

Dauerhaftigkeit von Knotenpunkten bei Holztragwerken im Freien

T 2698

T 2698

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1999

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

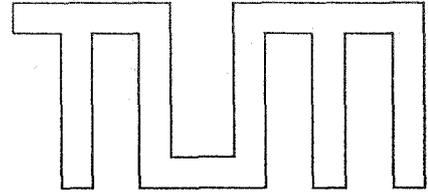
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

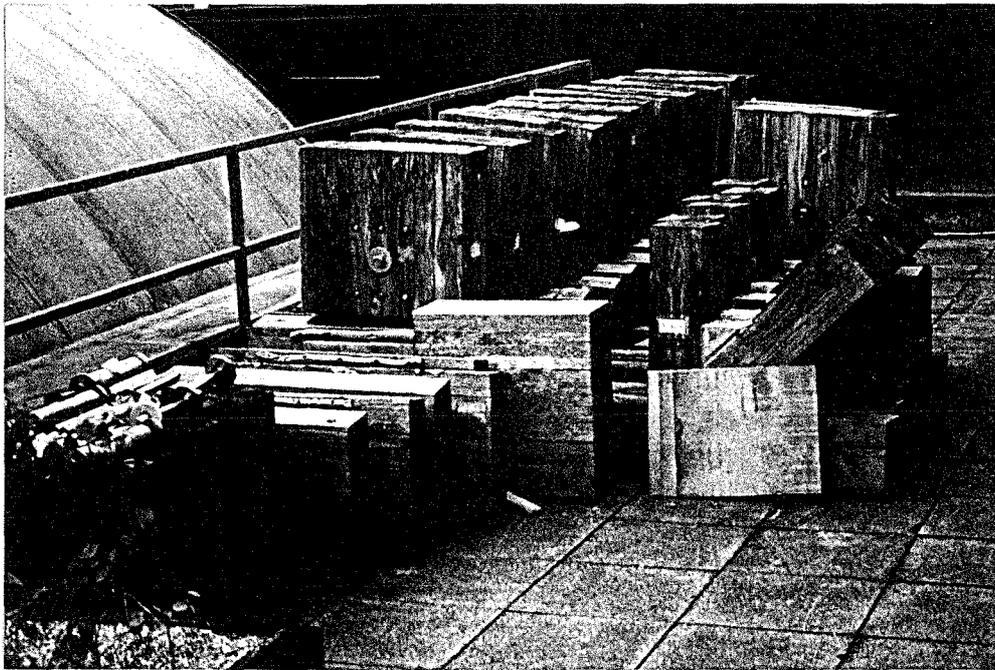
E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de



- Abschlußbericht -
Oktober 1995

Dauerhaftigkeit von Knotenpunkten bei Holztragwerken im Freien



Abschlußbericht: Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Kreuzinger, Dipl.-Ing. B. Mohr
Projektinitiative: Univ.-Prof. Dr. Ing. B. Heimeshoff, Dr.-Ing. R. Spengler
Zwischenberichte: Dipl.-Ing. A. Ruile

Dieses Forschungsvorhaben wurde durchgeführt für die Entwicklungsgemeinschaft Holz (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) und mit Mitteln des Institutes für Bautechnik (DIBt).

0 Inhaltsverzeichnis

0	Inhaltsverzeichnis	3
1	Einleitung	3
2	Versuchsbeschreibung	4
2.1	Versuchskörper	4
2.2	Versuchsplan	4
2.3	Begutachtung	5
3	Versuchsergebnisse	5
3.1	Allgemeines	5
3.2	Korrosionsverhalten der Bauteile	5
3.3	Korrosionsverhalten über den Beobachtungszeitraum	7
3.4	Zerlegte Prüfkörper	8
3.5	Einfluß einer zusätzliche Beschichtung	9
3.6	Einfluß von Beschädigungen	9
3.7	Prüfkörper, die nach dem Beobachtungszeitraum zerlegt wurden	10
3.8	Prüfverfahren	11
3.9	Untersuchung des verwendeten Stabdübelstahls	12
4	Zusammenfassung und Bewertung	14
5	Ausblick	16
6	Literatur	16
7	Anlagen	17

1 Einleitung

Die Tragfähigkeit von Bauwerken, die keinem temporären Zweck dienen, ist für einen längeren Zeitraum sicherzustellen. Deswegen ist die Dauerhaftigkeit, die von den verwendeten Materialien und den Umgebungsbedingungen abhängt, von Bedeutung. Für bestimmte Ingenieurbauwerke muß der Zustand durch regelmäßige Überwachung kontrolliert werden, um die Tragfähigkeit zu beurteilen. So können Schäden erkannt und Schadensfälle vermieden werden.

Holzbauteile bestehen in der Regel nicht nur aus Holz und Holzwerkstoffen. Es werden für Verbindungsmittel meist Stahlteile verwendet. Diese tragenden Konstruktionsteile aus Stahl sind grundsätzlich so auszubilden, daß sie bei der Brückenprüfung nach DIN 1076 geprüft werden können. Andernfalls ist eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit oder ein ausreichender Korrosionsschutz nachzuweisen.

Um den Nachweis einer ausreichenden Korrosionsbeständigkeit umgehen zu können und somit Kosten (z.B. für nichtrostende Stähle) einzusparen, ist somit eine zuverlässige Beurteilung des Zustandes der tragenden Konstruktionsteile auch im Inneren einer Verbindung notwendig. Dies ist beispielsweise bei Brückenknotenpunkten mit einer Stahlblech-Holzverbindung durch Stabdübel oder Nägel der Fall.

Deswegen sollte in diesem Forschungsvorhaben untersucht werden, ob die Begutachtung der im Holz liegenden Stahlteile mit Hilfe eines Endoskopes, das durch ein Bohrloch Einblick ins Innere gewährt, geeignet ist, eine zuverlässige Beurteilung der Standsicherheit zu gewährleisten.

Ebenso ist es Ziel des Forschungsvorhabens, das Ausmaß der Veränderungen der Stahlteile repräsentativer Knotenpunkte in baupraktischen Abmessungen, abhängig von der jeweiligen Umgebung, über einen möglichst langen Zeitraum zu beobachten.

2 Versuchsbeschreibung

2.1 Versuchskörper

Es wurden Prüfkörper gemäß Anlage 1 bis 6 hergestellt.

In die Prüfkörper wurden planmäßig vor dem Zusammenbau Löcher mit einem Durchmesser von 10 mm gebohrt. Diese wurden mit einer Neigung von 30° nach außen gebohrt, daß durch sie kein Regen oder Schnee an die Metallteile gelangt. Dabei kam es in einzelnen Fällen vor, daß durch das Bohrloch nicht exakt der gewünschten Bereich zur Begutachtung der Metallteile traf. Bei einigen Prüfkörpern verdeckten Holzspäne die Metallteile.

Die Bohrlöcher der Prüfkörper wurden nach der 1. Begutachtung nicht verschlossen. Es nisteten sich in einigen Bohrlöchern Insekten ein, die darin überwintern wollten. Eine weitere Begutachtung war zunächst nicht möglich. Diese verstopften Bohrlöcher wurden mit einem Bohrer von Hand gesäubert und mit Preßluft ausgeblasen, wobei die Verschmutzung nicht in allen Fällen vollständig beseitigt werden konnte. Durch das Reinigen der Bohrlöcher wurden die Metallteile teilweise beschädigt. Diese Beschädigungen sind gut erkennbar und eindeutig auf das Reinigen der Bohrlöcher zurückzuführen. Bei der letzten Begutachtung wurden die Körper nochmals ausgeblasen und gereinigt mit dem Effekt, daß teilweise die Bohrlöcher wieder zugänglich wurden und daß teilweise sich der Schmutz nur verlagerte und andere Ausschnitte im Vergleich zur vorherigen Beobachtung sichtbar wurden. So konnte eine Verzerrung der Ergebnisse auftreten.

2.2 Versuchsplan

Die Anlage 7 gibt den Versuchsplan wieder.

Die aufgebrachte Feuerverzinkung (eb) der Knotenbleche entspricht den Anforderungen nach DIN 1052 Teil 2 für den Beanspruchungsbereich Industriatmosphäre (nach DIN 55928 Teil 1). Zusätzlich wurden Proben mit einer zusätzlichen Beschichtung (zb) nach DIN 55928 Teil 5 hergestellt.

Die Proben wurden auf einem Dach im innerstädtischen Bereich Münchens gelagert. Dabei war die Hälfte der Proben der Witterung im Freien direkt ausgesetzt (f). Die andere Hälfte war durch eine Überdachung abgedeckt (a). Diese Prüfkörper wurden nur bei Schlagregen, etc. befeuchtet. Diese Bewitterungssituation war mit einer überdachten, aber seitlich offenen Fachwerkbrücke vergleichbar.

Der Großteil der Proben wurde als vollständig montierter Knoten gelagert (v). Die horizontal liegenden Stirnholzfläche der Vertikalen wurden aber nicht abgedeckt. Ein Teil der Prüfkörper wurde unmittelbar nach dem Zusammenbau wieder zerlegt (z) und die Einzelteile abgedeckt oder im Freien gelagert.

Die Prüfkörper wurden im Anfang Juni 1992 angeliefert. Im Juni und Juli 1992 wurden sie zum erstenmal begutachtet. Die zweite und dritte Begutachtung erfolgte im Oktober 1993 (nach 15 Monaten) bzw. im April 1995 (nach 33 Monaten).

Zwei Prüfkörper, die deutliche Korrosionserscheinungen zeigten, wurden anschließend zerlegt, um festzustellen, ob die Korrosion auf das Bohrloch begrenzt ist oder nicht. Hiermit sollte festgestellt werden, ob die Holzüberdeckung der Metallteile die Korrosion begünstigt oder vermindert. Hierzu wurde sowohl ein Prüfkörper aus abgedeckter (B S 3/6) wie auch nicht abgedeckter Lagerung (B S 4/1) herangezogen.

2.3 Begutachtung

Die Prüfkörper wurden planmäßig mit Bohrlöchern versehen. Durch diese Löcher konnten mit Hilfe eines Endoskopes die Metallteile im Inneren der Prüfkörper begutachtet werden.

Das Endoskop besitzt eine Lichtquelle und eine Vergrößerung, so daß bei einem sauberen Bohrloch eine guter Einblick in das Innere der Bohrlöcher möglich war. Es wurde das Produkt Olympus OES Boreskop verwendet.

Die Bewertung des Korrosionsverhaltens erfolgte dahingehend, daß der Anteil der Fläche, die rostbraun erschien, im Verhältnis zur gesamten sichtbaren Fläche im Bohrloch angegeben wurde. Dieser Flächenanteil mußte geschätzt werden. Ebenso wurde die Oberfläche der Beschichtung charakterisiert.

Ein Problem lag darin, daß sich die Farbe des Rostes wenig von der Farbe der Beschichtung und der Verschmutzung mit unterschiedlichen Brauntönen unterschied. Eine Unterscheidung war dennoch möglich, ohne aber eine vollständige Sicherheit zu haben. Das äußere Erscheinungsbild der Probekörper wurde ebenfalls festgehalten.

3 Versuchsergebnisse

3.1 Allgemeines

Die Ergebnisse der einzelnen Beobachtungsberichte sind in Anlage 8-12 dargestellt.

Anmerkungen zur Auswertung:

- * Ein stark verschmutztes Bohrloch, bei dem keine Korrosion erkennbar war ("ke" in Anlage 8-12) wurde als sichtbar und ohne Korrosion angesehen.
- * Die Beobachtungen wurden unabhängig von den Meßergebnissen der vorherigen Beobachtungen durchgeführt. Eine Abnahme der Korrosion, wie sie teilweise aus den Tabellen herauslesbar ist, kann jedoch nicht erfolgen. Diese Werte wurden nicht korrigiert. Durch das Reinigen und Ausblasen der Bohrlöcher sind unterschiedliche Teile freigelegt worden, so daß sich die Unterschiede erklären lassen. Ebenso können Fehlinterpretationen und eine unterschiedliche Schätzung des Flächenanteils nicht vollständig ausgeschlossen werden.

3.2 Korrosionsverhalten der Bauteile

Aus den Werten der Anlage 8-12 sind die Tabellen 1 und 2, die die wichtigsten Ergebnisse zusammenfassen, erstellt worden.

In Spalte 1 ist das untersuchte Bauteil, das mit Hilfe des Endoskopes begutachtet wurde, aufgeführt. Die Spalten 2-5 betreffen die abgedeckten Prüfkörper, 6-9 die Prüfkörper im Freien. Spalten 2 und 6 geben die Anzahl der sichtbaren Bauteile an. Spalten 3 und 7 benennen die Zahl der Prüfkörper, die am angegebenen Bauteil Korrosion aufweisen. In den Spalten 4 und 8 ist der Anteil dieser Prüfkörper im Verhältnis zu den sichtbaren angegeben. Die Spalten 5 und 9 geben den Anteil der gesamten korrodierten Oberfläche im Verhältnis zur gesamten sichtbaren Oberfläche an. Dabei wird angesetzt, daß alle sichtbaren Oberflächen die gleiche Fläche haben.

