

DIE BEDEUTUNG DER DIGITALEN SCHWEISSTECHNIK IM ALLGEMEINEN MASCHINENBAU

*Prof. Dr.-Ing. habil. T. Ryspaev, Doz. Dipl.-Ing. H. Reichstein,
Doktorandin J. Belekova, Doktorand A. Orozbaev*

Geschichte des Maschinenbaus

Maschinenbau ist eine der ältesten Ingenieursdisziplinen, deren wissenschaftlicher Hintergrund die klassische Physik (insbesondere die klassische Mechanik) ist. Im 18. Jahrhundert wurde der Ingenieur zum eigenständigen Beruf. Die Erkenntnisse der Naturwissenschaften fanden zielgerichtete Anwendungen. Die Zeit der industriellen Revolution veränderte die Welt hin zur Massenfertigung.

Maschinenbau vor Christus

- ca. 700 v. Chr.: Babylonische *Schöpfwerke* in Assyrien, Maschinenbauwerke
- ca. 550 v. Chr.: Drehbank, erste Werkzeugmaschinen
- ca. 340 v. Chr.: Definition Aristoteles: Hebel, Schraube werden als ‚Maschine‘ bezeichnet
- ca. 200 v. Chr.: Heron von Alexandria erste Wärmekraftmaschine

Ausbildung und Studium**Universität, Fachhochschule**

An Universitäten (auch an Technischen Universitäten) und Fachhochschulen ist das Maschinenbaustudium einer der drei klassischen Ausbildungswege (neben Elektrotechnik und Bauingenieurwesen) für angehende Ingenieure. In der Regel sind 10 Semester (an den Fachhochschulen 8) als Regelstudienzeit vorgegeben, bei erfolgreichem Studienabschluss wurde der akademische Grad *Dipl.-Ing.* (bzw. *Dipl.-Ing. (FH)*) verliehen. Im Zuge einer Vereinheitlichung der Strukturen der Hochschulbildung in Europa wird ein gestuftes Studiensystem eingeführt (Bologna-Prozess). Dieser Prozess sollte bis 2010 abgeschlossen sein. Bis zu diesem Zeitpunkt sollten die Unis den Diplomstudiengang abschaffen und durch einen Bachelorstudiengang ersetzen. Die Studienanfänger konnten nach 6 Semestern Regelstudi-

enzeit die akademischen Grade Bachelor of Science bzw. Bachelor of Engineering und nach weiteren 2 bis 4 Semestern die akademischen Grade Master of Science bzw. Master of Engineering erreichen.

Da die Spanne und Größe der Produkte von z. B. einem kleinen Uhrwerk über Haushaltsgeräte und Motoren bis hin zur Massenware und riesigen Schaufelradbaggern reicht, kann heute ein Ingenieur diese Aufgaben nicht mehr alleine bewältigen. Man spezialisiert sich daher in seinem späteren Studium auf eine bestimmte Fachrichtung (z. B. Leichtbau, Fertigungstechnik, Textiltechnik, Schiffstechnik, Papiertechnik, Arbeitswissenschaft u. a.). Teilweise haben sich daraus eigenständige Studiengänge wie Maschinenbauinformatik, Produktion und Logistik, Verfahrenstechnik, Verarbeitungstechnik, Energietechnik, Fahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrttechnik, Mechatronik u. a. eben auch die Schweißtechnik etabliert.

Themen des Maschinenbaus

Der Maschinenbau umfasst unter anderen folgenden Themengebiete:

1. Mechanik
2. Konstruktionslehre
3. Maschinen
4. Maschinenelemente
5. Fertigungs- und Montagetechnik
6. Werkstofftechnik
7. Automatisierungstechnik
8. Messtechnik, Steuerungstechnik und Regelungstechnik
9. Adaptronik und Mechatronik (Mechanik, Elektronik, Informatik)
10. Verfahrenstechnik
11. Instandhaltungstechnik
12. Fluidtechnik
13. Logistik
14. Kenngrößen und Kennwerte
15. Verwandte Themen



Bild 1: Themengebiete im Maschinenbau

An dieser Stelle soll aber nicht näher auf die einzelnen Themengebiete eingegangen werden, das ist eine Abhandlung in einem anderen Zusammenhang. Kurz und knapp kann festgestellt werden, Maschinenbau ist eine Ingenieurdisziplin, die Fachkräfte mit fundierten Grundkenntnissen und einem hohen Maß an Motivation und Kreativität abverlangt. Maschinebau ohne direkte Verbindung zur Schweißtechnik ist undenkbar und Schweißen ist im Maschinenbau eine Erfolgsgeschichte mit Zukunft.

