Kukuk
-Ingenieurbüro-

Dipl.-Ing. Klaus Kukuk und Fahrzeugtechnik Ingenieurin Laura Kukuk

Kaldauer Höhe 13 • 51491 Overath • Telefon 0 22 06 / 95 900 • Fax 0 22 06 / 95 90 90
E-Mail: info@kukuk.com Internet: http://www.kukuk.com

Wir gehen unter die Haut

Die komplexe & aufschlussreiche Untersuchung eines SSK

In Kooperation mit der Technischen Hochschule Köln gehen wir unter die Haut, nehmen das Untersuchungsfahrzeug unter die Lupe und bestimmen jedes seiner Elemente, im wahrsten Sinne des Wortes!

Bereits seit über 35 Jahren wenden wir naturwissenschaftliche Methoden und insbesondere die Materialanalyse mittels Spektroskopie an, um eine Altersbestimmung von Stahl und Aluminium Materials durchzuführen, in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlichen Instituten (z.B. Dr. Mikitisin) und der Technischen Hochschule Köln an. Bei der Untersuchung von Gasen und Flüssigkeiten halfen Ford-Köln (Gasanalysespektrometer) und Labormitarbeiter der Shell Raffinerie in Wesseling.

Der Untersuchungsfall, welchen wir Ihnen heute als Beispiel für die Anwendung verschiedener wissenschaftlicher Methodiken, vorstellen wollen, liegt nun über 20 Jahre zurück. (Ergebnisvergleich der mobilen Spektroskopie, welche wir heute im Einsatz haben, mit der ortsgebundenen Spektroskopie im Labor 2004.)

Schon damals haben wir Methoden wie Ultraschall zur Wandstärkenmessung von Stahl- und Aluminiumblechen oder Rahmenbauteilen, welche wir heute auch zur Lackschichtdickenmessung auf GFK und CFK Karosserien anwenden, 2D Röntgen zur Rahmen Untersuchung, Endoskopie und Spektroskopie angewandt. Methoden, die uns heute wie damals helfen das Fahrzeug bis ins Detail und in seinen einzelnen Elementen zu untersuchen und authentifizieren.

Inhaltsverzeichnis

1 Die Geschichte 2
1.1 Lackschichtdickenmessung 4
1.2 Materialstärkenmessung mittels Ultraschall 5
1.3 Ultraschall im Einsatz heute 7
1.3.1 Messgeräte 7
1.4 Wanddicken- und Lackschichtdickenmessung auf Stahl, Aluminium, GFK und CFK 7
2 Materialuntersuchung 9
3 Ätzmethode zur Ermittlung einer Rahmenverkürzung 13
3.1 Schweißnaht suche am Rahmen 15
3.2 Fahrgestellnummern Untersuchung 17
4 Abschließende Beurteilung – Zwischenbericht 10.11.2005 18

1 Die Geschichte

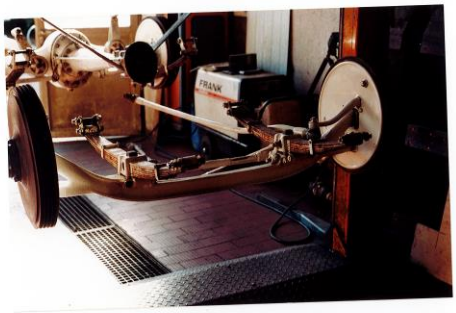
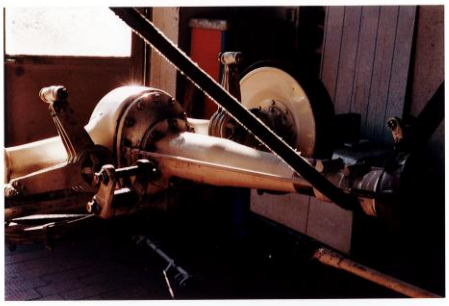
Heute sind wir weltweit mit unserem mobilen Spektroskop von Spectro / Ametek unterwegs und können zerstörungsfrei das Blechmaterial einer Karosserie oder eines Rahmens vor Ort untersuchen und analysieren. Bereits Ende der 80er Jahre ist Dipl.-Ing. Klaus Kukuk, mein Vater, bereits um die Welt geflogen um bei schwierigen Fragestellungen oder besonders spannenden und historisch wertvollen Fahrzeugen einen objektiven Blickwinkel als Ingenieur und mittels naturwissenschaftlicher Methoden beizusteuern. Das schlimme damals war, dass diese Untersuchungen nicht zerstörungsfrei machbar waren. Auch heute freuen wir uns Ihnen und anderen Oldtimerenthusiasten bei Seite zu stehen und gemeinsam knifflige Fragestellungen oder Unklarheiten zu lösen.

Bei dem Untersuchungsfahrzeug handelt es sich um einen vermeintlichen MB SSK von Ende der 20er Jahre. Die Authentitzität der Materialien, eine erste Einschätzung, sollte vorerst vor Ort erfolgen. Eine erste Briefmarke wurde aus der mittleren Quertraverse entnommen und untersucht. Damals, wie heute, spielte die Materialanalyse mittels Spektroskopie eine große Rolle, sodass Papa parallel zur Fahrzeuguntersuchung einige Bauteile in ein nahliegendes Labor schickte, um bereits vor Ort die Materialanalysen durchführen lassen zu können.

> Info: Die Spektroskopie war bis ca. 2012 mit der für unseren Anwendungsfall und benötigte Präzision nur im Labor möglich. Hierzu mussten also Probenstücke ins Labor geschickt, ggf. zuvor ausgetrennt, und analysiert werden. Seit 2012 ist es möglich portabel und non-invasiv zu arbeiten, mit einer Genauigkeit von 0,0001.

Die erste von über 10 Untersuchungen ergab vorerst ein positives Resultat, es sollte sich um Vorkriegsstahl handeln, die weitere Baugruppen des Fahrzeugs ließen auf ähnliches schließen. Einige offene Fragen standen aber im Raum, welche es zu klären galt und somit folgten einige weitere Untersuchungen. Während dieser Zeit wurde das Fahrzeug, an die Technische Hochschule Köln, geliefert, um insbesondere den Rahmen weiter zu untersuchen.

Das Fahrzeug wurde bei Beier & Beier in Halle Westfalen komplett bis auf den Rahmen zerlegt, sodass jede Baugruppe bis ins Detail untersucht werden konnte.