Die Prüfkörper mit einer zusätzliche Beschichtung werden gesondert betrachtet und sind nicht in der Tabelle 1 berücksichtigt.

Serien B S:

Tabelle 1: Ergebnisse der Prüfserien B S

Spalte 1	abgedeckt				frei			
	2	3	4	5	6	7	8	9
Bauteil	sichtbar	davon korrodiert	[%]	Gesamtanteil korr. Flächen [%]	sichtbar	davon korrodiert	[%]	Gesamtanteil korr. Flächen [%]
Platte 1	15	0	0	0,0	11	3	27	2,9
Stabdübel	15	2	13	1,2	10	10	100	81,5
Platte 2 (BL 2)	6	1	17	0,8	2	0	0	0,0
Bolzen	13	2	15	0,4	15	3	20	8,0
Platte 2 (BL 3)	13	1	8	0,2	8	1	12	0,6
Nagel	13	1	8	0,4	11	4	36	24,1

Der Tabelle 1 ist zu entnehmen, daß die Verbindungsmittel (Stabdübel, Bolzen und Nägel) im Freien innerhalb der Bohrlöcher einen deutlichen Rostansatz zeigen. Dieser ist bei den Stabdübeln besonders gravierend. Alle Prüfkörper, die im Freien gelagert wurden, weisen mehr oder weniger angerostete Stabdübel auf. Bei den Knotenblechen (Platten) ist die Korrosion als gering einzustufen.

Serien P S:

Tabelle 2: Ergebnisse der Prüfserien P S

Spalte 1	abgedeckt				frei			
	2	3	4	5	6	7	8	9
Bauteil	sichtbar	davon korrodiert	[%]	Gesamtanteil korr. Flächen [%]	sichtbar	davon korrodiert	[%]	Gesamtanteil korr. Flächen [%]
Platte 1	6	2	33	2,8	6	2	33	13
Platte 2	4	3	75	1,7	6	6	100	61
Leibung	6	6	100	36,0	6	6	100	66
Nagel	0	-	-	-	2	2	100	87

Bei den Prüfserien P S ist auch bei den Knotenblechen deutlich Korrosion erkennbar. Ach hier ist die Korrosion bei nicht abgedeckten Prüfkörpern deutlich größer als bei abgedeckten.

Vergleich der Serien B S - P S:

Ein Vergleich der unterschiedlichen Bauarten ergibt, daß die Knotenbleche der Serien P S (Paslode) eine größere Korrosionsanfälligkeit zeigten als die der Serien B S. Dies gilt sowohl für die abgedeckten wie nicht abgedeckten Prüfkörper.

3.3 Korrosionsverhalten über den Beobachtungszeitraum

Platten:

Das Korrosionsverhalten der Platten über den Beobachtungszeitraum zeigt Bild 1.

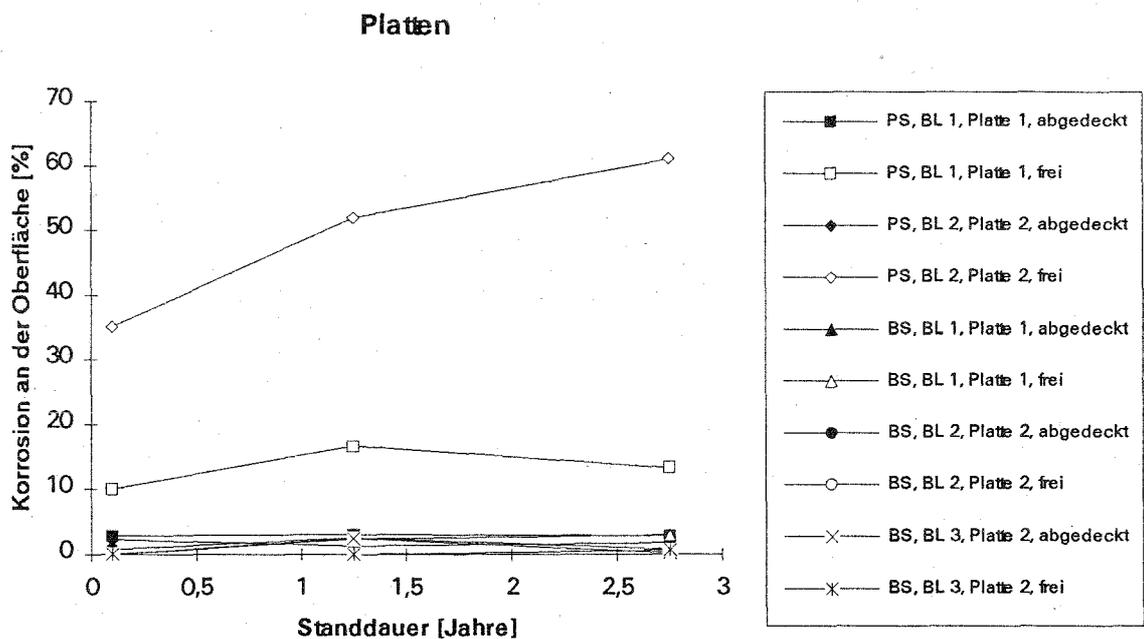


Bild 1: Korrosionsverhalten der Platten (Knotenbleche)

Die nicht abgedeckten Prüfkörper der Serien P S (Paslode) zeigen im Inneren der Bohrlöcher ein deutlich stärkeres Korrosionsverhalten. Bei allen anderen Prüfkörpern ist das Korrosionsverhalten an den Metallplatten gering.

Verbindungsmittel:

Das Korrosionsverhalten der Verbindungsmittel über den Beobachtungszeitraum zeigt Bild 2.

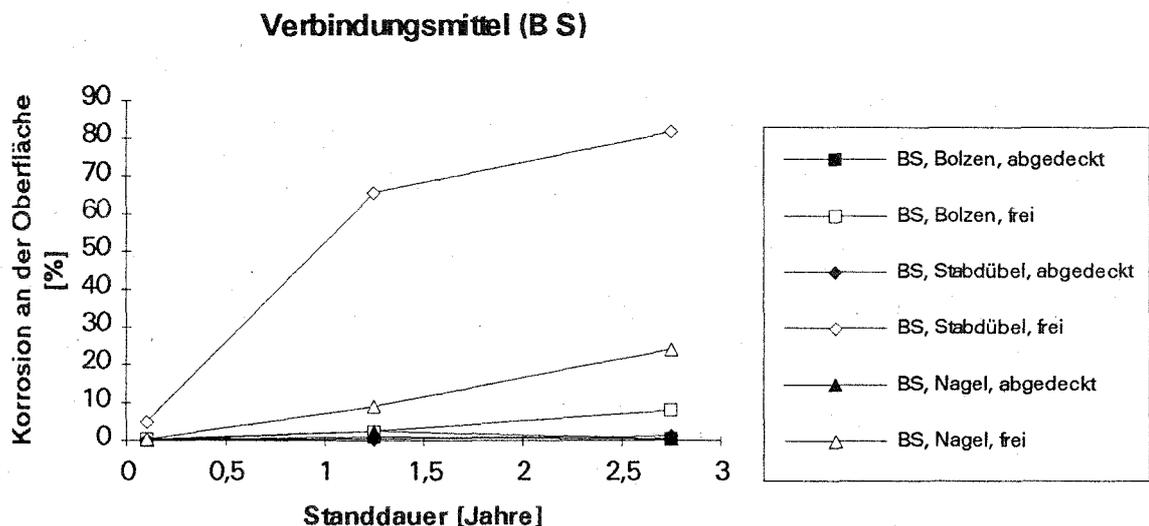


Bild 2 : Korrosionsverhalten der Verbindungsmittel

Die Korrosion ist bei Verbindungsmitteln abgedeckter Prüfkörper deutlich geringer als bei Prüfkörpern, die im Freien lagerten. Die Korrosionsanfälligkeit der Stabdübel im Freien ist äußerst groß. Die Bolzen sind am wenigsten empfindlich. Die Nägel liegen dazwischen.

Prüfkörper im Freien

Das Korrosionsverhalten der nicht abgedeckten Proben über den Beobachtungszeitraum zeigt Bild 3.

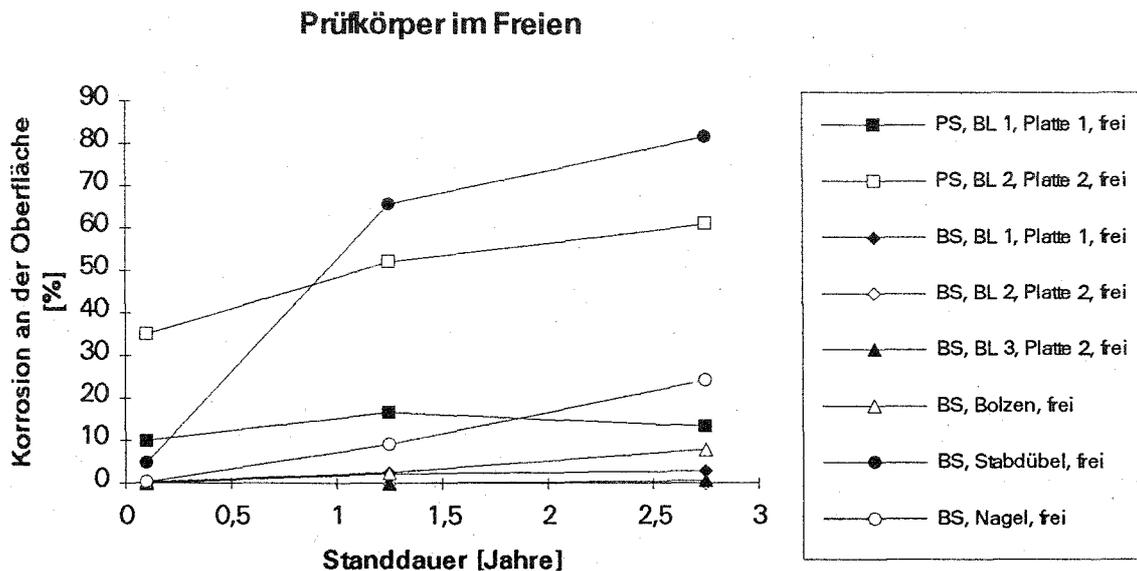


Bild 3: Korrosionsverhalten der Prüfkörper im Freien.

Bild 3 zeigt, daß die Platten der P S- Serien (Paslode) und die Verbindungsmittel (Stabdübel, Nägel, Bolzen) deutlich korrosionsanfällig sind. Die Platten der B S-Serien dagegen zeigen dagegen eine geringe Korrosion. Interessant ist, daß bei den P S-Serien die Korrosion ein hohes Anfangsniveau hat und dann nur noch langsam ansteigt.

3.4 Zerlegte Prüfkörper

Platten im Freien:

Die Stahlplatten zeigen Ansätze von Korrosion nur an den Stellen, bei denen Abschabungen und Ablätterungen der Schutzschichten auftrat. Die abgedeckten Proben zeigen dabei keinen deutlichen Unterschied zu denen, die im Freien gelagert wurden.

Verbindungsmittel

Die Verbindungsmittel (Stabdübel, Bolzen) zeigen an Abschabungen Ansätze von Korrosion. Insgesamt ist bei den Verbindungsmitteln, die abgedeckt waren, die Größe der korrodierten Flächen geringer als bei den im Freien lagernden Proben. Die starke Korrosion der Stabdübel eingebauter und wieder zerlegter Prüfkörper, ist bei den planmäßig zerlegten Prüfkörpern nicht feststellbar, obwohl auch hier deutliche Rostspuren sichtbar sind.

Ergebnis:

Die zerlegten Prüfkörper haben ein anderes Korrosionsverhalten, als diejenigen im eingebauten Zustand.

3.5 Einfluß einer zusätzliche Beschichtung

Zusammengebauter Zustand (Serie B S 6):

Im eingebauten Zustand ist bei den Proben mit einer zusätzlichen Beschichtung keine Korrosion erkennbar. Diese Prüfkörper lagerten alle im Freien. Es zeigt sich leichter Korrosionsansatz bei den einfach beschichteten Proben, die im Freien lagerten. Dieser kann mit 4 von 21 sichtbaren Stellen bei einem durchschnittlichen Anteil von 1,7% korrodierter Flächen (vgl. Tabelle 1) beschrieben werden.

Bei den abgedeckten Proben sind 2 von 34 sichtbaren Stellen korrodiert. Der durchschnittliche Flächenanteil beträgt 0,4%.

Die zusätzliche Beschichtung wirkte sich günstig aus.