Lange Zeit wurde die Schweißtechnik sehr stiefmütterlich behandelt und es galt der Grundsatz, schweißen kann jeder, schweißen muss man nicht gesondert lernen und schon gar nicht lehren. Mit der Industrialisierung, speziell mit der Entwicklung des Maschinenbaus, entwickelten sich die Fügetechnik und damit dann im Besonderen auch die Schweißtechnik.

Heute ist die Schweißtechnik ein sehr wichtiges Gebiet, auf dem hochqualifizierte Spezialisten enorme Ingenieurskunst bewiesen haben, und noch immer beweisen, und damit hochmoderne Schweißverfahren, aber auch Schweißstromquellen entwickelt haben. Im Weiteren soll sich auf die Betrachtung der Schweißstromquellen und die Technik zum Lichtbogenhandschweißen beschränkt werden.

Die Vorteile und Möglichkeiten der modernen Elektronik wurden in den letzten Jahren konsequent in das Produkt Schweißstromquelle adaptiert. Dadurch wurden klassische Schweißstromquellen, wie Umformer und Transformator, immer mehr verdrängt. Umformer werden heute praktisch nur noch im Baustellenbereich, reine Transformatoren nur noch im Amateursektor eingesetzt.

In der schweißtechnischen Fertigung finden derzeit fast ausnahmslos Gleichrichter und Inverter Anwendung. Moderne Leistungsteile verfügen hierbei über eine Taktfrequenz von bis zu 100 kHz. Dadurch sind sehr schnelle Schaltvorgänge möglich und die dynamischen Eigenschaften der Schweißstromquellen werden verbessert.

In den letzten Jahren ist auch in der Schweißtechnik eine zunehmende Digitalisierung festzustellen.

Ausgangsstrom

Wechselstrom:

Durch der Transformation nachgeschaltete elektronische Bauelemente ist der typische sinusförmige Wechselstromverlauf in An- und Abstiegsgeschwindigkeit veränderbar. Der Extremfall sind rechteckförmige „Halbwellen“, die einen sehr schnellen Nulldurchgang ermöglichen. Ebenfalls auf elektronischem Weg lassen sich die einzelnen Halbwellenanteile zueinander verschieben (Balanceregulung).

Gleichstrom:

Der durch Gleichrichtung aus einem Wechselstrom erzeugte Gleichstrom weist noch eine gewisse Restwelligkeit auf. Je höher die Taktfrequenz bei der Transformation gewählt wird, desto geringer fällt diese aus. Bei Belastung der Stromquelle wird je nach den Erfordernissen des Schweißprozesses die Schweißspannung (abschmelzende Elektrode) oder die Schweißstromstärke (nichtabschmelzende Elektrode) konstant geregelt. Während die Stromquellencharakteristik bei herkömmlichen Stromquellen durch die Hardware fest vorgegeben ist, lassen elektronische Stromquellen eine nahezu stufenlose Veränderung der Kennlinienneigung zu.

Impulsförmiger Gleichstrom:

Ein Impulsstrom auf Gleichstrombasis wird durch die Umschaltung zwischen zwei verschiedenen Arbeitspunkten erzeugt (Modulation). Ein Arbeitspunkt ist dabei als Schnittpunkt zwischen der statischen Stromquellenkennlinie und der Lichtbogenkennlinie im Strom-Spannungs-Diagramm definiert. Die Kenngrößen des Impulsstromverlaufes sind die Frequenz, die Puls- und Pausenzeit, die An- und Abstiegsgeschwindigkeit sowie die Amplituden in Grund- und Pulsphase. Je nachdem welche elektrische Größe in der Grund- bzw. Pulsphase konstant geregelt wird, werden verschiedene Modulationsarten unterschieden. Auf die verschiedenen Modulationsarten, soll aber an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden, um das Ganze nicht zu sehr zu verwirren.