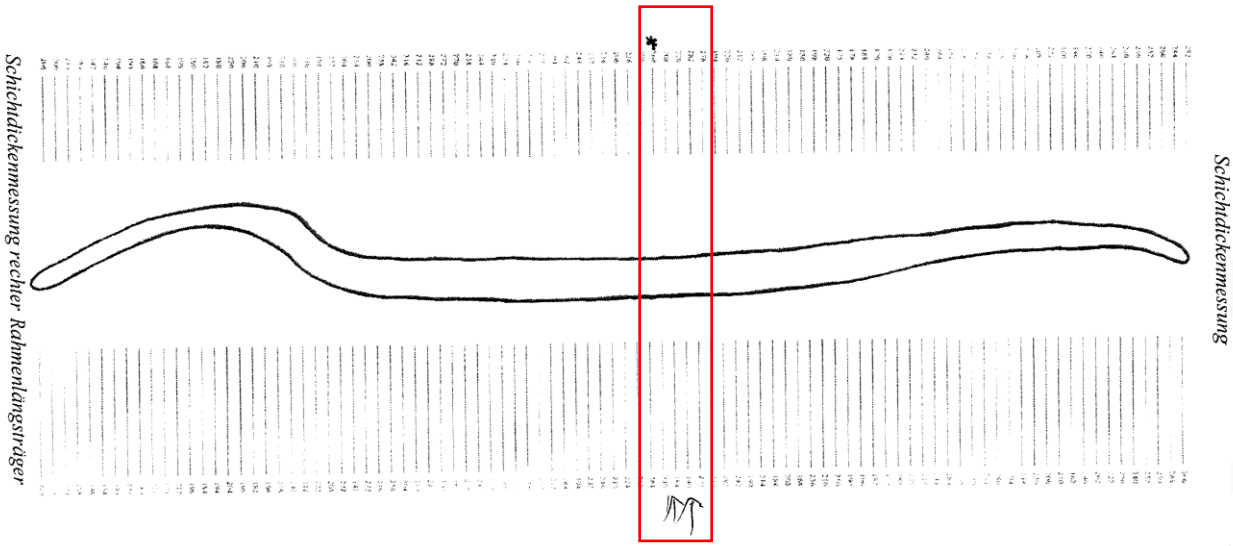
Der Rahmen wurde zu J&L nach Moitzfeld verbracht und wurde dort geröntgt.

Eine der Fragestellungen, die es zu klären galt, war „Weist das Untersuchungsfahrzeug Verkürzungsschweißnähte auf“ und handelt es sich bei den „Prägekennzeichnungen um die herstellerkonformen, originalen, Prägungen“.

Bei uns steht eine objektive und detaillierte Untersuchung an oberster Stelle. Hierzu sind verschiedene forensische und naturwissenschaftliche Methoden während unserer Untersuchungen regelmäßig im Einsatz.

Im Folgenden wollen wir Ihnen unsere verschiedenen forensischen und naturwissenschaftlichen Methoden zur Authentifizierung von Fahrzeugen vorstellen. Angefangen mit der Spektroskopie, über Ultraschall, MRT, Öl Analyse, Lackschichtdickenmessung, 3D Scan und Röntgen, Mikroskopie, Ätzverfahren und unsere Motoren Untersuchungen.

1.1 Lackschichtdickenmessung



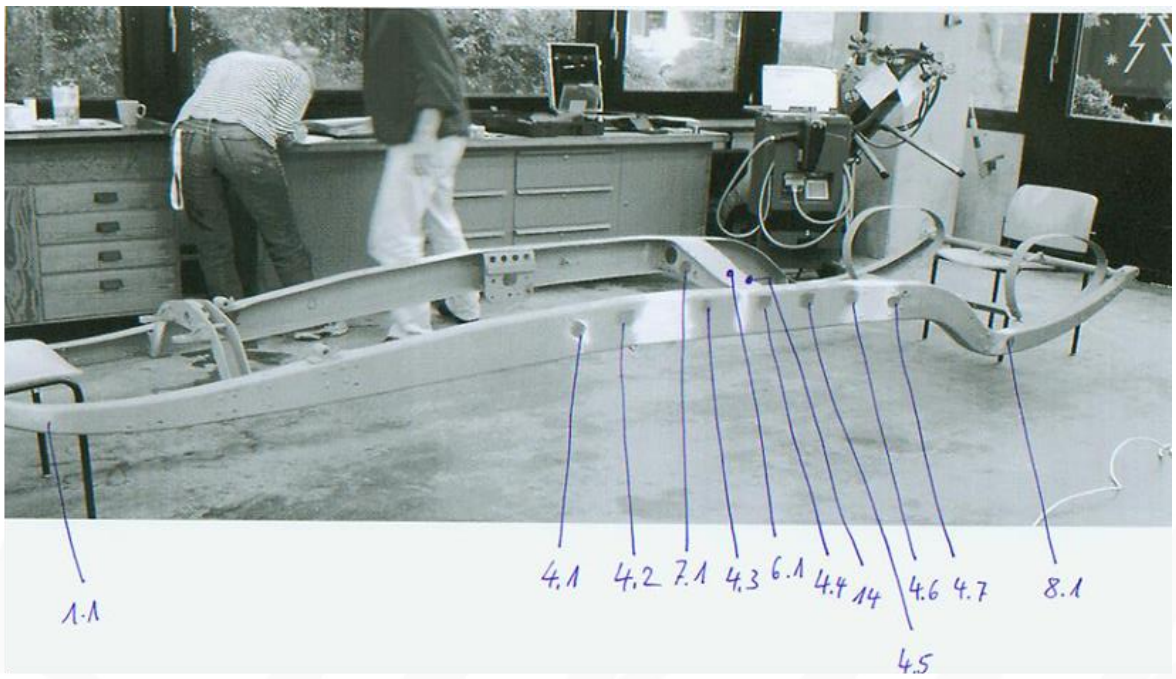
1.2 Materialstärkenmessung mittels Ultraschall

*Die Anwendung von **Ultraschall** nutzen wir zur Bestimmung der **Materialstärke**, sowohl von Aluminium- als auch von Stahlblech. Besonders im Karosserie- und Rahmenbereich führen wir diese Methode regelmäßig durch und vergleichen die Werte mit den technischen Zeichnungen der Fahrzeugherstellers. Wichtig hierbei ist, dass wir die Blechstärke ermitteln können, ohne durch Lack- und Spachtelaufbau gestört zu werden und das natürlich non-invasiv!*

***Neu**: Wir können heute auch die Lackschichtdicke oder jegliche Art der Materialstärke ermitteln. Insbesondere für die Untersuchung der Lackstärke auf GFK und CFK kommt Ultraschall zum Einsatz, somit können wir auch hier ein Erstlackfahrzeug identifizieren*

Mobiles Mikroskop

Der Rahmen nach vollständiger Demontage bei Beier & Beier



Die Materialstärke wurde an den Hauptkomponenten des Rahmens mittels Ultraschall untersucht. Zusätzlich wurde die Materialstärke im Bereich der Prägekennzeichnung am Rahmenlängsträger vorn rechts sowie Querträgern gemessen. Der Rahmenlängsträger vorne links wurde gesondert mittels Ultraschallmessung untersucht.