Zerlegter Zustand (Serie B S 5):

Die Prüfkörper im zerlegten Zustand können vollflächig begutachtet werden. Hier lassen sich leichte Unterschiede zwischen einfach beschichteten und zusätzlich beschichteten Metallplatten feststellen:

Tabelle 3: Vergleich der unterschiedlich beschichteten Prüfkörper im zerlegten Zustand

	abgedeckt	frei
einfach beschichtet	-Rostansatz an 2...3 beschädigten Bohrlochern -glatte Oberfläche -Nagelplatten zeigen matte, z.T. weiße Flecken auf der Oberfläche	-Rostansatz an keinem Bohrloch -glatte Oberfläche Nagelplatten zeigen matte, z.T. weiße Flecken auf der Oberfläche
zusätzlich beschichtet	-Rostansatz an 1 beschädigten Bohrloch -glatte Oberfläche -Nagelplatten: glatte Oberfläche	-Rostansatz an keinem Bohrloch -glatte Oberfläche -Nagelplatten: glatte Oberfläche

Die weißen Flecken der einfach beschichteten Oberfläche weisen auf eine einsetzende Zinkkorrosion hin.

Ergebnis:

Die zusätzliche Beschichtung wirkt sich günstig auf die Rostbeständigkeit aus. Die Unterschiede, die hier festgestellt werden, sind jedoch gering.

3.6 Einfluß von Beschädigungen

Aus Anlage 8-12 ist zu entnehmen, daß die Korrosionsentwicklung an beschädigten Stellen deutlich größer ist als an nicht beschädigten. Dies gilt sowohl für die Abschabungen und Absplitterungen, die durch das Einbauen entstehen wie auch für Beschädigungen, die durch das Reinigen der Bohrlöcher entstanden sind.

3.7 Prüfkörper, die nach dem Beobachtungszeitraum zerlegt wurden

Der Prüfkörper wurde nach der letzten Begutachtung zerlegt. Dabei wurden die Holzteile abgenommen und die Stabdübel durch Herausschlagen entfernt. Die angenagelten Platten wurden nicht entfernt.

B S 3/6:

Dieser Prüfkörper, der abgedeckt gelagert wurde, zeigte bei der letzten Begutachtung eine 15%-ige Korrosion bei dem Stabdübel. Ansonsten befand er sich in einem einwandfreien Zustand.

Die Stahlteile (Stabdübel, Bolzen, Muttern, Scheiben) weisen nach dem Zerlegung nur an den beschädigten Stellen Korrosion auf. Das sind durch das Einschlagen abgesplitterte Stellen am Stabdübelkopf und Abschabungen der Zinkschicht durch das Einschlagen der Stabdübel:

- * Die Absplittierungen zeigen eine typische rostbraune Färbung. Die Korrosion ist auf den Bereich der Absplittierungen begrenzt.
- * Im Bereich der Abschabungen war die typische rostbraune Färbung nur stellenweise und schwach erkennbar.
- * Der Zinkglanz außerhalb der beschädigten Stellen blieb erhalten.

Durch das Bohrloch wurde eine Stelle mit Abschabungen eingesehen. Deswegen konnte hier Korrosion festgestellt werden.

Der Teil, der durch das Bohrloch sichtbar war, und der Rest des Stabdübel, der durch Holz bedeckt war, unterschieden sich hier nicht.

B S 4/1:

Dieser Prüfkörper, der im Freien gelagert wurde, zeigte bei der letzten Begutachtung eine 100%-ige Korrosion beim Stabdübel.

Nach der Zerlegung ist an allen Verbindungsmitteln (Stabdübel, Bolzen, Muttern, Scheiben) deutlich Korrosion erkennbar:

- * Stabdübel: Die Oberflächen der Stabdübel sind nahezu vollständig rostbraun gefärbt und mit Korrosionsprodukten überzogen. Die Stirnflächen der Stabdübel, die außen sichtbar sind, und der Bereich nahe der Stirnflächen weisen keine bzw. nur eine geringe Korrosion auf.
- * Bolzen: Die Oberfläche des Bolzens ist zu ca. 15% mit Rost bedeckt, ansonsten matt oder teilweise auch glänzend.
- * Haltebolzen: Die Oberfläche des Haltebolzens ist zu 50% verrostet. Im dem Bereich, der nicht mit Holz bedeckt war, aber im Inneren des Prüfkörpers lag, ist die Korrosion deutlich stärker.
- * Die Scheiben sind außen nicht angerostet. Auf der Innenseite (Kontakt zum Holz) zeigen sich deutliche Ansätze der Korrosion.
- * Knotenblech: Die Knotenbleche sind ohne Rostspuren. Ihre Oberflächen zeigen sowohl glänzende als auch matte und weiße Stellen.

Die Teile, die durch die Bohrlöcher sichtbar waren, und der restliche Teil des Stabdübel bzw. die restlichen Teile der Knotenbleche unterscheiden sich hier nicht im Korrosionsverhalten. Bei den Bolzen konnte vorhandene Korrosion an der Oberfläche durch das Bohrloch festgestellt werden. Der Anteil der Fläche, die korrodiert ist, konnte aber nicht exakt mittels Endoskop quantifiziert werden.

3.8 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren mit dem Endoskop gibt Aufschlüsse über das Innere eines Brückenknotenpunktes. Dies ist insofern von Bedeutung, weil sich das äußere und das innere Erscheinungsbild der Verbindungsmittel unterscheiden.

Der Nachteil dieses Prüfverfahrens ist, daß die Bauteile nur an bestimmten Punkten, die planmäßig eingebracht werden müssen, begutachtet werden können. Aus diesen Ergebnissen muß dann auf den Gesamtzustand des Bauteils geschlossen werden. Es konnte aber festgestellt werden, daß dieses Prüfverfahren im Bohrloch kein stark verändertes Korrosionsverhalten an den Oberflächen im Vergleich zu der gesamten Bauteiloberfläche zeigt (vgl. 3.7).

Die Meßeinrichtung ist leicht transportierbar und die Messungen sind von einer Person durchführbar. Für die Stromversorgung des Endoskopes ist ein Stromanschluß 220V ausreichend. Über spezielle Klemmen kann die Lichtquelle des Endoskopes auch an eine Autobatterie angeschlossen werden und ist so für den Einsatz an den Bauwerken gut geeignet.

Die Bohrlöcher sollten auf jeden Fall verschlossen werden. Die Erfahrung dieses Forschungsvorhabens zeigte, daß in den Bohrlöchern Insekten überwintern und somit das Bohrloch verschmutzen können. Eine Reinigung ist schlecht möglich, weil die Gefahr besteht, daß die Reinigungsgeräte die Zinkoberfläche beschädigen und somit die Meßergebnisse verfälschen. (Anmerkung: Die Insekten, die in den Bohrlöchern überwintern wollten, waren keine Holzschädlinge.)

Die Ergebnisse solcher Begutachtungen sind allerdings der subjektiven Bewertung des Beobachters unterworfen. Die Unterscheidung zwischen Rostflecken, Verschmutzungen und Beschichtungen bzw. deren Abschabungen kann Probleme bereiten. Sie sind aber durch sorgfältiges Arbeiten und durch die Erfahrung lösbar, so daß dies nicht zu einer Beeinträchtigung der Ergebnisse führt.

3.9 Untersuchung des verwendeten Stabdübelstahls

Die starken Korrosionserscheinungen an den Stabdübeln gaben Anlaß das verwendete Material genauer zu untersuchen. Dazu wurde ein stark angerosteter Stabdübel quer durchgeschnitten, fein geschliffen und Säure geätzt. Anschließend wurden die Probe unter einem Mikroskop begutachtet.

Dabei ist folgendes festgestellt worden:

Der Stahl zeigt Fehler im Grundmaterial. Das sind deutliche Einschlüsse im Gefüge (vgl. Bild 4) und Überwalzungen (vgl. Bild 5).

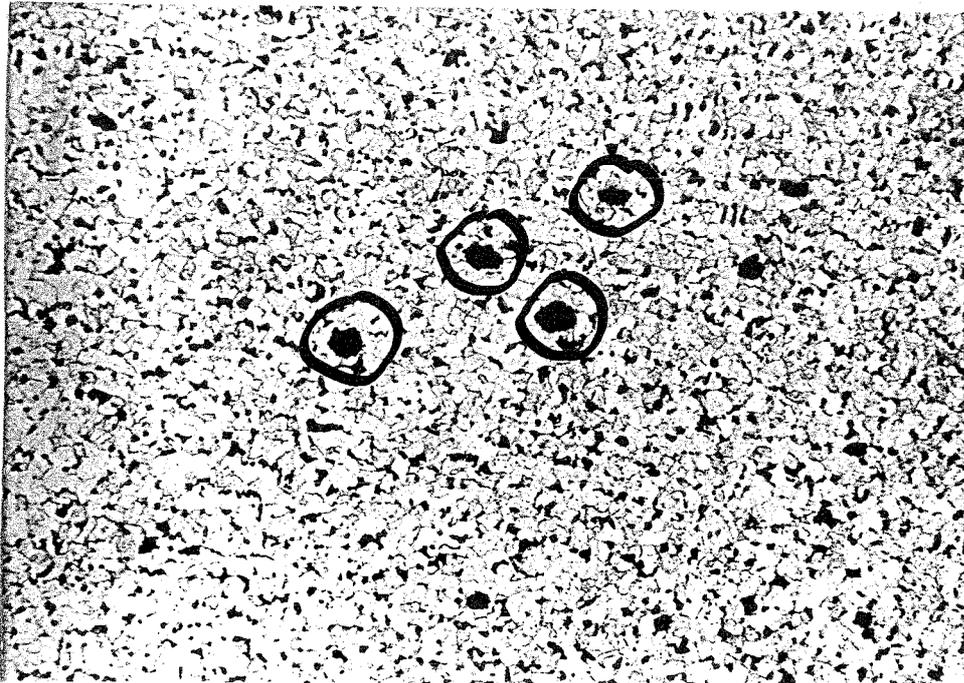


Bild 4: Querschliff eines Stabdübel: Einschlüsse im Gefüge (Vergrößerung ca. 100:1)

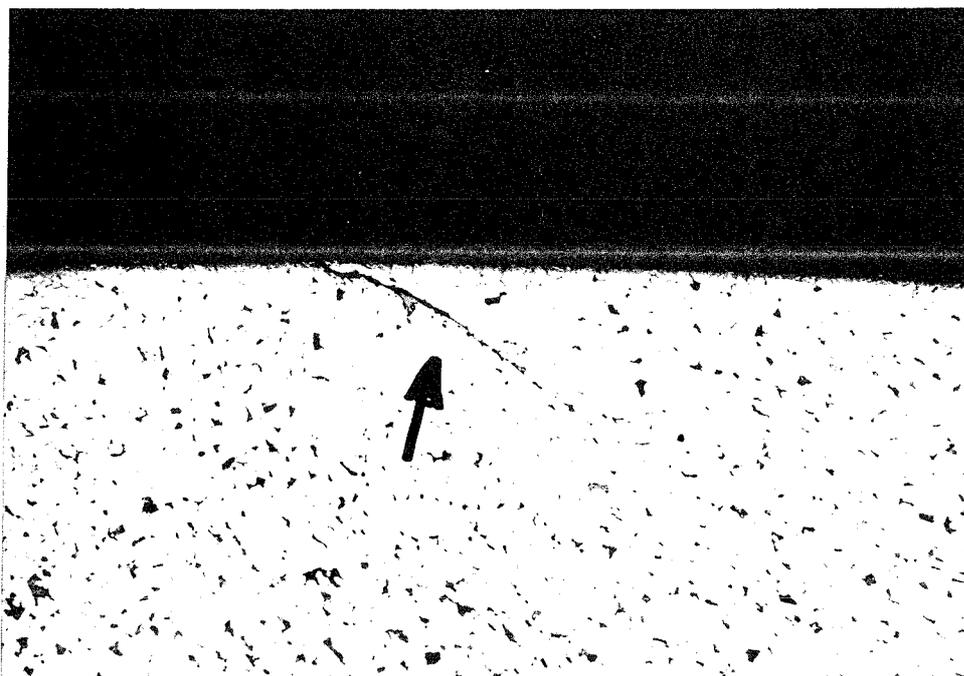


Bild 5: Querschliff eines Stabdübel: Überwalzungen (Vergrößerung ca. 100:1)

Die Oberflächen des Stabdübels zeigten tiefe Korrosionsnarben, die mit ca. 100 µm quantifiziert werden können (vgl. Bild 6). Die Zinkschicht ist in diesem Bereich vollkommen zerstört. An einigen Stellen ist eine Lochfraßkorrosion feststellbar (vgl. Bild 7)