Frei einstellbarer Stromverlauf:

Mit digitalisiertem Stromverlauf lassen sich nahezu beliebige Stromverläufe realisieren. Analoge Sollwertvorgaben bzw. Regelgrößen werden über einen A/D-Wandler digitalisiert und durch einen digitalen Signalprozessor verarbeitet. Die Art bzw. der Verlauf des Ausgangsstromes ist über die Programmierung des Signalprozessors steuerbar. Die digitale Verarbeitung gewährleistet dabei eine hohe Reproduzierbarkeit der Lichtbogenparameter.

Beispiele für frei generierte Stromverläufe sind das gesteuerte Kurzlichtbogenschweißen, das kurzlichtbogenschweißen mit Zwischenimpulsen und das MIG-Wechselstromschweißen.

Benutzerführung:

Bei der Gestaltung der Benutzeroberfläche sind zwei gegensätzliche Trends erkennbar. Zum einen soll dem Anwender die Bedienung der Stromquelle so einfach wie möglich gemacht werden, zum anderen sollen möglichst viele Freiheitsgrade bei der Einstellung von Schweißparametern vorhanden sein.

Die Kommunikation des Betreibers mit der Stromquelle erfolgt über Schalter und Potentiometer oder über ein LCD-Display. Die Auswahl der Schweißleistung erfolgt in festen Stufen (stufengeschaltet) oder stufenlos über Synergiefunktion. In der Stromquelle sind dazu für verschiedene Werkstoffe, Schutzgase und Drahtdurchmesser entsprechende Parameter in Kennlinienform hinterlegt. Programmierbare Stromquellen bieten dem Anwender zudem die Möglichkeit, eigene Kennlinien bzw. Arbeitspunkte zu definieren.

Forschungsansätze:

Die Digitalisierung bzw. Elektrisierung der Stromquellen besitzt noch viel Entwicklungspotential. Die betrifft zum einen die Minimierung von Baugröße und Gewicht bei gleichbleibenden bzw. steigenden Leistungsdaten und zum anderen die Verbesserung der Regelalgorithmen zur Optimierung der Parameterkonstanz. Für eine bessere Handhabung der Stromquellentechnik werden zudem immer mehr Bedienfunktionen in den Schweißbrenner verlegt.

Eine wichtige Komponente bei der Entwicklung der Gerätetechnik ist aber immer gekoppelt an Bedarf und Nachfrage. Der Einsatz solcher digitalen Schweißtechnik erfordert allerdings geschultes und zertifiziertes Personal mit speziellen schweißtechnischen Kenntnissen.

Das Aufgabengebiet des „Schweißfachpersonals“ liegt hauptsächlich in den metallverarbeitenden Unternehmen, wie Apparatebau, Karosseriebau, Brückenbau, Rohrleitungsbau, allem. Stahlbau oder im Heizungs- und Lüftungsbau, aber auch im Bauwesen.

Qualifiziertes Schweißfachpersonal im Unternehmen gewährleistet in hohem Maße eine qualitativ hochwertige Arbeit im schweißtechnischen Bereich. Durch die Weiterbildung von Mitarbeitern zu Schweißfachleuten können Unternehmen ihr Leis-

tungsspektrum zusätzlich erweitern und sich so gegenüber Mitbewerbern Vorteile im Wettbewerb sichern.

Folgende Berufe sind z.Zt. in aller Welt auf dem Gebiet des Schweißens sehr gefragt:

Schweißer: Geprüfte Schweißer verbinden Metallteile und tragen somit zur Konstruktion und Montage bei. Dabei bedienen sie sich einer Vielzahl von unterschiedlichen Schweißverfahren, je nachdem, welche Anforderungen gestellt sind. Fachlich sind die Anforderungen an den Schweißer sehr gestiegen. Waren zu Beginn der Ausbildung nur 5 Schweißverfahren bekannt, so sind es heute über 100 Schweißverfahren!

Schweißfachmann: die praxisorientierte Schweißaufsichtsperson, Schweißfachmänner können in kleinen und mittelständischen Unternehmen als vollverantwortliche Schweißaufsichtsperson fungieren. In großen Betrieben sind sie das Bindeglied zwischen Schweißfachingenieur und der qualitätsgerechten Umsetzung der Schweißarbeiten.

