

Ralf Jacoby

19:09.2024

Thema:

Checklisten zur Anfrage, Auswahl,
Bewertung, Bestellung einer PV-Anlage



BÜRGERNETZWERK
SOLAR
WORMS

Checklisten zur Anfrage, Auswahl, Bewertung und Bestellung einer PV-Anlage



Themengebiete:

1. Was sollte ich bei einer Anfrage berücksichtigen?
2. Darauf achte ich beim Angebot / Auftrag
3. Ausführung, Statik, Betriebs-, Sicherheitsgrenzen
4. Worauf muss ich bei der Dokumentation achten?



ST

SÜD

Themengebiet 1

Was sollte ich bei einer Anfrage berücksichtigen?



- **Für was will ich meine PV-Anlage nutzen?**
 - Haushaltsstrom, (zukünftige) Heizungsunterstützung (Wärmepumpe, Heizstab), E-Auto, Klimaanlage, Sauna, Schwimmbad, Teichpumpe, Infrarotheizkörper, höherer Verbrauch durch geplanten Familienzuwachs, Homeoffice, Ersatz bei Stromausfall
 - **Die Verbrauchsangaben sollten typisch für die nächsten 20 Jahre sein - sie bestimmen die optimale Größe der PV-Anlage**
 - **Hohe Autarkie oder hoher Eigenverbrauch bei geringen Kosten?**
- Einzelpreise der Komponenten anfragen (zur besseren Vergleichbarkeit)
- Glas-Glas oder Glas-Folie-Module? Glas-Glas sind in der Regel langlebiger, haben eine zusätzliche bifaziale Nutzung. Glas-Folie-Module sind günstiger, leichter
- Mindest-Glasdicke 3,2mm (Glas-Folie) und 2 x 2mm (Glas-Glas). Manche Anbieter bieten nur 1,6,mm Gläser an!
- Bei nahen, hohen Bäumen und Nebengebäuden, Gauben, Kaminen, nahen Bergen: Verschattungsanalyse anfragen – oft werden diese Verluste wegen mangelhaften Fachkenntnissen und dem Arbeitsaufwand nur pauschal geschätzt
- Welche Verschattungslösungen sind vorhanden? WR-Software, Leistungsoptimierer, Modulwechselrichter...?
- Notstrom- oder Ersatzstromfähigkeit (bei Bedarf) – was muss im (neuen) Schaltschrank geändert/ergänzt werden?
- Auf Erweiterbarkeit der Modulfelder, Wechselrichter, Batteriespeicher achten (bei Änderung des Bedarfs, der Ziele)
- Garantierelevante Dokumente anfragen (Lieferscheine, Flashlisten (Module), VDE-Abnahme-/Prüfergebnisse, etc.)
- Dachbelegungsplan mit tatsächlichen Haus-/Dachmaßen und Dachneigungen (oft nur per Google-Maps geschätzt)

Themengebiet 2

Darauf achte ich beim Angebot / Auftrag



- Angebotsinhalte:
 - **Auf vollständige, eindeutige Beschreibung und Auflistung der Lieferungen und Leistungen achten**
 - Auf „Half-Cut“-Zellen achten (reduzierte Modultemperatur, höherer Wirkungsgrad - wird heute fast ausschließlich angeboten)
„Top-Con“, „N-Type“, „HJT“ = Bezeichnung neuerer Module („P-Type oder PERC“ = Module älterer Generation)
 - Unterschied „N-Type“ zu „P-Type“: Höhere Wirkungsgrade, längere Lebensdauer, geringeres Nachlassen der Leistung
 - Unterschied „P-Type“ zu „N-Type“: Ausnutzung von „rotem Licht“ - besseres Schwachlastverhalten in Morgen-/Abendstunden
 - „HJT“ vereinigt beide Vorteile von N-Type und P-Type, hat einen höheren Wirkungsgrad und reduziert die Alterungsverluste
 - Auf Ausschlüsse im Kleingedruckten achten! Z.B.:
 - „Gerüstbau nur für die ersten 10m, 5m hoch“
 - „Kernbohrungen von außen in den Keller / Anschlussraum“
 - Übliche, selbst vorgeschriebene Dokumentationen fehlen oftmals – VDE-Checklisten, Prüfergebnisse, Flashlisten
 - Solateur will „gleichwertige Komponenten“ einsetzen (versteckter Grund, um „seinen“ billigen Standard zu verkaufen)
- Auf etwaige (versteckte) Zusatzkosten achten:
 - Zus. Planungskosten, Kosten für jede zusätzliche Anfahrt, Kosten für größere Kabellängen, Schaltschrankarbeiten,
 - Gerüstbau mit Absturzsicherung (eigentlich vorgeschrieben) - gibt es Einschränkungen seitens des Anbieters? Siehe oben.
 - Kabellänge und -querschnitt aufeinander abstimmen (lange, dünne Kabelquerschnitte = höhere Leistungsverluste)
 - Wechselrichter nicht zu groß auslegen - i.d.R. reichen 90%, bei West-Ost-Dachausrichtung auch 75-80% der max. PV-Leistung (dadurch günstiger, weniger Teillastverluste, niedrigere WR-Startspannungen, bessere Schwachlastnutzung)