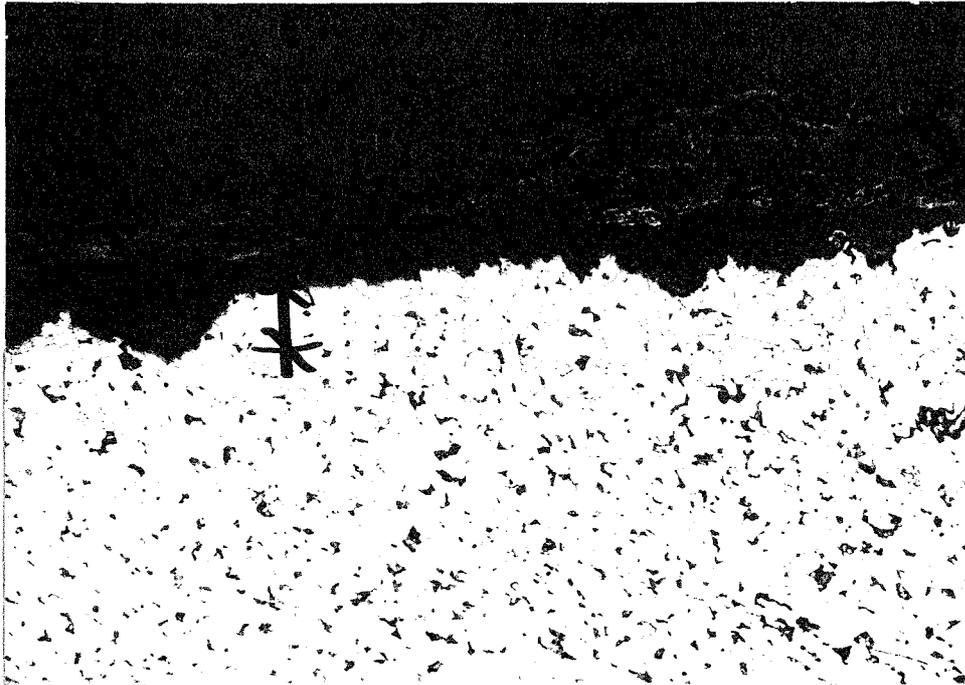


Bild 6: Querschliff eines Stabdübels: tiefe Korrosionsnarben (Vergrößerung ca. 100:1)

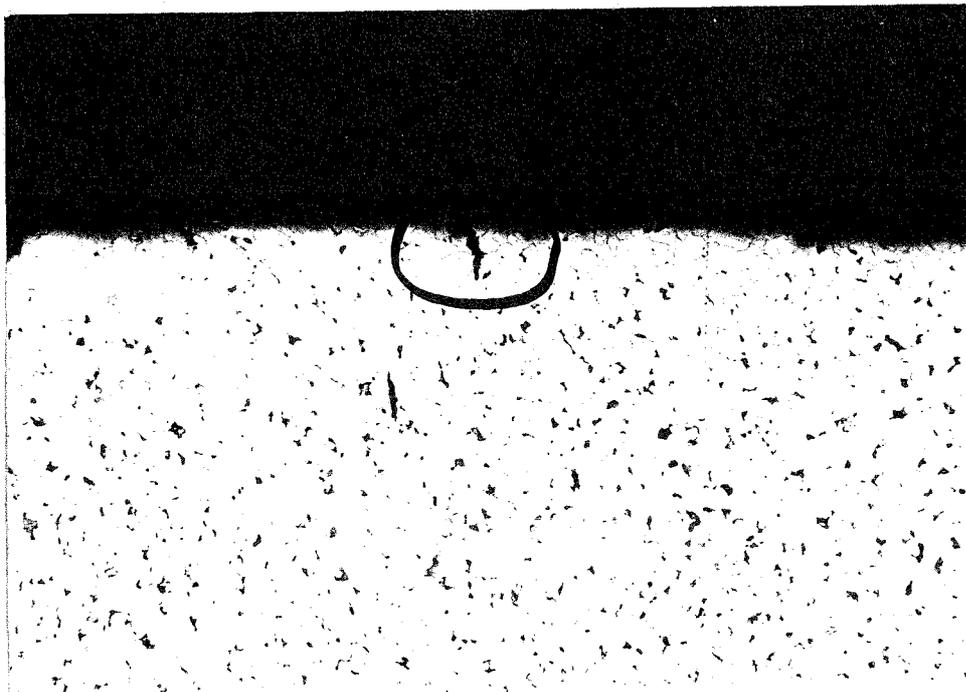


Bild 7: Querschliff eines Stabdübels: Lochfraßkorrosion (Vergrößerung ca. 100:1)

Zusammenfassung: Der Feinschliff eines Stabdübelquerschnittes zeigt Fehler im Grundmaterial und deutliche Korrosionserscheinungen (tiefe Korrosionsnarben und Lochfraßkorrosion). Die Zinkschicht ist teilweise nicht mehr vorhanden.

4 Zusammenfassung und Bewertung

Lagerung:

Die Stahlteile der abgedeckten Prüfkörper zeigen eine deutlich geringere Korrosion als die der nicht abgedeckten.

Im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit der Stahlteile, sollten nicht abgedeckte Konstruktionen vermieden werden.

Die Lagerung der Prüfkörper unterscheidet sich versuchsbedingt von den realen Situation auch dadurch, daß die Prüfkörper keiner Beanspruchung aus Tausalz ausgesetzt waren. Ebenso treten in der Praxis auch Lasten und Verformungen in den Gelenken der Knoten auf. Damit kann eine vorhandene Korrosionsschutzschicht beschädigt werden.

Die nicht abgedeckten Stirnflächen der Knoten wirken dagegen korrosionsfördernd.

Knotenbleche:

Die Knotenbleche zeigen nur bei den Serien P S (Paslode), die im Freien lagerten, im Inneren der Bohrlöcher ein deutliches Korrosionsverhalten. Bei den anderen Serien trat nur eine geringe Korrosion auf.

Zusätzliche Beschichtung der Knotenbleche:

Die Bauteile mit einer zusätzlichen Beschichtung zeigen nach dem Versuchszeitraum von 2,5 Jahren ein etwas günstigeres Korrosionsverhalten. Die Korrosionsanfälligkeit einfach beschichteter Knotenbleche ist jedoch nach diesem Beobachtungszeitraum auch als gering anzusehen.

Die Standdauer der Probekörper ist noch nicht ausreichend, um einen eindeutigen Vorteil zusätzlich beschichteter System zu erkennen.

Verbindungsmittel:

Die Korrosionsanfälligkeit der verwendeten Stabdübel der nicht abgedeckten Prüfkörper ist groß. Die Bolzen sind relativ unempfindlich. Die verwendeten Nägel liegen dazwischen.

Die verzinkten Stabdübel der nicht abgedeckten Prüfkörper weisen im Inneren eine fast vollständig korrodierte Oberfläche auf. Ein Zusammenhang mit Abschabungen, die durch das Einschlagen entstanden, ist nicht feststellbar.

Bei der Bewertung dieses Ergebnisses muß berücksichtigt werden, daß durch die nicht abgedeckte, horizontal liegende Stirnholzfläche, die mit den üblichen Rissen versehen ist, Wasser sehr gut in das Holzteil eindringen konnte. Die Stabdübel liegen ca. 25 bis 45 cm unter dieser Stirnholzfläche. Die Versuchsanordnung für die Stabdübel entspricht somit nicht den realen Bedingungen eines Knotens, der keine horizontal liegenden, nicht abgedeckte Stirnholzflächen aufweisen sollte.

Ein anderer Grund kann in unterschiedlichen Verzinkungsverfahren liegen. Oeteren [1] weist auf die Möglichkeit hin, daß elektrolytisch (bzw. galvanisch) verzinkte Verbindungsmittel nicht den Korrosionsschutzwert haben wie die Feuerverzinkung. Stabdübel werden üblicherweise galvanisch verzinkt. Dieser Korrosionsschutz ist für Bauteile im Inneren sinnvoll und ausreichend, für die Beanspruchungen im Freien aber nach DIN 1052 Teil 2 nicht zugelassen.

Eine galvanische Verzinkung erreicht eine übliche Zinkschichtdicke von 5-25 μm [2], das entspricht einer Auflage von ca. 35-177 g/m^2 , als wesentlich weniger als die in der DIN 1052 Teil 2 geforderten 400 g/m^2 .

"Die galvanische Verzinkung ist höchstens als temporärer Korrosionsschutz bzw. als Untergrundvorbehandlung (...) anzusehen. Ein Langzeitschutz wird ohne weitere Schichten nicht erreicht." [3]

Die Versuchsergebnisse belegen, daß die in DIN 1052 Teil 2 geforderten Korrosionsschutzmaßnahmen für nicht abgedeckte Bauteile notwendig sind, weil die Stabdübel, die nicht diesem Korrosionsschutz entsprachen, stark korrodiert sind.

Es wird vorgeschlagen, Verbindungsmittel nicht abgedeckter Holzbauteile aus feuerverzinktem oder nichtrostendem Stahl auszuführen. Die hier ausgeführte galvanische (elektrolytische) Verzinkung reicht nicht aus. Bei der Verwendung von nichtrostenden Stählen ist die Kontaktkorrosion zu beachten. Dies bedeutet eine baupraktisch nicht durchführbare Isolation zu unedleren Metallen (verzinkter Stahl) oder eine teure Ausführung aller Stahlteile mit nichtrostendem Stahl. Bei der Verwendung von feuerverzinkten Stabdübeln muß noch überprüft werden, ob diese Verzinkung den gewünschten Erfolg bringt, weil auch hier Abschabungen den Korrosionsschutz beeinträchtigen können.

Es muß bei der Herstellung der Stabdübel sichergestellt sein, daß der Werkstoff der erforderlichen Stahlqualität entspricht.

Beschädigung/ohne Beschädigung:

Die Stahlteile zeigen im Bereich von Beschädigungen häufiger Korrosion. Die beschädigten Oberflächen korrodieren schneller.

Beschädigungen jeder Art sollten daher vermieden werden, weil dadurch der Korrosionsschutz verletzt wird.

P S /B S:

Die nicht abgedeckten Prüfkörper der Serien P S (Paslode) zeigen im Inneren der Bohrlöcher ein deutliches Korrosionsverhalten an den Knotenblechen. Die Platten der B S-Serien dagegen zeigen dagegen eine geringere Korrosion. Interessant ist, daß bei den P S-Serien die Korrosion ein hohes Anfangsniveau hat und dann nur noch langsam ansteigt.

Auch die überdeckten Proben weisen bei den Serien P S eine etwas größere Korrosion auf als die abgedeckten Proben der Serie B S. Das Ausmaß der Korrosion ist jedoch bei beiden gering.

Prüfverfahren:

Die Begutachtung mittels Endoskop ist einfach und gut vor Ort anwendbar. Sie ist jedoch von dem Beobachter abhängig. Fehlinterpretationen können durch sorgfältiges Arbeiten und Erfahrungen minimiert werden, sie sind aber nicht vollständig auszuschließen.

Das Prüfverfahren mit dem Endoskop gibt gute Aufschlüsse über das Verhalten im Inneren eines Brückenknotenpunktes.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens konnte durch das Endoskop nur festgestellt werden, ob die Metallteile an der Oberfläche Korrosion aufweisen. Es können jedoch keine Aussagen darüber gemacht werden, ob durch die Begutachtung der Oberfläche mittels Endoskop die Gefährdung des Tragwerks durch verrostete Metallteile genau feststellbar ist.

5 Ausblick

Das Prüfverfahren erscheint geeignet, den Korrosionszustand innerhalb von Brückenknoten zu beurteilen.

Die Zeitdauer dieses Forschungsvorhabens war für Dauerversuche sehr kurz. Dennoch sind einige Ergebnisse erkennbar. Eine weitere Überprüfung der vorhandenen Knoten wäre sinnvoll. Hierzu wird vorgeschlagen, die Prüfkörper an der horizontalen Stirnseite abzudecken, damit die Beanspruchung dieses Bauteils und seiner Verbindungsmittel der Realität näherkommt. Ebenso sollte eine abgedeckte Versuchsserie ins Freie gerückt werden und mit einer abgedeckten horizontalen Stirnholzfläche versehen werden. Damit kann geprüft werden, ob die Stabdübel selber oder die ungünstige Beanspruchung durch das durchfeuchtete Stirnholz für das starke Korrosionsverhalten verantwortlich sind. Das Verhalten feuerverzinkter Stabdübel im Freien sollte untersucht werden.

