 6 m) Fenster und das Tor waren geöffnet

Tätigkeiten / Verfahrensweisen

Probennummer	Tätigkeit / Verfahrensweise
1	Flächiges Abstocken von Zementestrich (H = 3cm) mit Stemhammer Hilti TE 75 Einsatz: Breitpunktmeißel mit Spitzmeißeleinsatz (schlank, Hartmetall) Bearbeitete Fläche: 3 m ²
2	Stemhammer Hilti TE 75 Einsatz: Flachmeißel (Hartmetall) Bearbeitete Fläche: 2,4 m ² Das Abstocken erfolgte zügig und routiniert. Die Probenahmebedingungen waren identisch. Die einzelnen Verfahrensweisen sind im Bildbericht festgehalten.

Meßergebnisse siehe Tabelle

Befund: Die Beurteilung der Meßergebnisse erfolgt durch den Schichtindex I.

$$I = \frac{\text{Meßergebnis}}{\text{Grenzwert} \times \frac{\text{Schichtlänge}}{\text{Expositionszeit}}}$$

Ein Schichtindex größer 1 zeigt eine Überschreitung an.

Die Expositionszeit wird mit 8 Stunden angesetzt, entspricht somit der Schichtlänge.

Die Meßergebnisse liegen unter 1/3 des zur Zeit gültigen Grenzwert von 6 mg/m³ für Feinstaub (alveolengängige Fraktion).

Probe 1: $I_{\text{Feinstaub}} = 0.27$ Probe 2: $I_{\text{Feinstaub}} = 0.33$

Berichts-Nr.: 99-03307

Bemerkungen zu den Gefahrstoffen

Gefahrstoffbezeichnung	Bemerkungen
Alveolengaengige Fraktion (Feinstaub)	<p>Als allgemeiner Staubgrenzwert ist eine Konzentration der alveolengaengigen Fraktion von 6 mg/m³ festgesetzt worden, ohne Beruecksichtigung der stofflichen Zusammensetzung.</p> <p>Ggf. sind deshalb stoffspezifische Grenzwerte neben dem allgemeinen Staubgrenzwert anzuwenden.</p>

Übersicht der Messverfahren für die analysierten Gefahrstoffe

Bei den Messungen wurden folgende Messverfahren eingesetzt:

Gefahrstoffbezeichnung Probennummer	Probennahmesystem Probenträgerart	Analytisches Bestimmungsverfahren Analyse durchgeführt:
Alveolengaengige Fraktion (Feinstaub) Probe Nr.: 1, 2	PAS-Pumpe, FSP-BIA, 2 l/min, FK1 MF 11301, Pw 8um, 37 mm, gew.	Waegung BIA

Württ. Bau-Berufsgenossenschaft
- Technischer Aufsichtsdienst-

Meßtechniker: C.Fengler

Betrieb: Hydro-Link GmbH
Gewerbestr. 11
88636 Illmensee

Meßort: DreBo
Ullrichstr. 22
Altshausen

Aufnahmedatum: 17.08.99

Anlage zu: Messbericht

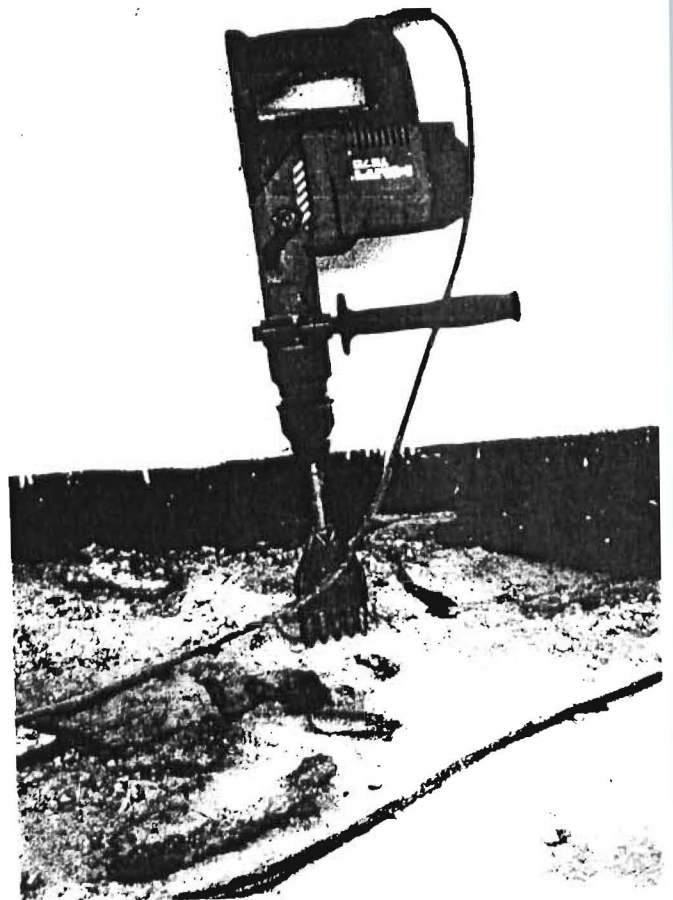
Mitgl.-Nr.: 33506155 BG 8

Tgb.-Nr.: F43/99

Film-Nr.: 60/11+12/99



Stemmhammer mit Flachmeissel



Stemmhammer mit Breitbandmeissel