Schweißwerksmeister: Fachkraft mit universellen Handfertigkeiten und praxisbezogenem Fachwissen für umfangreiche und verantwortungsvolle Tätigkeitsfelder. Fachkraft mit der Befähigung zum beruflichen Aufstieg zum Schweißlehrer, Schweißfachmann oder für Führungsaufgaben auf Meisterebene.

Schweißlehrer: ist verantwortlich für die Durchführung der praktischen und fachtheoretischen Ausbildung der Schweißer. Er ist mit der Aufgabe betraut, den Auszubildenden sowohl die praktischen Fertigkeiten, als auch die fachtheoretischen Grundlagen zu vermitteln. Durch seine pädagogische Qualifikation ist er in der Lage, seine Lehrstrategie und -methode dem jeweiligen Teilnehmerkreis anzupassen.

Schweißtechniker: Fachkraft für viele Belange der Schweißtechnik

Schweißtechniker sind in den gleichen Branchen wie Schweißfachingenieure von der Konstruktion bis zur Fertigung notwendig. Dabei treten sie in mittleren und kleinen Betrieben als vollverantwortliche Schweißaufsichtsperson, in großen Betrieben oft als Vertreter des Schweißfachingenieurs auf.

Schweißkonstrukteur: eine Fachkraft für die Berechnung und Gestaltung von Schweißkonstruktionen. Vor allem die Funktionssicherheit und die Fertigungskosten werden ganz entscheidend durch eine richtige, beanspruchungs- und schweißgerechte Ausführung bestimmt.

Schweißfachingenieur:

Garant für die Gütesicherung in der Schweißtechnik Von der Konstruktion bis zur Fertigung sind Ingenieure mit umfassenden schweißtechnischen Kenntnissen notwendig, um die umfangreichen Aufgaben beim Bau von Brücken, Druckbehältern, Dampfkesseln, Stahlhochbauten, Fahrzeugen zu Wasser, in der Luft, im Weltraum, auf Schiene und Straße sowie im Maschinen-, Anlagen- und Rohrleitungsbau zu bewältigen.

Schweissprüfpersonal: Die Ausbildung zum Schweißgüteprüfpersonal (IWIP) verbindet die beiden Gebiete der Schweiß- und Prüftechnik miteinander. Mit dem Schweißgüteprüfpersonal steht der Industrie eine Aufsicht mit zweifacher Kompetenz zur Verfügung, die sowohl die schweißtechnischen als auch die prüftechnischen Anforderungen erfüllt.

Das „Kompetenzzentrum für Schweißen und Metallbearbeitung“ hat es sich Aufgabe gemacht, neben vielen anderen wichtigen Tätigkeiten, einen entscheidenden Beitrag zur Ausbildung von solch geschultem Schweißfachpersonal nach internationalen Standards zu erbringen.

Wer ist nun das Kompetenzzentrum?

Das Kompetenzzentrum ist das erste Unternehmen, nicht nur in Kirgisistan, sondern auch in ganz Zentralasien das in Zusammenarbeit mit der GSI, dem DVS, der SLV-Nord in Hamburg, dem TÜV-Nord und deutschen Universitäten, Organisationen und Fachfirmen Fachpersonal für das Schweißen nach Europäischer Norm EN 287 ausbildet. Die Ausbildung wird durch die TÜV-Nord Group zertifiziert und erfolgt ausschließlich mit Geräten und Materialien, die entsprechend den europäischen Normen zertifiziert sind. Erfolgreiche Absolventen erhalten einen Schweißerpaß gemäß EN 287, der in allen Ländern und internationalen Firmen gültig ist, welche die Europäischen Normen verwenden. Die TÜV-Nord Group steht weltweit für dokumentierte Sicherheit und Qualität, auch in der Weiterbildung. TÜV-Zertifikate bieten Ihnen die Sicherheit, dass die Mitarbeiter für die vorgesehenen Aufgaben ausreichend qualifiziert sind, und geben einen von neutraler und anerkannter Stelle beglaubigten Nachweis darüber, dass die Mitarbeiter die erworbenen Fachkenntnisse durch Weiterbildung in einer TÜV-autorisierten Schweißausbildungs- und Prüfungsstätte erhalten haben.