6 Literatur

- [1] Oeteren, K. A. van : Feuerverzinkung - ein hochwertiger industrieller Korrosionsschutz, Kontakt & Studium Band 265, expert verlag Ehningen 1988.
 - [2] Zinkberatung e. V. [Hrsg.] : Korrosionsschutz mit Zink - ein Beitrag zum sicheren Bauen. Informationsschrift, Düsseldorf 1990.
 - [3] Deutscher Stahlbau-Verband (Hrsg.) : Stahlbau Handbuch - Für Studium und Praxis. Band 1, 2. Auflage, Stahlbau-Verlags GmbH. Köln 1982.
- DIN 1052 Teil 2: Holzbauwerke - Mechanische Verbindungen (Ausgabe April 1988)
- DIN 1074: Holzbrücken (Ausgabe Mai 1991)
- DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen - Überwachung und Prüfung (Ausgabe März 1983)

7 Anlagen

Verzeichnis der Anlagen:

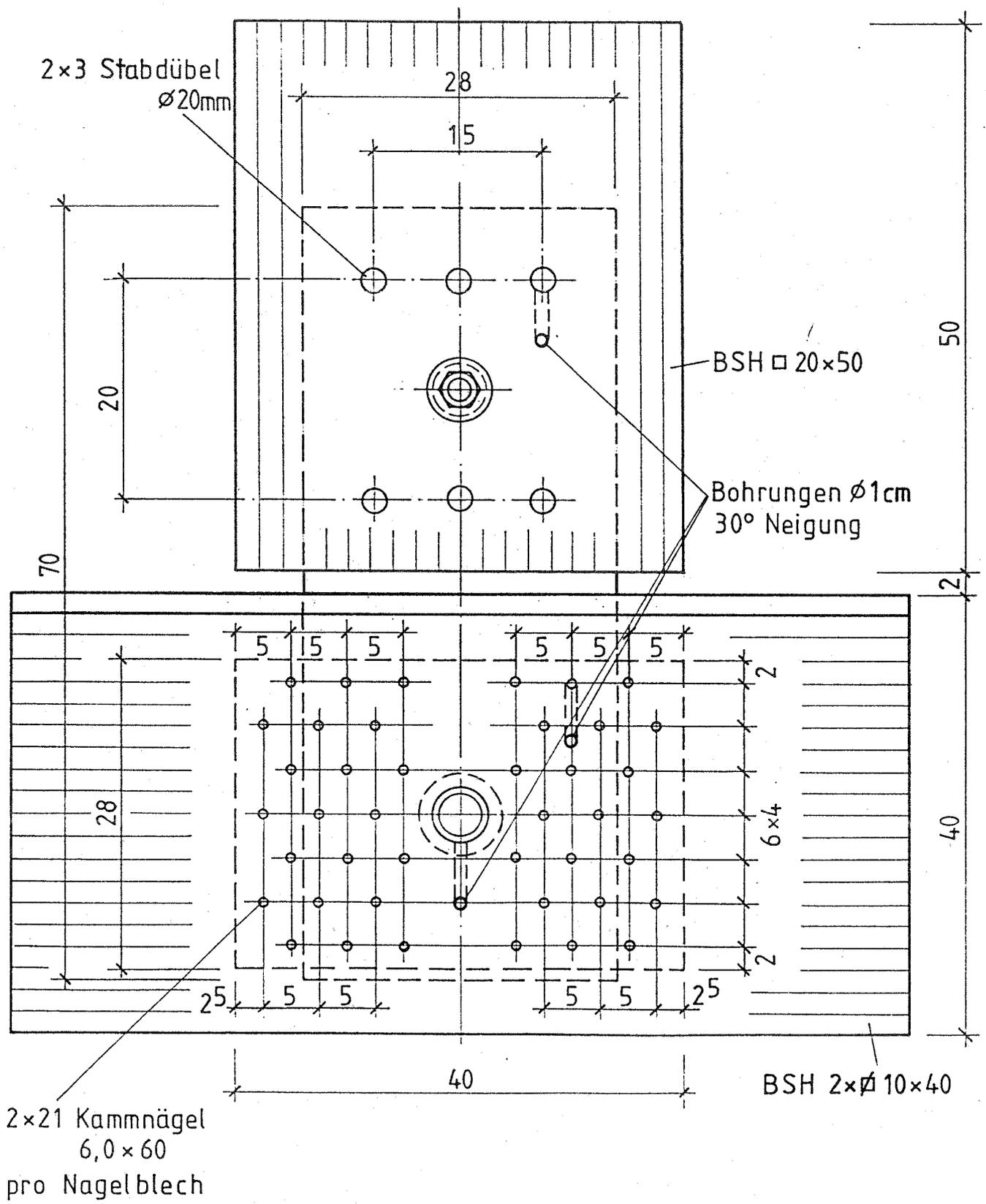
Anlage 1:	Prüfkörper der Serien B S, Ansicht,	M = 1 : 5
Anlage 2:	Prüfkörper der Serien B S, Querschnitt,	M = 1 : 5 und M = 1 : 1
Anlage 3:	Prüfkörper der Serien B S, Draufsicht,	M = 1 : 5
Anlage 4:	Prüfkörper der Serien B S, Knotenblech I	M = 1 : 5
Anlage 5:	Prüfkörper der Serien B S, Knotenblech II	M = 1 : 5 und M = 1 : 1
Anlage 6:	Prüfkörper der Serien P S, Ansicht und Schnitt,	M = 1 : 5
Anlage 7:	Versuchsplan	
Anlage 8-12:	Tabelle der Einzelbeobachtungen	

Verwendete Abkürzungen in den Anlagen 8-12:

Lagerung:	a	=	abgedeckt
	f	=	im Freien (nicht abgedeckt)
Beschichtung	eb	=	einfach beschichtet, d.h. feuerverzinkt
	zb	=	zusätzlich beschichtet d.h. feuerverzinkt mit Beschichtung
Form	v	=	vollständig montierte Prüfkörper
	z	=	Prüfkörper nach Montage wieder zerlegt
Sonstige	BL	=	Bohrloch
Begutachtung:	s	=	sauber
	b	=	bedeckt (mit Spänen)
	aBL	=	ausgefranztes Bohrloch
	v	=	Verschmutzung durch Insekten
	lv	=	leichte Verschmutzung durch Insekten
	ke	=	keine Korrosion erkennbar, Oberfläche nur wenig sichtbar
	ns	=	Bauteil nicht sichtbar
	g	=	Zinkglanz
	m	=	matt
	r	=	rauh, ev. Zinkkorrosion
	w	=	weiße Flecken, Hinweis auf Korrosion
	abb	=	Abblätterungen
	k	=	keine Beschädigungen
	0	=	keine Korrosion
z.B.	25	=	Korrosionanteil; ca. 25% der Oberfläche ist mit Rost bedeckt
	100	=	Oberfläche vollständig mit Rost bedeckt

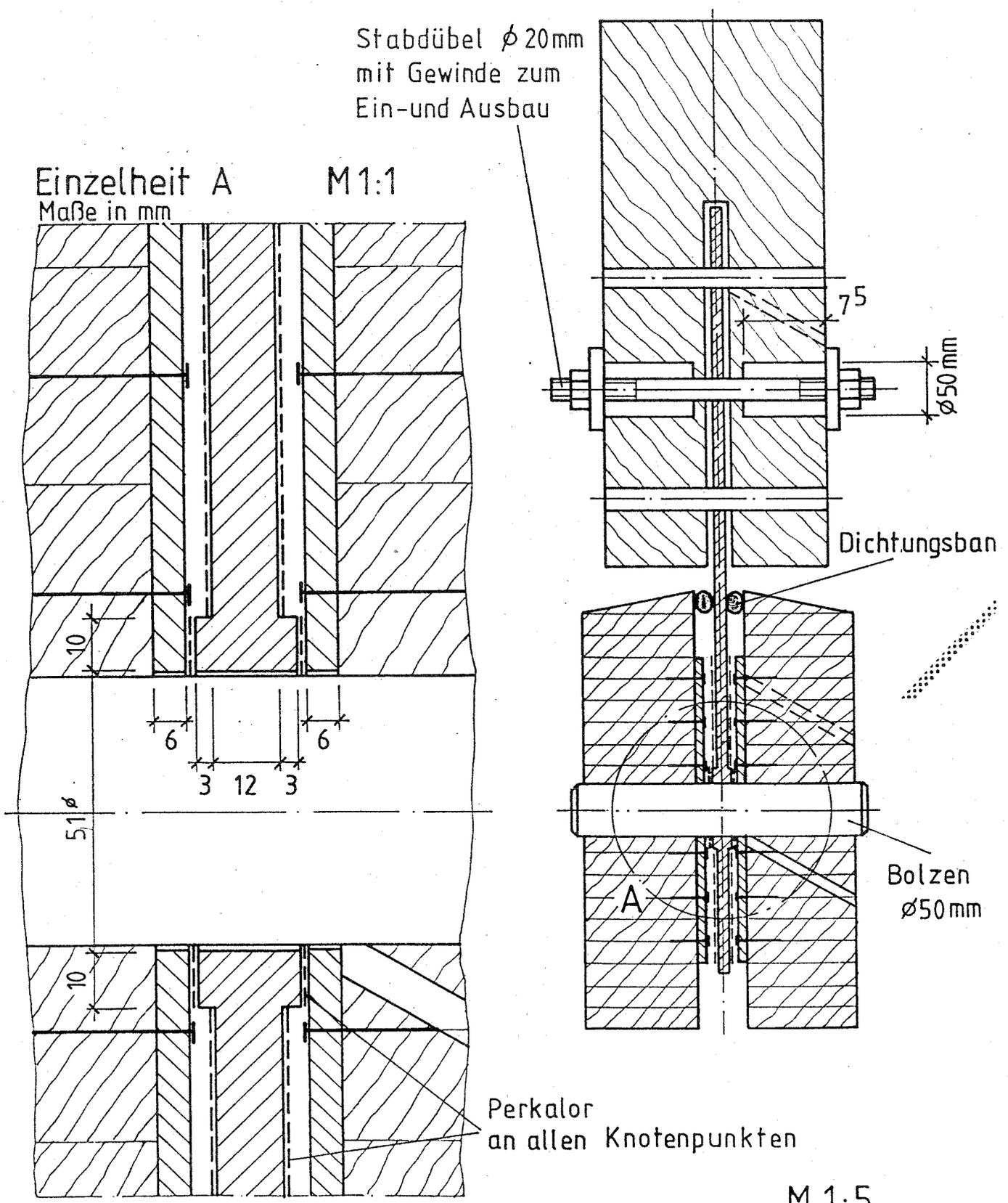
Dauerhaftigkeit von Knotenpunkten im Freien