Die Materialstärke ist durchgängig im Bereich vor 4,2mm auch an den Prägekennzeichnungen stellen und der gegenüberliegenden Rahmenlängsträger endspitzen links.

1.3 Ultraschall im Einsatz heute

Das Messverfahren ist geeignet für Farbe, Lacke und Kunststoffschichten auf Kunststoff, Metall, Holz, Keramik und Glas.

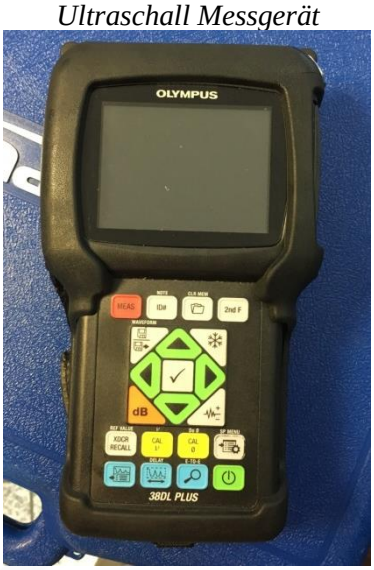
1.3.1 Messgeräte

Ultraschall-Schichtdickensensor:

Dieser fungiert zugleich als Sender und als Empfänger,
indem er einen Ultraschallimpuls mit Hilfe eines Koppelmittels in das Schichtsystem sendet und die an den Grenzflächen der einzelnen Schichten reflektierten Signale empfängt.
Die Laufzeiten dieser Ultraschallimpulse werden ausgewertet und mit einer Auflösung von 0,1 µm in die entsprechenden Schichtdicken umgerechnet.

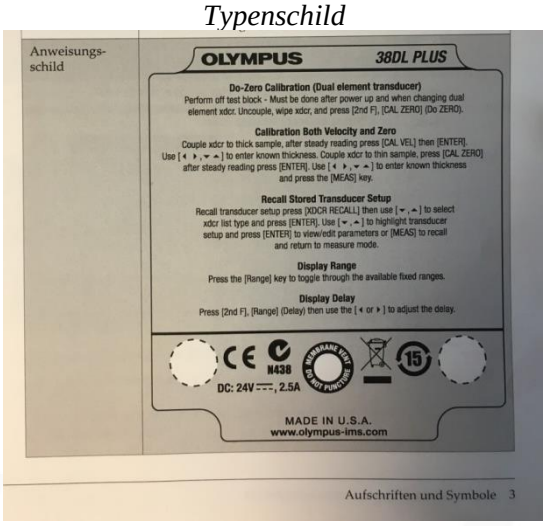
Messgerät und einem angeschlossenen intelligenten Ultraschall-Schichtdickensensor.
Dieser fungiert zugleich als Sender und als Empfänger, indem er einen Ultraschallimpuls mit Hilfe eines Koppelmittels in das Schichtsystem sendet und die an den Grenzflächen der einzelnen Schichten reflektierten Signale empfängt. Die Laufzeiten dieser Ultraschallimpulse werden ausgewertet und mit einer Auflösung von 0,1 µm in die entsprechenden Schichtdicken umgerechnet.

Ultraschall Messgerät



/Olympus 38 DL Plus

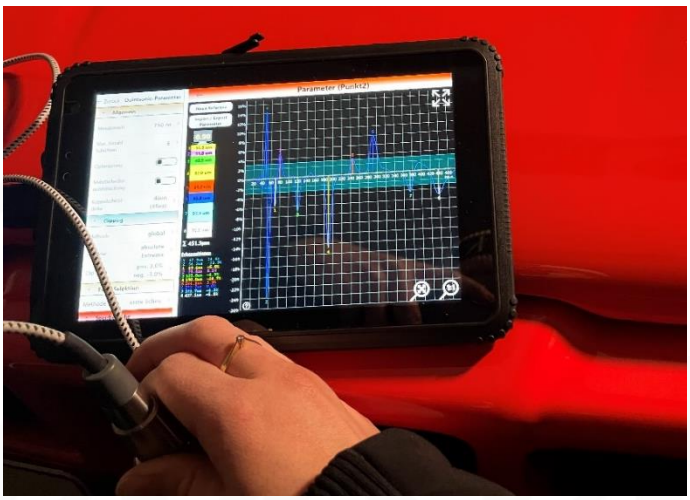
Typenschild



Olympus Typenbeschreibung

1.4 Wanddicken- und Lackschichtdickenmessung auf Stahl, Aluminium, GFK und CFK

Das Messverfahren ist geeignet für Farbe, Lacke und Kunststoffschichten auf Kunststoff, Metall, Holz, Keramik und Glas.



Auf dem Lichtbild ist eine Messung an einem BMW M, mittels Quindt Sonic T zu sehen, der bekannterweise eine GFK Karosserie trägt. Auf dem Messbildschirm ist der Amplitudenverlauf der Messung zu sehen, wodurch die einzelnen Schichten sichtbar werden. Hierdurch konnte unter anderem die Lackschichtdicke ermittelt werden.

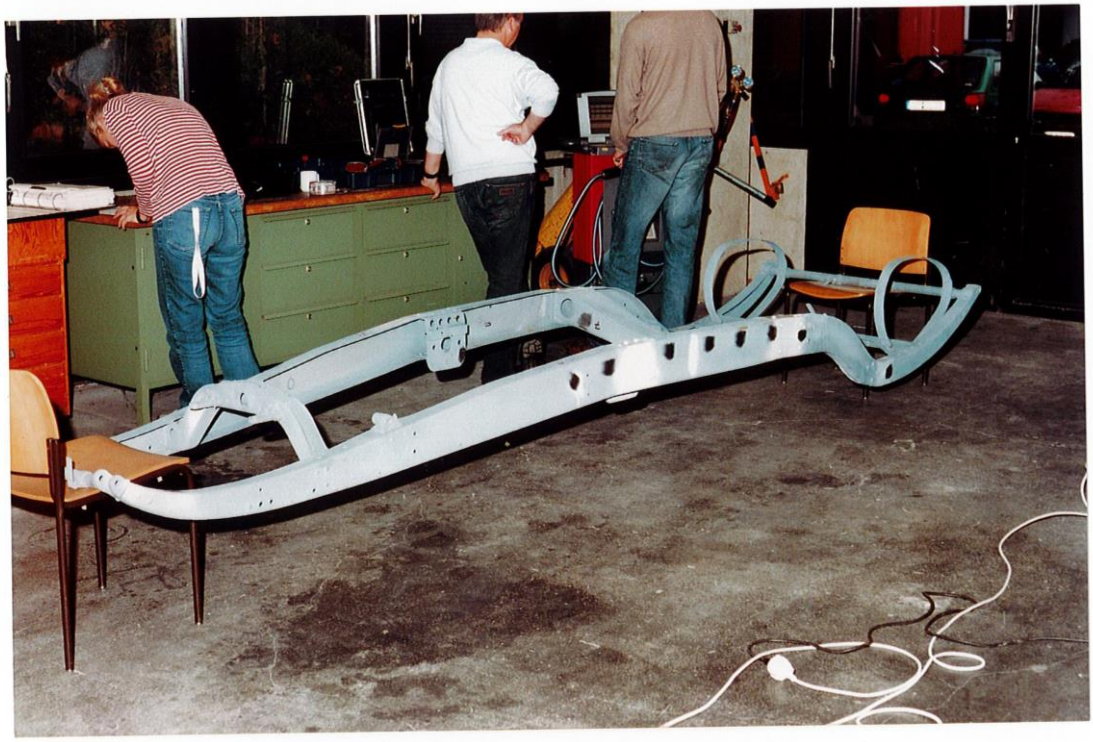
Auf dem Lichtbild ist eine Messung an einem Porsche 910 Rahmen, mittels Olympus 38 DL Plus zu sehen. Hierbei sollte die Materialstärke der verbauten Rohre mit den Herstellervorgaben verglichen werden. Auf dem Messbildschirm ist sowohl der Amplitudenverlauf als auch der Messwert erkennbar. Hierdurch konnte unter anderem die Lackschichtdicke ermittelt werden.