Im Zuge der Globalisierung unserer Welt ist der Nachweis von zertifizierter Ausbildung des Fachpersonals eine Existenzfrage für Betriebe im internationalen Wettbewerb. Qualifiziertes Schweißfachpersonal im Unternehmen gewährleistet in hohem Maße eine qualitativ hochwertige Arbeit im schweißtechnischen Bereich. Durch die Weiterbildung von Mitarbeitern zu Schweißfachleuten können Unternehmen ihr Leistungsspektrum zusätzlich erweitern und sich so gegenüber Mitbewerbern Vorteile im Wettbewerb sichern.

Gleiches gilt in vollem Umfang auch für die Metallbearbeitung, auch hierbei werden hochqualifizierte Fachleute nicht nur in Kirgisistan, sondern auch in ganz Zentralasien und der ganzen Welt benötigt.

Die Ausbildung ist ein erster großer Komplex, mit dem sich das Kompetenzzentrum beschäftigt.

Darüber hinaus ist es ein Hauptanliegen des Kompetenzzentrums, auch ein kompetenter Ansprechpartner zu allen Fragen des Schweißens und

der Metallbearbeitung für die Wirtschaft, aber auch für interessierte Privatpersonen zu sein.

Dazu werden in regelmäßigen Abständen in unseren Räumen, aber auf Wunsch auch in den jeweiligen Firmen, Seminare, Workshops und Ausstellungen zu allen aktuellen Themen des Schweißens und der Metallbearbeitung durchgeführt.

Als drittes und letztes, aber ebenso Wichtiges, beschäftigt sich das Zentrum auch auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung. Es ist ein wichtiger Bestandteil der Arbeit der Mitarbeiter des Kompetenzzentrums, auch bestehende Verfahren, oder Lehrmethoden den neuesten Technologien anzupassen und weiterzuentwickeln, aber auch Neues zu entwickeln und zu erforschen.

Im Kompetenzzentrum sind hochqualifizierte Professoren und Ingenieure beschäftigt, die alle, ausnahmslos, nach internationalen Standards zertifiziert sind, die sich allen Fachfragen zum Thema Schweißen und Metall stellen.

Das Arbeitsgebiet des Labors des Kompetenzzentrums liegt schwerpunktmäßig in der Durchführung vorlesungsbegleitender Praktika und Vorführungen zur Schweißtechnik / Fügetechnik. So soll das Auge für die in der Praxis existierenden Probleme geschult und ein Einfluss auf die konstruktive Denkweise am späteren Arbeitsplatz bzw. Handlungsbereich ausgeübt werden. Wesentlicher Aufgabenbereich ist auch die Durchführung von Projekt-, Abschluss- und Drittmittelarbeiten. Themen hierzu ergeben sich aus eigenen Entwicklungsarbeiten, aus interdisziplinärer Zusammenarbeit mit anderen Fakultäten und dem hochschuleigenen Kompetenzzentrum Mechatronik sowie durch Kontakte zur Industrie. Im Rahmen einer Zusatzqualifikation vermittelt die praktische Ausbildung im Schweißlabor die in Teil 2 des Schweißfachingenieur-Lehrgangs nach Richtlinie DVS®-IIW 1170 geforderten praktischen Kenntnisse.

Laborausstattung: Autogenschweißen

Elektro-Lichtbogenschweißen
Metall-Schutzgasschweißen MIG / MAG
Wolfram-Schutzgasschweißen
Widerstandspunktschweißen
Thermisches Brennschneiden
Mechanisches Fügen
Zerstörende und nicht zerstörende Werkstoff- und Schweißnahtprüfung

Labornutzung

Lehre

- Praktika in Schweiß-, Füge- und Lasertechnologie innerhalb des Moduls Schweißtechnik im 7. Und 8.Semester des Bachelor-Studiengangs Maschinenbau
- fügetechnische Vorführungen und Demonstrationen im Rahmen des Moduls Fügetechnik für den Leichtbau

- Projekt- und Abschlussarbeiten
- Service bei anspruchsvollen Schweißungen für Labore der Fakultät und der freien Wirtschaft
- Forschung und Wissenstransfer
- Die Nutzung des Labors für Forschung und Entwicklung oder im Rahmen des Technologie- und Wissenstransfers ist generell möglich.

Sonstiges

- Schweißfachingenieurausbildung (Praktisches Schweißen) in Zusammenarbeit mit der SLV München nach Richtlinie DVS®-IIW 1170

Verfahrensübersicht

E--Hand

Die Schweißwärme wird durch einen elektrischen Lichtbogen erzeugt, der zwischen dem Werkstück und der abschmelzenden Elektrode brennt. Die Elektrode liefert gleichzeitig den Zusatzwerkstoff. Fast alle schweißbaren Werkstoffe können geschweißt werden.