Prüfkörper für Brücken-Knotenpunkte
Ansicht



Dauerhaftigkeit von Knotenpunkten im Freien

Prüfkörper für Brücken-Knotenpunkte
Querschnitt

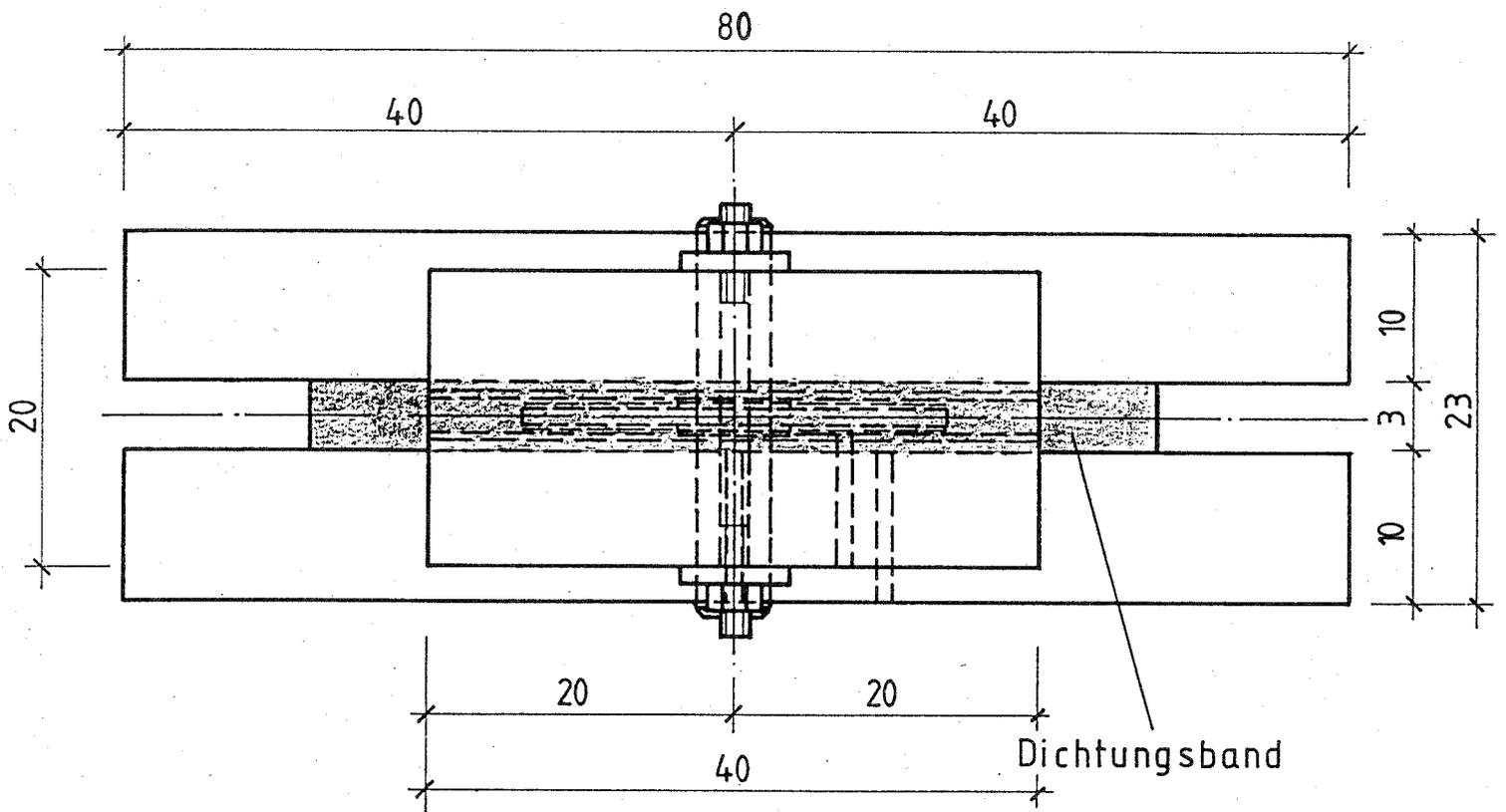


M 1:5
1:1

Dauerhaftigkeit von Knotenpunkten im Freien

Prüfkörper für Brücken - Knotenpunkte

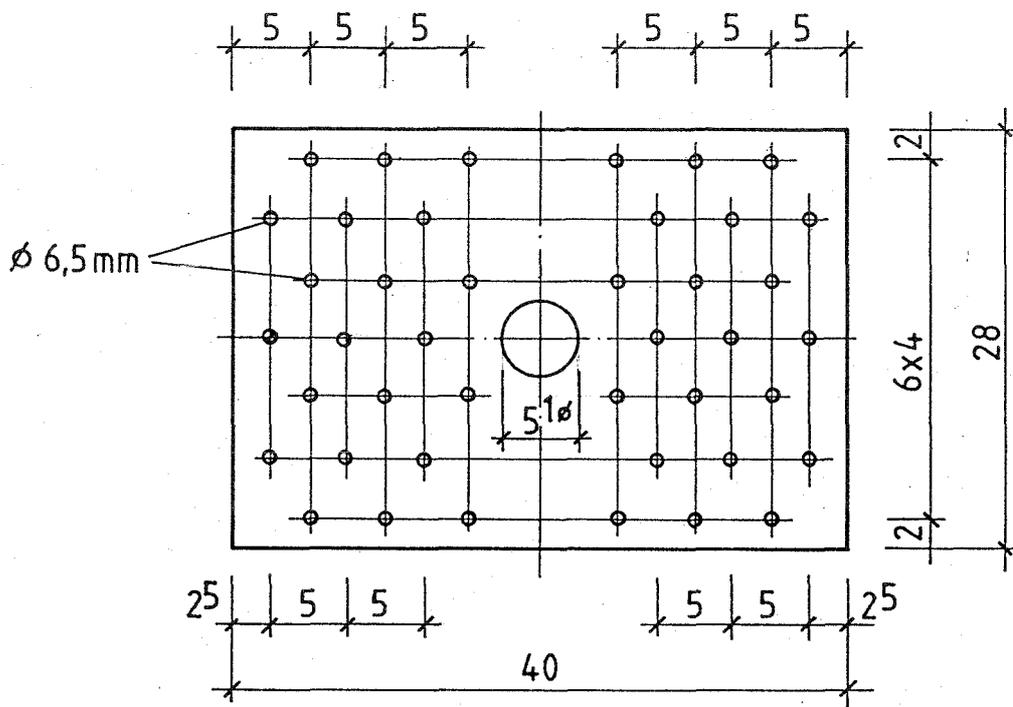
Draufsicht



M 1:5

Dauerhaftigkeit von Knotenpunkten im Freien

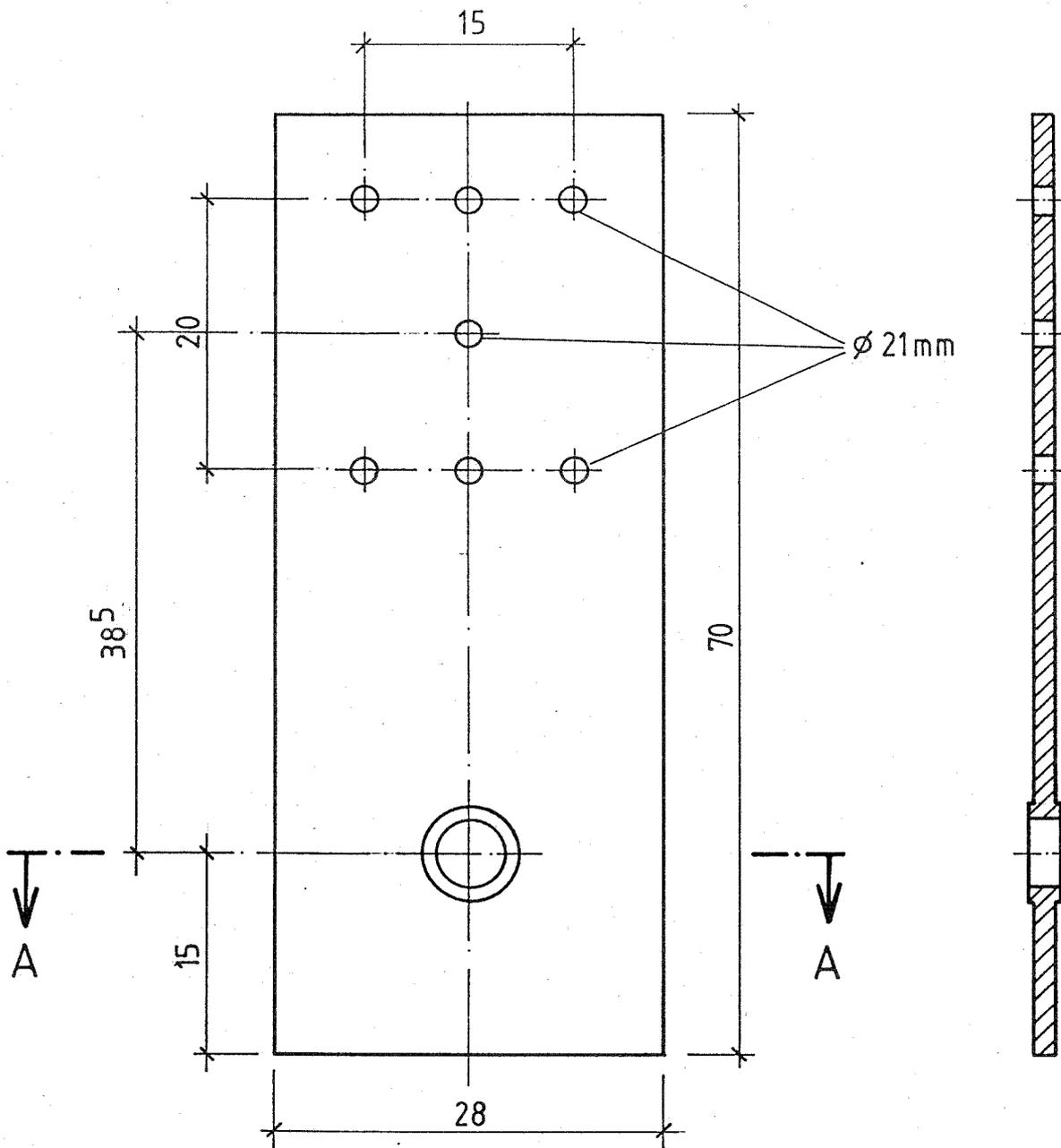
Knotenblech I



Nagelblechdicke 6mm

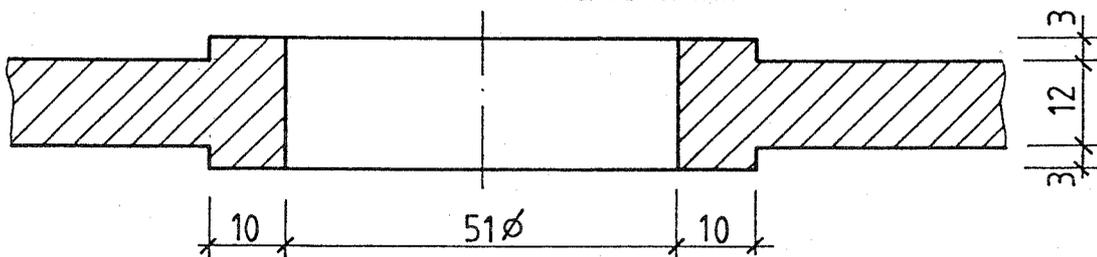
M 1:5

Knotenblech II



Schnitt A-A M 1:1

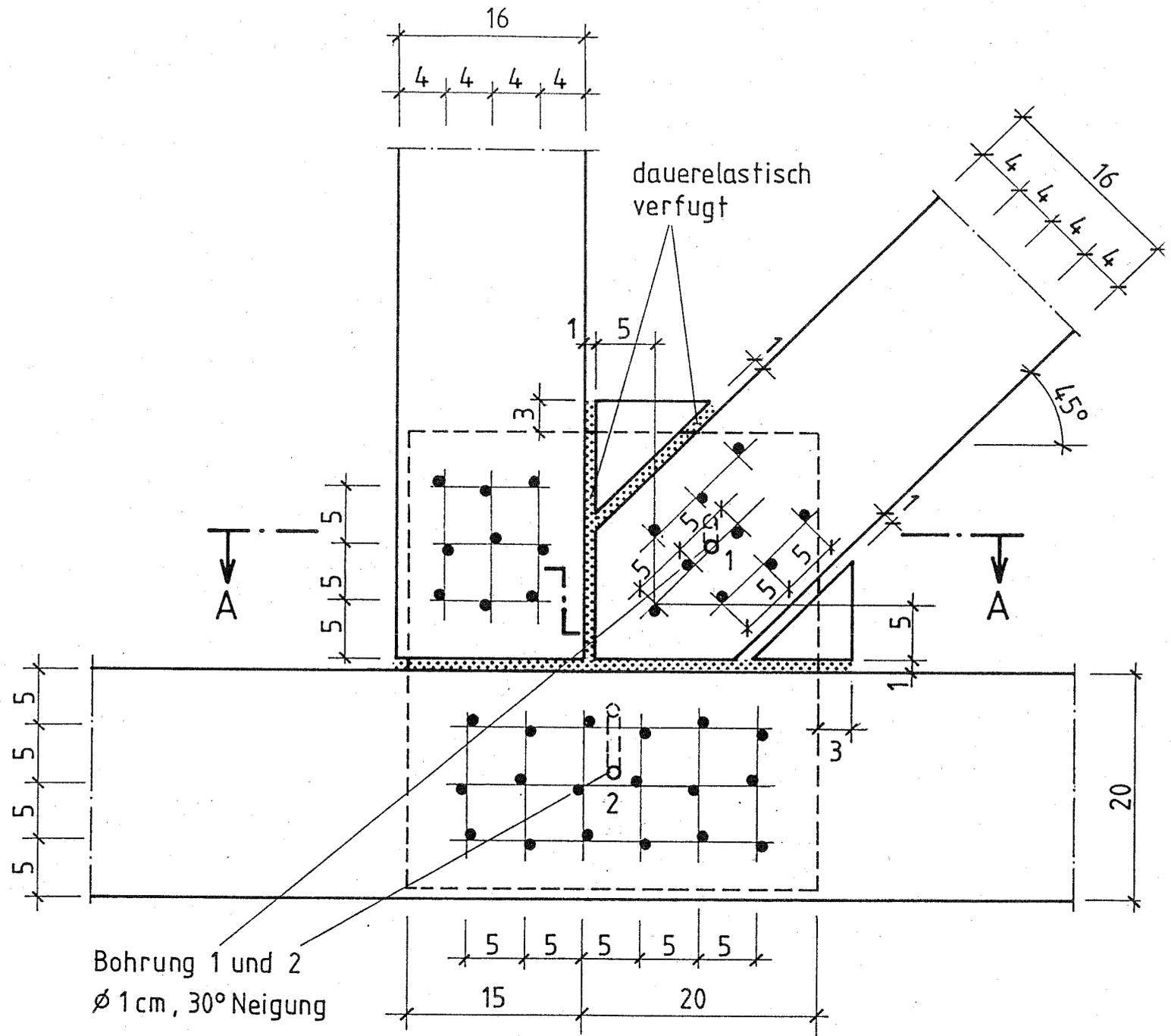
Maße in mm



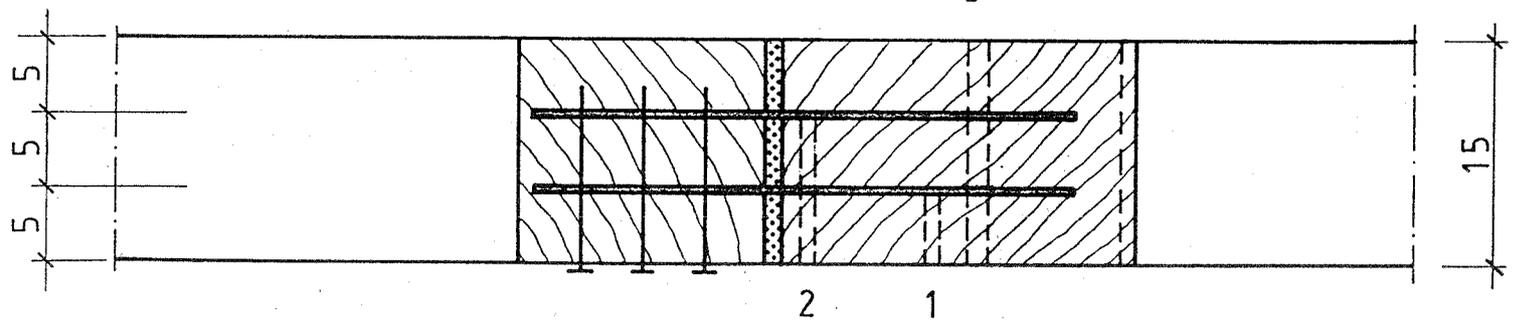
M 1:5
1:1

Dauerhaftigkeit von Knotenpunkten im Freien

Prüfkörper für Paslode



2 Nagelbleche 400 × 350 × 3



Schnitt A-A

M 1:5

Anlage 7: Versuchsplan:

Knotennr.	Lagerung	Beschichtung	Form
B S 1/1	a	eb	v
B S 1/2	a	eb	v
B S 1/3	a	eb	v
B S 1/4	a	eb	v
B S 1/5	a	eb	v
B S 1/6	a	eb	v
B S 2/1	f	eb	v
B S 2/2	f	eb	v
B S 2/3	f	eb	v
B S 2/4	a	eb	v
B S 2/5	a	eb	v
B S 2/6	a	eb	v
B S 3/1	a	eb	v
B S 3/2	a	eb	v
B S 3/3	a	eb	v
B S 3/4	a	eb	v
B S 3/5	a	eb	v
B S 3/6	a	eb	v
B S 4/1	f	eb	v
B S 4/2	f	eb	v
B S 4/3	f	eb	v
B S 4/4	f	eb	v
B S 4/5	f	eb	v
B S 4/6	f	eb	v
B S 5/1	a	zb	z
B S 5/2	a	eb	z
B S 5/3	a	eb	z
B S 5/4	f	zb	z
B S 5/5	f	zb	z
B S 5/6	f	eb	z
B S 6/1	f	zb	v
B S 6/2	f	zb	v
B S 6/3	f	eb	v
B S 6/4	f	zb	v
B S 6/5	f	eb	v
B S 6/6	f	eb	v
PS 1/1	a	eb	v
PS 1/2	a	eb	v
PS 1/3	a	eb	v
PS 1/4	a	eb	v
PS 1/5	a	eb	v
PS 1/6	a	eb	v
PS 2/1	f	eb	v
PS 2/2	f	eb	v
PS 2/3	f	eb	v
PS 2/4	f	eb	v
PS 2/5	f	eb	v
PS 2/6	f	eb	v
PS 3/1	a	eb	z
PS 3/2	a	eb	z
PS 3/3	a	eb	z
PS 4/1	f	eb	z
PS 4/2	f	eb	z
PS 4/3	f	eb	z

Tabelle der Einzelbeobachtungen

		a := abgedeckt f := im Freien			s := sauber b := bedeckt (Späne) aBL := ausgefranstes BL v := Verschmutzung lv := leichte Verschmutz.			ke := keine Korr. erkennb ns := nichts sichtbar			g := Zinkglanz m := matt r := rau, ev. Zinkkorr. w := weiße Flecken abb := Abblätterungen			k := keine Beschädigung 0 := keine Korrosion an beschädigten Stellen 25 := geringe Korrosion 50 := deutliche Korrosion 75 := starke Korrosion 100 := Oberfläche vollständig mit Rost bedeckt			AL := Aufgehen von Leimfugen n := normal sch := schimmel						
Nummer	La	Besc	BL	Bauteil	Allg. Beobachtung			Korrosion außerh. Besch.			Zinkoberfläche			Korr. an Beschädigungen			Äußere Begutachtung			Sonstige Bemerkungen			
					Beob. 1	Beob. 2	Beob. 3	Beob. 1	Beob. 2	Beob. 3	Beob. 1	Beob. 2	Beob. 3	Beob. 1	Beob. 2	Beob. 3	sonst. Bemerkungen	Beob. 1	Beob. 2	Beob. 3	Beob. 1	Beob. 2	Beob. 3
B S 1/1	a	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k	k	k	n	n	n				
B S 1/1	a		1	Stabdübel	s	s	s	0	2	3	g	g	g	k	k	k							
B S 1/1	a	eb	2	Platte 2	s	lv	lv	0	10	0	g	g	g	k	k	k							
B S 1/1	a		2	Bolzen	s	v	v	0	10	0	g	g	g	k	0	0							
B S 1/1	a	eb	3	Platte 2	s			0	5	0	g	g	m	k		0							
B S 1/1	a		3	Nagel	s		v	0	0	0			m				Abschabungen des Korrosionsschutzes						
B S 1/2	a	eb	1	Platte 1	b20%	b20%	b20%	0	0	0	g	g	g	k	k	k	n	n	n	AL			
B S 1/2	a		1	Stabdübel	b20%	b20%	b20%	0	0	0	g	g	g	k	k	k							
B S 1/2	a	eb	2	Platte 2	s	v	v	5	0	5	g	g		k	0	0							
B S 1/2	a		2	Bolzen	s	v	v	0	ns	0			g	k	k	k							
B S 1/2	a	eb	3	Platte 2	s		v	0	0	0	g	g	g	k	0	0							
B S 1/2	a		3	Nagel	nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar			Bohrloch trifft Nagel nicht						
B S 1/3	a	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	0	0	g	g	g				n	n	n	AL			
B S 1/3	a		1	Stabdübel	s	s	s	0	0	0	g	g	g										
B S 1/3	a	eb	2	Platte 2	s	v	v	0	5	0	g	g	m	0	0	0							
B S 1/3	a		2	Bolzen	s	v	v	0	0	0	g	g	g	0	0	0	Abschabungen von Zink durch Einbringen des Bolzens						
B S 1/3	a	eb	3	Platte 2	s			0	0	0							Platte kaum sichtbar, Nagel ragt in Bohrloch						
B S 1/3	a		3	Nagel	s			ke	ke	ke				0	10	10	Nagel im Bohrloch, beschädigte Spitze						
B S 1/4	a	eb	1	Platte 1	s		v	0	0	0	g	g	g	k	k	k	n	n	n				
B S 1/4	a		1	Stabdübel	s		v	0	5	0	g	g	g	k	k	k							
B S 1/4	a	eb	2	Platte 2	b100	b100	b100	ns	ns	ns							vollkommen bedeckt, weitere Angaben nicht möglich						
B S 1/4	a		2	Bolzen	b100	b100	b100	ns	ns	ns							vollkommen bedeckt, weitere Angaben nicht möglich						
B S 1/4	a	eb	3	Platte 2	b80	b100	b100	ke	ns	ns	g			k			vollkommen bedeckt, weitere Angaben nicht möglich						