Bei Messobjekten mit Stahl-Substrat, deren Substrat-Wanddicke ausgemessen werden soll, liegt im Substrat meistens eine gleichbleibende Schallgeschwindigkeit vor – auch bei unterschiedlichen Legierungsbestandteilen. Die Schallgeschwindigkeit ändert sich so geringfügig, dass die Auswirkung auf die Messergebnisse i.d.R. vernachlässigt werden kann.

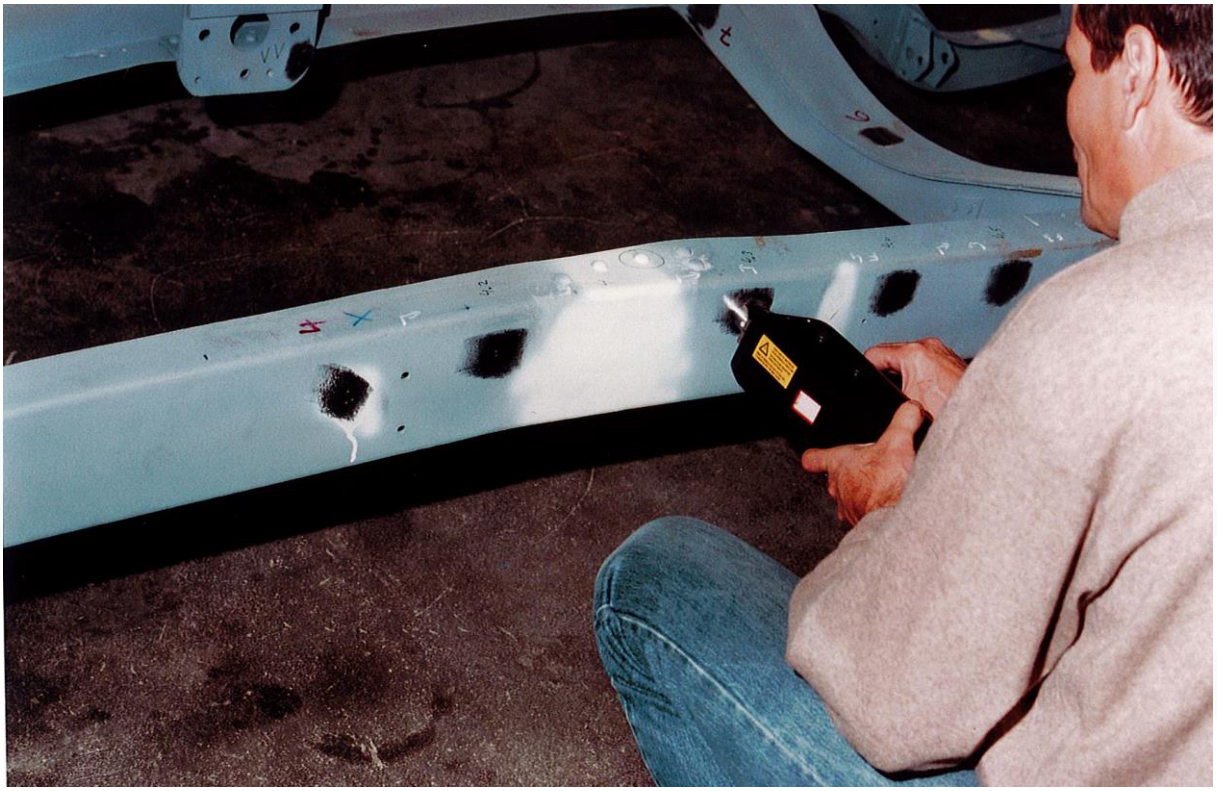
In Materialien, z.B. in Buntmetallen und Kunststoffen, unterliegt die Schallgeschwindigkeit jedoch größeren Änderungen, so dass dadurch die Messgenauigkeit beeinträchtigt werden kann. Die Schallgeschwindigkeit muss daher mit geeigneten Verfahren bestimmt werden, z.B. durch mechanische Dickenmessungen an unbeschichteten Probekörpern bzw. durch Querschliffe bei kleineren Substratdicken.