Vorteile: Einfach und sicher. Kompakte Geräte sind

einfach und sicher transportierbar. Keine Verwendung von Gas erlaubt Anwendung im Freien

MIG/MAG

Der elektrische Lichtbogen brennt zwischen dem abschmelzenden automatisch zugeführten Schweißdraht und dem Werkstück. Ein separat zugegebenes Gas schützt den Lichtbogen und die Schweißzone vor dem Zutritt von Sauerstoff. Schweißbare Materialien: wie E-Hand, zusätzlich Alu und Alu-Legierungen. Vorteile: hohe Schweißgeschwindigkeit, minimale Nacharbeit, geringe Verformung, folglich hohe Wirtschaftlichkeit

WIG

Der elektrische Lichtbogen brennt zwischen der nicht abschmelzenden Wolfram-Elektrode und dem Werkstück. Ein separat zugegebenes Gas schützt den Lichtbogen und die Schweißzone vor dem Zutritt von Sauerstoff. Zusatzstoffe werden von Hand zugegeben. Schweißbare Materialien: wie E-Hand und MIG/MAG plus Kupfer und Titan. Vorteile: schmale Schweißzone, Wegfall von Flussmitteln und folglich Spritzer freier Lichtbogen, also keine Nacharbeit, folglich sehr hohe Produktivität

Das schweißtechnische Labor der KSTU:



Bild 2: Schweißmaschine für Kontaktschweißen ATP – 5



Bild 3: MAG Schweißen



Bild 3: Transformator



Bild 4: Selbstfahrenden Schweißautomate ADS – 1000 - 2

Das moderne Schweißlabor:

Blick in das Labor Bitte beachten: Jede Kabine besitzt eine Absauganlage, durch welche die giftigen Abgase abgesaugt werden.

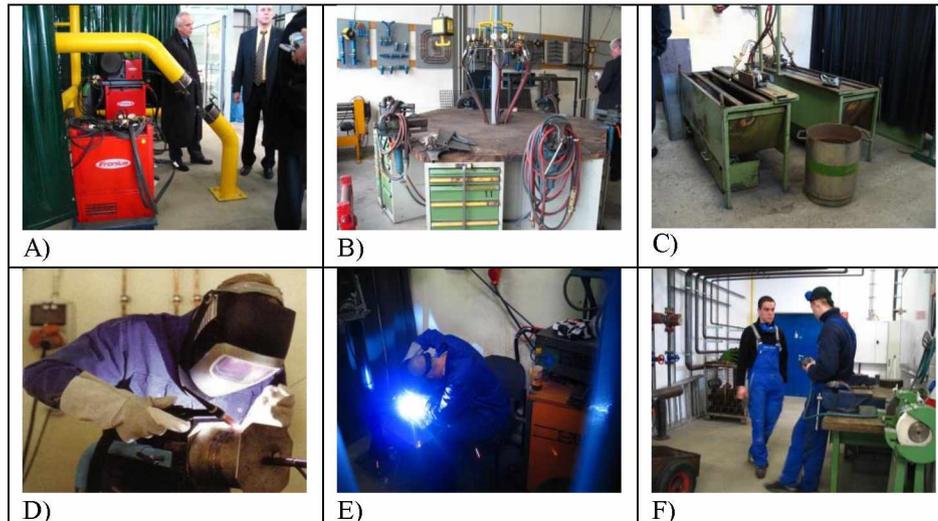


Bild 5: A- MIG/MAG - Anlage, B- Gasschweiß-Arbeitsplatz, C - Brennertisch, D - WIG-Schweißer, E - MIG/MAG, F - Pausengespräch

Wir bedanken uns ganz herzlich beim Rektor der Universität Herrn Prof. Dr.

T. Duischenaliev, beim Bundesministerium für Entwicklung und Zusammenarbeit, bei der Deutschen Botschaft in Bischkek und bei der Gesellschaft

für Internationale Zusammenarbeit für ihre Unterstützung bei diesem so wichtigen Projekt und wünschen uns allen die maximalsten Erfolge bei der Umsetzung unseres Vorhabens.