B S 1/4	a		3	Nagel	b80	b100	b100	ns	ns	ns							vollkommen bedeckt, weitere Angaben nicht möglich						
B S 1/5	a	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	0	0	g	g	g	0	0	0	n	n	n				
B S 1/5	a		1	Stabdübel	s	s	s	0	0	0	g	g	g	0	0	0							
B S 1/5	a	eb	2	Platte 2	s		v	0	0	0	g	g	g	k									
B S 1/5	a		2	Bolzen	s		v	0	0	2	g	g	g	k		25							
B S 1/5	a	eb	3	Platte 2	s	v	v	0	25	2	g	g	g	k	0	0	an Bohrlochleibung Absplitterung der Verzinkung erkennbar						
B S 1/5	a		3	Nagel	s	v	v	0	25	0	g	g	g	k	k	k	Verschmutzung als Korrosion interpretierbar						
B S 1/6	a	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k		0	n	n	n				
B S 1/6	a		1	Stabdübel	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k									
B S 1/6	a	eb	2	Platte 2	nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar									
B S 1/6	a		2	Bolzen	s		v	0	0	0	g			k	2	80							
B S 1/6	a	eb	3	Platte 2	s	v	v	0	0	0	g	g					Oberflächen nur wenig sichtbar						
B S 1/6	a		3	Nagel	s	v	v	0	0	0	g	g											

Anlage 8

B S 2/1	f	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k	10	25		n	n	AL, RiB durch Stabdübelreihe	
B S 2/1	f		1	Stabdübel	s	s	s	0	0	25	g	g	m								
B S 2/1	f	eb	2	Platte 2	s	v	v	0	ns	ns	g	ns	ns	k	ns	ns					
B S 2/1	f		2	Bolzen	s	v	v	5	10	ke	g	g									
B S 2/1	f	eb	3	Platte 2	s	v	v	0	0	ke	g	g									
B S 2/1	f		3	Nagel	s	v	v	5	ns	ns		ns	ns								
B S 2/2	f	eb	1	Platte 1	s	s		0	0	5	g	m	r	k	0	25		n	n	n, Risse im Holz	
B S 2/2	f		1	Stabdübel	s	s		0	0	ns	g		ns								
B S 2/2	f	eb	2	Platte 2	nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar							
B S 2/2	f		2	Bolzen	s	s	v	0	0	0		r		k	25	75					
B S 2/2	f	eb	3	Platte 2	s	s	s	0	0	0	g	g	r	k	5	75				Abplatzungen sichtbar	
B S 2/2	f		3	Nagel	s	s	b25	0	0	ns	g	g	ns			ns					
B S 2/3	f	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	25	25	g	g					teilweise aBL	n		Risse, AL	
B S 2/3	f		1	Stabdübel	s	s	s	0	75	90	g	m	abb								
B S 2/3	f	eb	2	Platte 2	nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar							
B S 2/3	f		2	Bolzen	s	s	s	0	0	0	g	g	m	k	k	k					
B S 2/3	f	eb	3	Platte 2	s	s	s	0		0	g		g	k	k	k					
B S 2/3	f		3	Nagel	s	s	s	0	25	75	g	m	abb							Nagel im Bohrloch	
B S 2/4	a	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k		k		n	n	n	
B S 2/4	a		1	Stabdübel	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k		25				kleine Abplatzungen	
B S 2/4	a	eb	2	Platte 2	s		v	0	0	0	g	g	g	k	3	3					
B S 2/4	a		2	Bolzen	s		v	3	ns	ns	g	ns	ns	k	ns	ns					
B S 2/4	a	eb	3	Platte 2	s	lv	lv	0	0	0	g	m	g	k		25					
B S 2/4	a		3	Nagel	s	lv	lv	0	5	5		m		k							
B S 2/5	a	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k	k	k		n	n	n	
B S 2/5	a		1	Stabdübel	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k	k	k					
B S 2/5	a	eb	2	Platte 2	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k	0	0					
B S 2/5	a		2	Bolzen	s	s	s	0	3	3	g	g	g	k	k	k					
B S 2/5	a	eb	3	Platte 2	s	s	s	0	0	0	g	m	m	k		0				Bohrlochleibung weist Absplitterungen der Zinklegierung auf	
B S 2/5	a		3	Nagel	s	s	s	0	0	0										Nagel ist fast nicht sichtbar	
B S 2/6	a	eb	1	Platte 1	b50	b50	b50	0	0	0	g	g		k	0	0		n	n	n	
B S 2/6	a		1	Stabdübel	b50	b50	b50	0	0	0	g	g		k	k	k					
B S 2/6	a	eb	2	Platte 2	nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar							
B S 2/6	a		2	Bolzen	aBL	aBL	aBL	0	0	0	g	g		k	0	25					
B S 2/6	a	eb	3	Platte 2	s	s	s	0	0	0	g	m			0	0				Absplitterungen in Leibung	
B S 2/6	a		3	Nagel	s	s	s	0	0	0	g	m			0	0					
B S 3/1	a	eb	1	Platte 1	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k	k	k		n	n	n	
B S 3/1	a		1	Stabdübel	s	s	s	0	0	0	g	g	g	k	k	k					
B S 3/1	a	eb	2	Platte 2	nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar							
B S 3/1	a		2	Bolzen	s	s	s	0	0	0				k	5	25				Beschädigung mitte und unten	
B S 3/1	a	eb	3	Platte 2	s	s	s	0	0	0	g	g		k	0	0					
B S 3/1	a		3	Nagel	s	s	s	0	0	0	g	g		k							
B S 3/2	a	eb	1	Platte 1	a	a	a	0	0	0	g	g	g	0	0	0		n	n	n	
B S 3/2	a		1	Stabdübel	a	a	a	0	0	0	g	g	g	0	0	0				leichte Abschabungen	
B S 3/2	a	eb	2	Platte 2	nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar			nicht sichtbar							
B S 3/2	a		2	Bolzen	s	s	s	0	0	0	g	g		k	5	10				Beschädigung mitte(0%) und unten (20%)	
B S 3/2	a	eb	3	Platte 2	s	s	s	0	0	0	g	g		k	0	0				Absplitterung	
B S 3/2	a		3	Nagel	s	s	s	0	0	0	g	g		k	k	k					