2 Materialuntersuchung

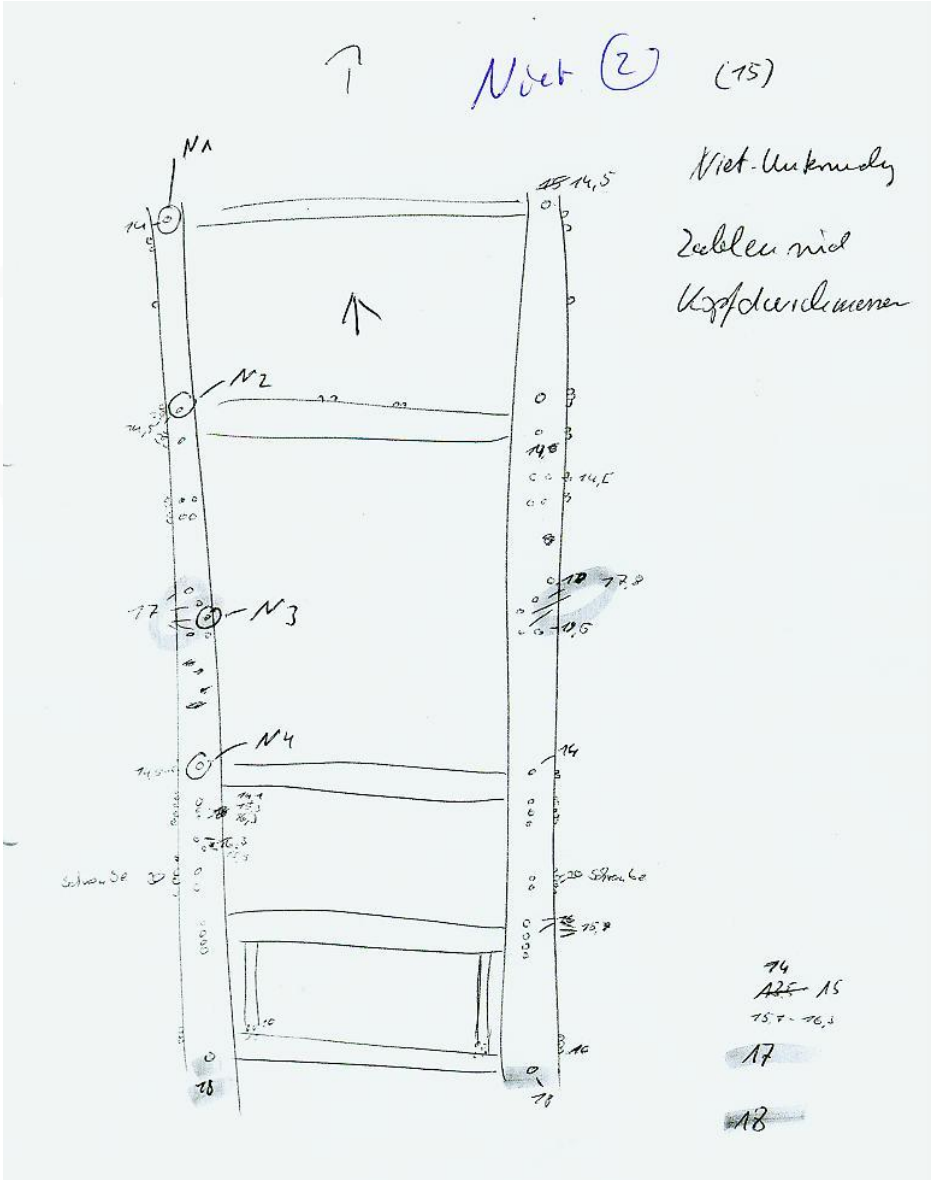
Mittels Spektroskopie wird die Materialzusammensetzung, also die Elemente, aus denen das vorliegende Material prozentual zusammengesetzt ist, ermittelt. Anschließend lässt sich hierdurch das Alter des Materials, anhand der Elemente und dem Herstellungsprozess, bestenfalls bis auf ein Jahrzehnt genau bestimmen. Die Spektroskopie, als forensisch / naturwissenschaftliche Methode der Authentizitätsprüfung eines Fahrzeugs, wird in unserem Ingenieurbüro seit 1986 angewendet. Seit nunmehr 9 Jahren können wir die Ermittlung der Materialzusammensetzung, in der erforderlichen Qualität / Tausendstelbereich, nahezu zerstörungsfrei und mobil durchführen. Somit können wir inter- und national jeder Zeit eine entsprechende Untersuchung durchführen. Bis dato konnten wir an der West- und Ostküste von Nordamerika, Südamerika, Tokyo, Moskau, Norditalien, England, Belgien, Niederlande, Schweiz und in Österreich unsere Erfahrungen erweitern.



Stationäre Spektroskop an der TH Köln, bedient durch Dipl.-Ing. Dieter Orbach

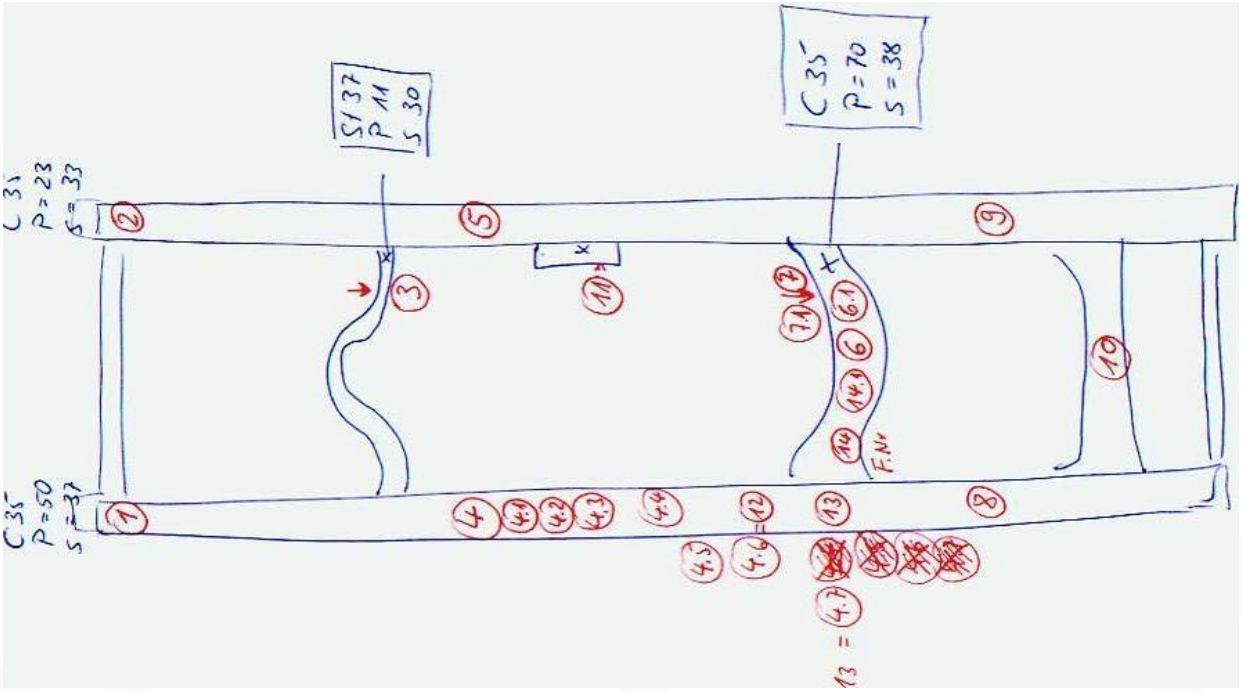


Mobiles Spektroskop wird von Dipl.-Ing Jochen Bettendorf, Fa. Spectro, angewendet, 2004



Probenstellen Nietmaterialuntersuchung

Die Rahmenmaterialien wurden geprüft.



Die Rahmenlängsträger rechts und links sowie die Querträger sind nicht aus einer Fertigungs-Charge. Das Material der Motorhalter weicht vom übrigen Materialtyp ab. Bei dem Material der Nieten handelt es sich sicher um Nachkriegsstahl.

3 Ätzmethode zur Ermittlung einer Rahmenverkürzung

Das Ätzen einer metallischen Schliffprobe ist ein chemischer respektive elektrochemischer Vorgang. Aufgrund lokaler Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung kommt es zur Bildung von Lokalströmen infolge Potentialdifferenz. Die einzelnen Phasen/Körner werden dabei unterschiedlich stark abgetragen oder durch eine feine Niederschlagshaut kontrastiert. Ein kristallorientierungsbedingter Ätzangriff findet ebenfalls statt. Aufgrund der unterschiedlichen Abtragsrate der einzelnen Gefügebestandteile entsteht ein Relief. Das einfallende Licht erfährt hierbei eine Reflektionsänderung an den Phasengrenzen.

Mittels Macroätzung wurden 5 Schweißpunkte sichtbar. Eine Durchschweißstelle konnte in dem Bereich am Rahmen zu diesem Zeitpunkt nicht festgestellt werden.
Es wurde eine weiter gehende Untersuchung mit völlig entlacktem Rahmen sowohl zu weiteren Materialanalysen der Hauptrahmenbauteile als auch nach Abwaschung mit wässriger Salpetersäure zur Untersuchung auf Durchschweißstellen (Rahmenverkürzung) vereinbart.

Ä T Z H E F T
VERFAHREN ZUR
SCHLIFFHERSTELLUNG UND GEFÜGEENTWICKLUNG
FÜR DIE METALLOGRAPHIE
VON
Dr. Ing. Angelica Schrader 1957

Fe 10	*Nachweis von Kraftwirkungsfiguren*	*Fry-Ätzung:* *Kraftwirkungsfiguren werden nur in höher stickstoffhaltigen, kohlenstoffarmen, normalisierten (nicht abgeschreckten) Stahl sichtbar, wenn verformte Bereiche neben unverformten vorhanden sind.* *Vor dem Ätzen bei 150-200°C anlassen.* *a) für mikroskopische Betrachtung):* *40 ml Salzsäure 1,19,* *30 ml dest. Wasser,* *25 ml Alkohol,* *5 g Kupferchlorid.* *Nach dem Ätzen zuerst in Alkohol, der mit Salzsäure angesäuert ist, abspülen.* *b) Makroskopische Ätzung):* *10 ml Salzsäure 1,19,* *100 ml Alkohol,* *6 g Eisenchlorid,* *6 g Kupferchlorid.* *Nach dem Ätzen zuerst in Alkohol (auch Brennspiritus), der mit Salzsäure angesäuert ist, abspülen. Polieren des Schliffes ist nicht erforderlich. Die verformten Bereiche werden dunkler geätzt als die nichtver-*

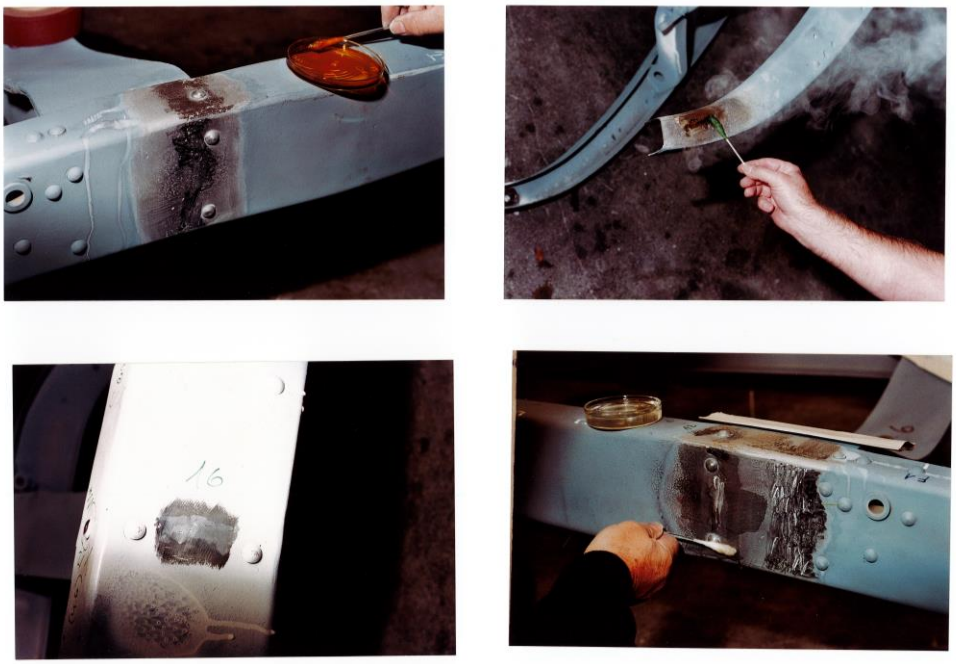
formten.

Fe 11	*Für Schweißnähte im Stahl*	*Adler-Ätzung):* *3 g Kupferammoniumchlorid* *25 ml dest. Wasser.* *Nach Auflösung hinzufügen:* *50 ml Salzsäure 1,19,* *15 g Eisenchlorid.* *Ausbildung und Größe der Ferritkristallite in der Schweißnaht werden gut sichtbar.*

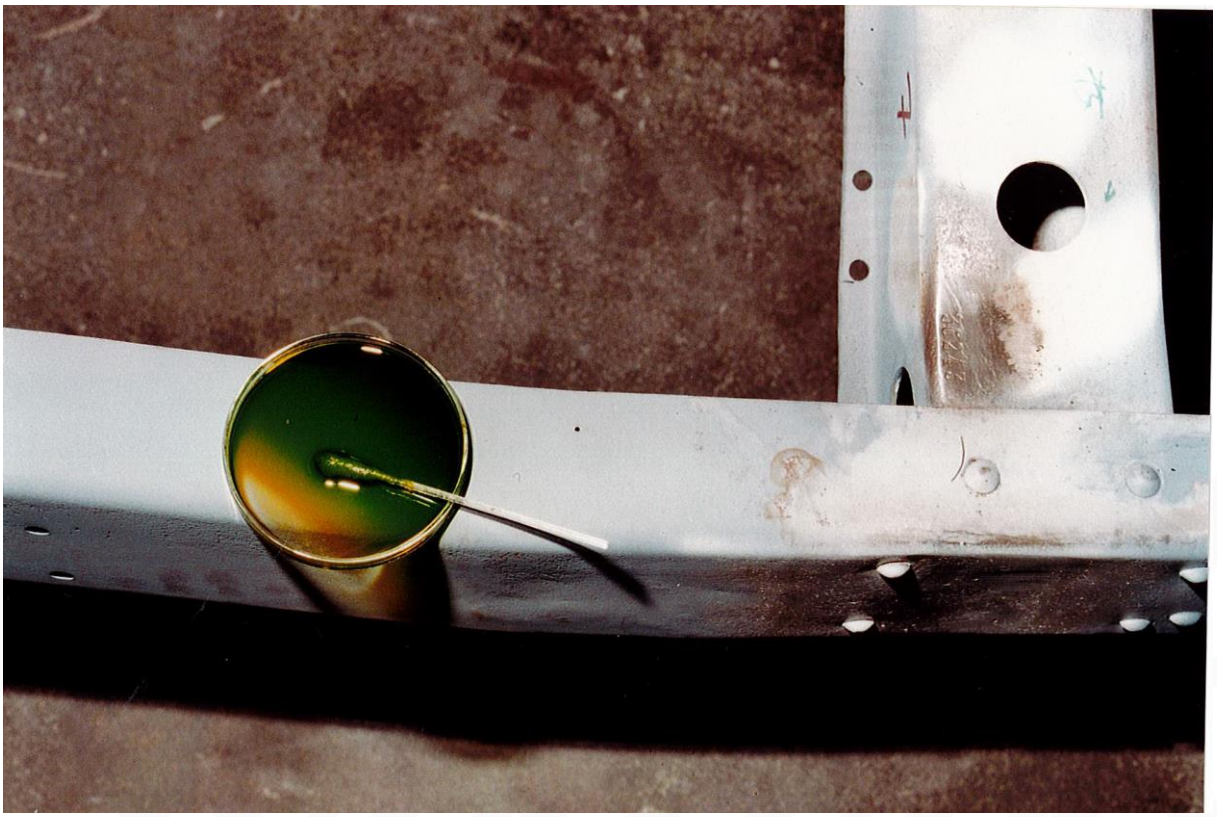
Die Untersuchungsstelle wurde mit Sandpapier entlackt und auf ca. 250° erhitzt.
Die Stellen wurden mit der Ätzsäure behandelt.
Daraufhin wurden die Ziffern einzeln mittels Mikroskop untersucht.