2017

Knotenblech															
B S 5/1	a	zb	II	Bohrlöcher	50 % Abschab., 1 Abplat	0	0	0						1BL	geringer Rostansatz bei Abschabungen
B S 5/1	a	zb		Platte	0 % Abschabungen	0	0	0		m					
B S 5/1	a	zb	I	Nagelplatte	Haarrisse in Schutzschic	0	0	0		m					Verbindungsmittel an Beschädigungen leicht angerostet
B S 5/1	a			Nägel		0	0	0							
B S 5/2	a	eb	II	Bohrlöcher	10 % Abschabungen	0	0	0				0 BL	1BL	2 BL	
B S 5/2	a	eb		Platte	0 % Abschabungen	0	0	0		m				0,5 cm²	
B S 5/2	a	eb	I	Nagelplatte	größere Abplatzungen (f	0	0	0		g,w				2 Steller	Verbindungsmittel an Beschädigungen leicht angerostet
B S 5/2	a			Nägel	2 fehlende Nagelköpfe	0	0	0						2	
B S 5/3	a	eb	II	Bohrlöcher	Abschabungen	0	0	0						2 BL	
B S 5/3	a	eb		Platte	25 % Abschabungen	0		ja		m				3 BL	
B S 5/3	a	eb	I	Nagelplatte	Haarrisse und Abplatzun	0	ja	deutlich		m,w					Verbindungsmittel an Beschädigungen leicht angerostet
B S 5/3	a			Nägel	besch. Nagelköpfe	0	ja	ja							
B S 5/4	f	zb	II	Bohrlöcher	25 % Abschabungen	0	0	0						0	Rostansatz an Abschabungen, Dichtungsband "zerfressen"
B S 5/4	f	zb		Platte	0 % Abschabungen	0	0	0		m					
B S 5/4	f	zb	I	Nagelplatte	Abplatzungen	0	ja	ja		m					Verbindungsmittel an Beschädigungen angerostet, deutliche Rostspuren
B S 5/4	f			Nägel		0	0	0							
B S 5/5	f	zb	II	Bohrlöcher	50 % Abschabungen	0	0	0						0	
B S 5/5	f	zb		Platte	0 % Abschabungen	0	0	0		m					
B S 5/5	f	zb	I	Nagelplatte	Haarrisse, Abplatzungen	0	0	ja		m					Verbindungsmittel an Beschädigungen angerostet, deutliche Rostspuren
B S 5/5	f			Nägel		0	0	0							
B S 5/6	f	eb	II	Bohrlöcher		0	0	0						0	
B S 5/6	f	eb		Platte		0	0	0		m					
B S 5/6	f	eb	I	Nagelplatte	Abplatzungen	0	0	ja		m, w					Verbindungsmittel an Beschädigungen angerostet, deutliche Rostspuren
B S 5/6	f			Nägel		0	0	0							
PS 1/1	a		1	Platte 1	aBL aBL aBL	0	0	0	g	g	g	k	0	25	
PS 1/1	a		2	Platte 2	b25 b25 b25	0	0	0	g	g	g	k	0	25	
PS 1/1	a		2	Platte 1											
PS 1/1	a		2	Leibung Pla	s s s	0	0	25							
PS 1/2	a		1	Platte 1	aBL aBL aBL	0	0	0	g	g	g	k	0	25	n n n
PS 1/2	a		2	Platte 2	aBL aBL aBL	3	3	3	g	m	m	k	0	25	
PS 1/2	a		2	Platte 1											
PS 1/2	a		2	Leibung Pla	s s s	0	10	25							
PS 1/3	a		1	Platte 1	aBL aBL aBL	0	0	0	g	g	g	k	0	25	n n n
PS 1/3	a		2	Platte 2	b50 b50 b50	3	3	ke	g	g	g	k	0		
PS 1/3	a		2	Nagel	b50 b50 b50	ns	ns	0	ns	ns	g				
PS 1/3	a		2	Platte 1											
PS 1/3	a		2	Leibung Pla	s s s	15	15	15							

25

17

PS 1/4	a	1	Platte 1	aBL	aBL	aBL	15	15	15	g	g	g	k	0	25		n	n	n			
PS 1/4	a	2	Platte 2	b50	b50	b50	5	ke	5	g	g	g	k	k	k							
PS 1/4	a	2	Platte 1																			
PS 1/4	a	2	Leibung Pla	s	s	s	0	15	25													
PS 1/5	a	1	Platte 1	aBL	aBL	aBL	0	0	0	g	g	g	k	3	25		n	n	n			
PS 1/5	a	2	Platte 2	b	b	b	0	0	ke	g	m	ke	k	k	ke							
PS 1/5	a	2	Platte 1	s	s	s	0	0	ke	g	g	ke										
PS 1/5	a	2	Leibung Pla	s	s	s	0	15	25													teilweise Haarnadelrisse an Bohrlochwand
PS 1/6	a	1	Platte 1	s	s	s	2	3	2	g	g	m	k	0	25							
PS 1/6	a	2	Platte 2	b	b	b	2	2	2	g	m	m	k	0	25							
PS 1/6	a	2	Platte 1	s	s	s	5	5	5	g	g	g										
PS 1/6	a	2	Leibung Pla	s	s	s	0	10	100			r										
PS 2/1	f	1	Platte 1	s	lv	lv	0	0	0	g	g	m	k	0	75		n	n	n			
PS 2/1	f	2	Platte 2	b	b	b	50	50	50	g		m	k	k	k							
PS 2/1	f	2	Platte 1	s	s	s	25	50														Korrosion am Bohrloch
PS 2/1	f	2	Leibung Pla	s	s	s	0		50													
PS 2/2	f	1	Platte 1	b80	b80	b80	10	50	30				k	0	50		n	n	n			
PS 2/2	f	2	Platte 2	b50	b50	b50	15	15	15	g	g	g	k	25								
PS 2/2	f	2	Nagel			s			100													
PS 2/2	f	2	Platte 1				30	50	75													
PS 2/2	f	2	Leibung Pla	s		s	20		75													
PS 2/3	f	1	Platte 1	b70	b50	b50	50	50	50				k	k	k		n	n	n			n, Platte hinter Sägeschlitz: deutliche Korr.
PS 2/3	f	2	Nagel	ns	ns	s	ns	ns	75													
PS 2/3	f	2	Platte 2	b	b	b	15	50	75	g												
PS 2/3	f	2	Platte 1	s	s	s	100	100	100	m	m	m										
PS 2/3	f	2	Leibung Pla	s	s	s	100	100	100													
PS 2/4	f	1	Platte 1	b60	b50	b	0	0	0	g	g	m	k	10	75		n	n	n			
PS 2/4	f	2	Platte 2	b70	b70	b70	0	75	75	g	m	m	k	k	k							Schimmelpilzansatz in Bohrloch
PS 2/4	f	2	Platte 1	s	s	s	10	75	ja													
PS 2/4	f	2	Leibung Pla			s			100													korrodierende Bohrspäne
PS 2/5	f	1	Platte 1	b30	b30	b30	0	0	0	g	m	m	k	0	25		n	n	n			
PS 2/5	f	2	Platte 2	b	b	b	60	ns	80	g	ns	m	k	k	k							Wasser in Loch
PS 2/5	f	2	Platte 1	s	s	s	20	25	40													
PS 2/5	f	2	Leibung Pla	s	s	s	0		20													korrodierende Bohrspäne
PS 2/6	f	1	Platte 1	b90	b90	b90	0	0	0	g	g	g	k	0	50		n	n	n			
PS 2/6	f	2	Platte 2	b60	b60	b60	70	70	70				k	0	50							
PS 2/6	f	2	Platte 1	s	s	b	50	75	ns													
PS 2/6	f	2	Leibung Pla	s		s	30		50													korrodierende blasenwerfende Eisenspäne am Bohrlochrand
PS 3/1	a		Platte	s	lv	lv	0	0	0								5% w	5% w	5% w			
PS 3/2	a		Platte	s	lv	lv	0	0	0										5% w			
PS 3/3	a		Platte	s	lv	lv	0	0	0													
PS 4/1	f		Platte	s	lv	lv	0	0	0													
PS 4/2	f		Platte	s	lv	lv	0	0	0													
PS 4/3	f		Platte	s	lv	lv	0	0	0								5% w	5% w	5% braune und weiße Flecken (w)			

5

T 2698

Brief Summary:

Durability of steel-to-timber joints in wooden supports outdoors

For testing steel-to-timber joints for their durability, test pieces had been stored for 33 months in the city centre of Munich. According to plan, holes of diameter 10 mm were drilled into the test pieces before assembling them. Through the holes it was possible to examine the metal plate inside the joints by means of an endoscope.

In the course of this test procedure, half of the test pieces were directly exposed to the weather. The other half was covered - except laterally open.

The applied hot dip coating of the metal plates met the requirements of DIN 1052 part 2 for the industrial environment. Test pieces with an additional coating were manufactured under the requirements of DIN 55928 part 5. The dowels had only been galvanized with zinc.

The steel parts of the covered test pieces show clearly visible a slighter corrosion than those which had not been covered, whereas the dowels of the uncovered test pieces show a heavy corrosion. The bolts are relatively insensitive. The result of the used nails is in between the previously mentioned extremes.

There are 3 reasons to list for the heavy corrosion of the dowels:

- 1) The dowel had been fixed into under uncovered horizontal end grain, so as a result they were exposed to a high degree of moisture.
- 2) The dowels had only been galvanized and didn't meet the corrosion resistance requirements of DIN 1052 part 2 for outdoor use.
- 3) The basic material of the dowels had been faulty.

The examination with an endoscope is simple and good for use on location. However, results are always dependant on the observer. The endoscope examination supplies good information about the conditions inside the steel-to-timber joints.

T 2698

Résumé

Durabilité de points nodaux sur constructions en bois exposées aux influences atmosphériques

Dans le but d'étudier la durabilité de points nodaux, des échantillons ont été déposés sur un toit de la cité de Munich durant 33 mois. Avant l'assemblage, des trous de 10 mm de diamètre ont été percés dans les échantillons. Ces percements permettent d'examiner les pièces métalliques à l'intérieur du point nodal à l'aide d'un endoscope.

La moitié des échantillons était exposée aux intempéries, tandis que l'autre moitié était recouverte sur la surface, mais ouverte latéralement.

Le zingage à chaud appliqué sur les tôles nodales correspond aux exigences du DIN 1052 Part 2 en ce qui concerne les directives 'atmosphère industrielle'. En plus, des échantillons munis d'une couche protectrice supplémentaire selon DIN 55928 part 5 ont été confectionnés. Les chevilles métalliques (en forme de baguette) étaient simplement zinguées électrolytiquement.

Les éléments en acier des échantillons protégés par le recouvrement montrent une corrosion nettement inférieure à celle des échantillons exposés.

Les chevilles utilisées pour les échantillons exposés montrent une forte corrosion. Les boulons, par contre, sont relativement insensibles aux intempéries. Pour les clous utilisés les résultats sont entre les deux.

Pour la corrosion extrême des chevilles il y a trois causes:

1. Les chevilles étaient montées en-dedans d'une surface horizontale en bois de bout non recouverte, de sorte qu'elles étaient extrêmement exposées à l'humidité.
2. Les chevilles étaient équipées d'un simple zingage galvanique et ne correspondaient donc pas aux exigences anti-corrosion selon DIN 1052 part 2 pour l'exposition à l'air.
3. Le matériel utilisé pour les chevilles était défectueux.

Le contrôle à l'aide d'un endoscope est simple et peut être effectué aisément sur place. Cependant les résultats dépendent de l'observateur. Le contrôle endoscopique présente de bons résultats pour l'inspection de l'intérieur d'un point nodal.