Musterprobe zur wissenschaftlichen Überprüfung der Methode

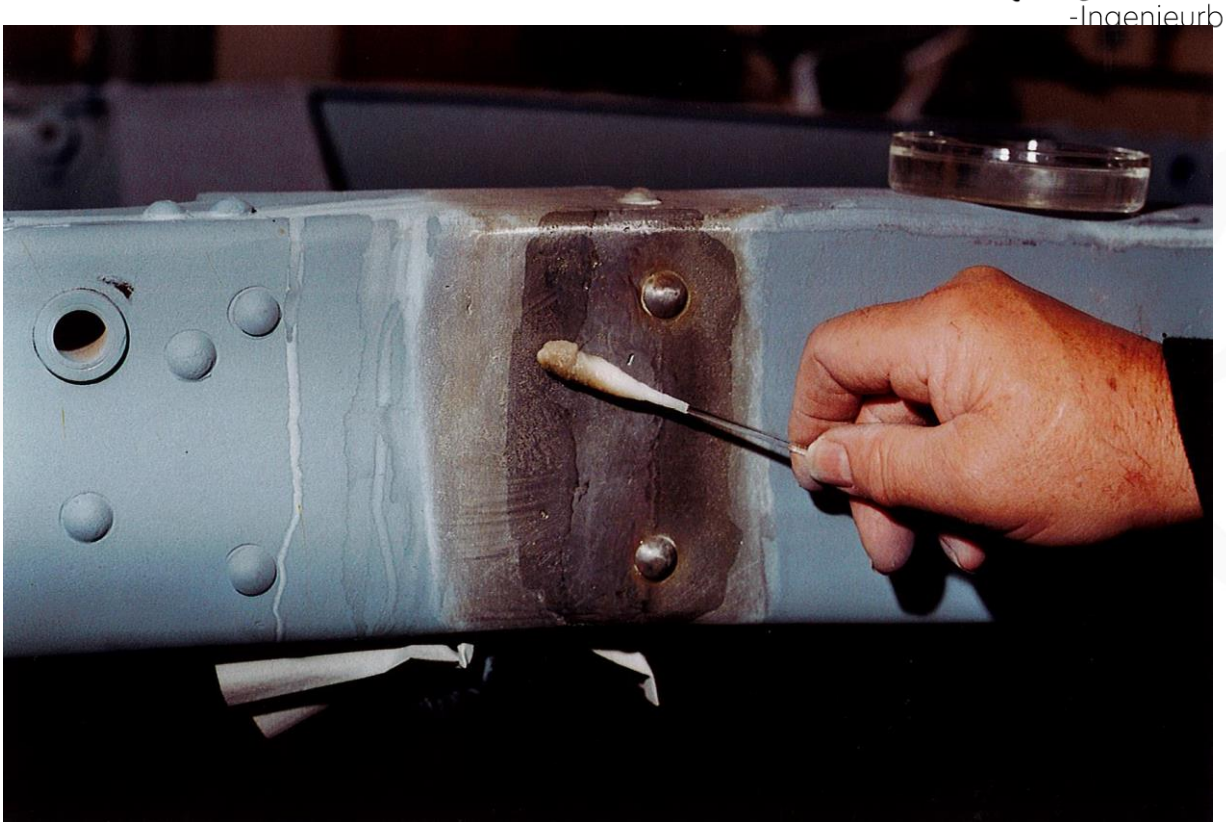
3.1 Schweißnaht suche am Rahmen

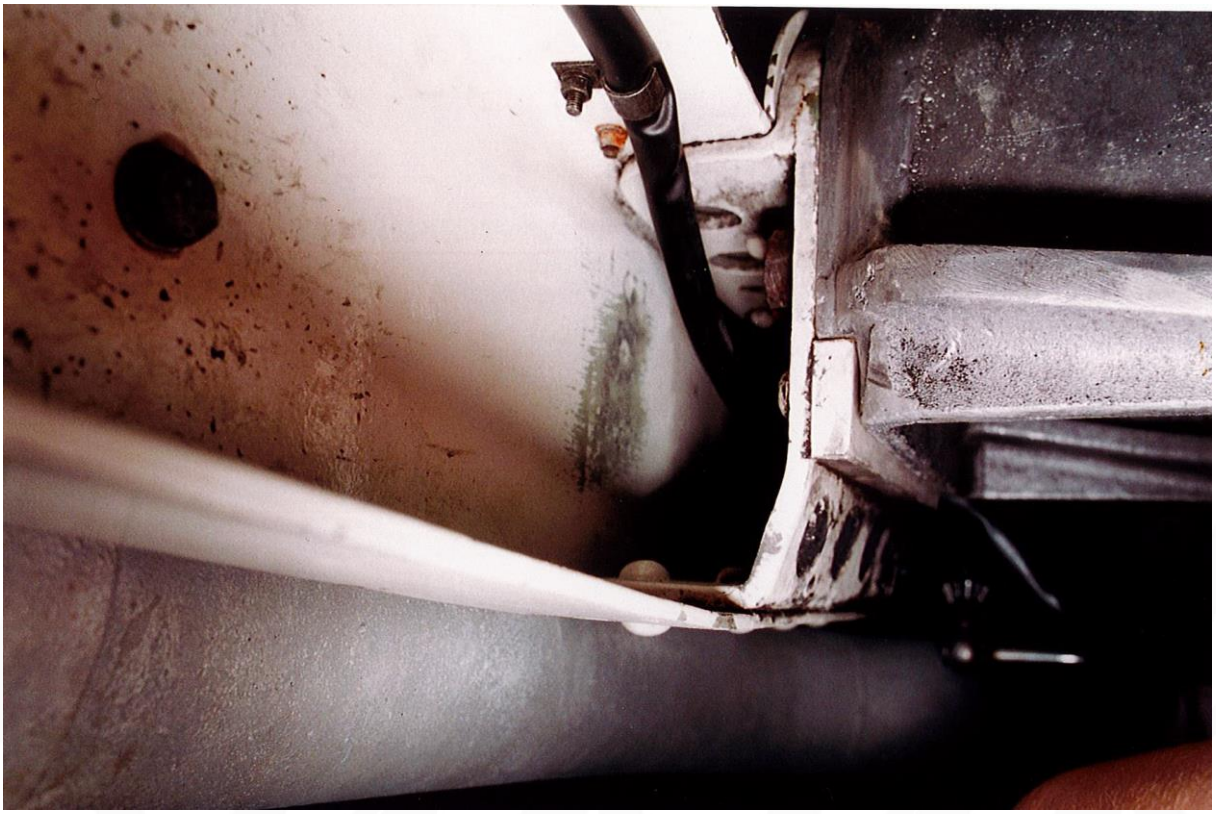


10%ige – Salpetersäure



Ätzmethode Fry



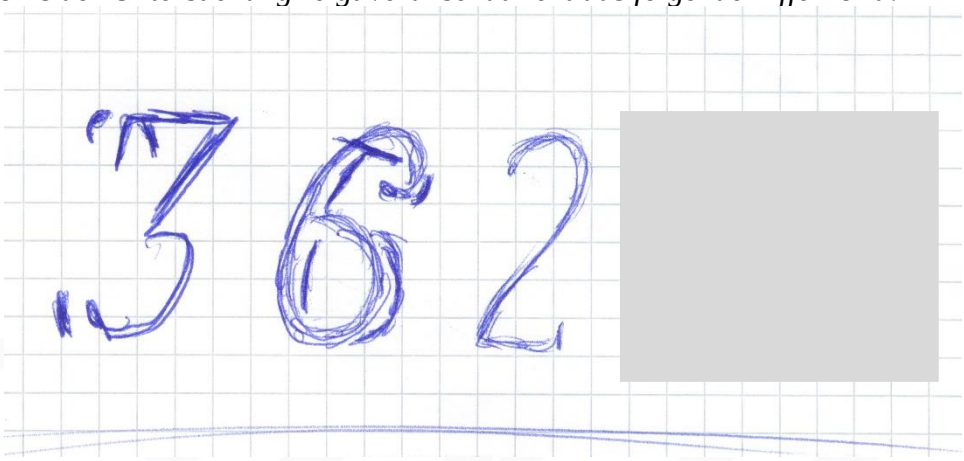


Rückansicht der Schweißnaht

3.2 Fahrgestellnummern Untersuchung

Nun die Anwendung der Methode Fry an der Fahrgestellnummer des Untersuchungsfahrzeugs

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt veranschaulicht das folgende Ziffernbild:



Im Bereich der ersten Drei waren zusätzlich Prägungen auszumachen.
Die 6 wies innen Schatten (Doppelschlag) auf.
Die restlichen Ziffern waren so weit unauffällig.

4 Abschließende Beurteilung – Zwischenbericht 10.11.2005

In der ersten Untersuchung wurde festgestellt, dass der Hauptquerträger aus Thomasstahl mit Zusammensetzung von Stählen aus der Vorkriegszeit gefertigt ist.

Beide Rahmenlängsträger wiesen Unregelmäßigkeiten in der Schichtdicke der Lackierung auf. An einer Probestelle wurden mittels Makroätzung 5 Schweißpunkte sichtbar gemacht.
(Es wurde empfohlen, den Rahmen vollständig entlackt zur weitergehenden Untersuchung zur Verfügung zu stellen).

Die vorne am rechten Rahmenlängsträger eingeschlagene Fahrzeugidentnummer wies keine Unregelmäßigkeiten auf.

Nach der zweiten bzw. dritten und vierten Untersuchung (Röntgenuntersuchung) sowie der Makroätzung in der fünften Untersuchung stand fest, dass der Rahmen an beiden Längsträgern in derselben Höhe eine durchgängige Schweißnaht aufweist.

Die Rahmenlängsträger rechts und links sowie die Querträger sind nicht aus einer Fertigungs-Charge. Das Material der Motorhalter weicht vom übrigen Materialtyp ab.
Bei dem Material der Nieten handelt es sich sicherlich um Nachkriegsstahl.

Die Rahmendurchschweißnähte und unterschiedlichen Materialien stehen im Widerspruch zu der vorgefundenen Fahrzeugidentnummer am vorderen rechten Längsträger (ohne Auffälligkeiten) Der vorgefundene Rahmen ist an beiden Seiten durchtrennt und verschweißt worden (gekürzt).

Die Rahmennummer gehört zu einem SSK, also serienmäßig kurzer Radstand.

Die Motornummer 665XX stimmt nicht mit den Angaben auf dem Typenschild nur Motornummer 72XXX überein. Die Motornummer 665XX ist in dem montierten Motor und in dem demontierten Motorgehäuseteil eingeschlagen.

Gemäß Kommissionsbuchblattkopie wurde der Motor mit der Nummer 665XX nachträglich mon-tiert. Schon am 03.10.19XX war der Motor gemäß Kopie Fahrzeugausweis montiert. Die che-mische Zusammensetzung des Rahmenstahls entspricht zum Teil Stählen, die in den 20er und 30er Jahren Verwendung fanden. Die Komponenten sind jedoch nicht aus einer Fertigungscharge. Die Materialzusammensetzung der Motorhalter und der Nieten weicht stark ab – ist sicher Nachkriegsstahl.

Die Rahmenlängsträger weisen beidseitig Schweißnähte auf. Es handelt sich um einen verkürzten S oder SS Rahmen mit neuzeitlichen Komponenten (Nieten/Motorhalter).

Der Motorblock war demontiert. Der Zylinderkopf gerissen. Nähere Untersuchungen unterblieben. Das Getriebe und die Achsen wurden nicht untersucht. Zur Originalität der Karosserie und der Hölzer kann nach jetzigem Kenntnisstand keine Aussage getroffen werden.

Bei dem untersuchten 710S/SSK mit der Wagennummer 362XX, der Motornummer: 665XX und der Kommissionsnummer 43XXX handelt es sich nicht um ein mit verkürztem Chassis / Rahmen vorgefundenen Fahrzeug mit vielen zeittypischen Anpassungen