Themengebiet 2

Darauf achte ich beim Angebot / Auftrag



- Batterieauslegung, Batteriegröße
 - **Einen Arbeitsbereich von 5kWh sollte die empfohlene Batterie mindestens haben.**
 - Für Winter (15 Stunden Dunkelheit soll die Batterie den nächtlichen Haushaltsstrom abdecken = $15h \times 350W/h = 5,25kWh$).
 - Komplette Entladung ist jedoch ungünstig für die Lebensdauer (daher jeweils ca. 10% „Reserve“ einstellen)
 - Die Degradation (Leistungseinbuße) kann nach 20 Jahren ca. 10-15% betragen.
 - Empfehlung: 5kWh Arbeitsbereich + 10% Betriebsreserve + 15% Degradation = 7 kWh Brutto-Batteriekapazität.
 - Alternativ: Batteriegröße anhand der Lastzyklen (=volle Be-/Entladungen): 250-300 pro Jahr) – vom Anbieter errechnen lassen
 - Je größer die Batterie, desto länger kann Überschussstrom im Herbst/Frühjahr die Wärmepumpe oder E-Auto unterstützen)
- Wirtschaftlichkeitsberechnung (Richt-/Erfahrungswerte):
 - Tatsächlicher oder zukünftiger Strombedarf, sowie Preissteigerungen realistisch abschätzen
 - Prognostizierte Strompreissteigerung (wird z.T. zu hoch angegeben, um die Wirtschaftlichkeit schön zu rechnen) 3% / Jahr
 - Strombedarf E-Auto – ca. 50-60% sind über die PV-Anlage abzudecken (= bei 10.000km/Jahr sind das ca. 1.000 kWh / Jahr)
 - Strombedarf Wärmepumpe – ca. 25-30% sind über PV abzudecken (je nach Größe der PV-Anlage/WP) 2.000 kWh / Jahr
 - Allgemeine Rate für Rückstellungen, Ersatzteile, Wartungen, Reinigungen – (wird meist zu hoch geschätzt) 1,5% / Jahr
 - Wirtschaftlichkeit für 20 oder 30 Jahre? PV-Anlagen werden heute für 30 Jahre Betrieb ausgelegt / gebaut.
 - 20 Jahre Einspeisevergütung (schmilzt halbjährlich um 1% ab – also aktuell 8,04ct/kWh – 1% = 7,96ct/kWh ab Februar 2025...)
 - Ab 21. Jahr keine Vergütung mehr – dann Möglichkeit der Direktvermarktung über intelligente SmartMeter einplanen

Themengebiet 2

Darauf achte ich beim Angebot / Auftrag



- Auftragserteilung - Formulierung:
 - **"Alle zur Erbringung des Werkerfolgs erforderlichen Lieferungen und Leistungen sind durch den endverhandelten Pauschalpreis in Höhe von XXXXX € abgegolten, auch wenn sie im Angebot bzw. in der Auftragsbestätigung nicht gesondert aufgeführt sind. Alle Nachträge, Zusatzarbeiten, Änderungen und deren Kosten bedürfen stets der schriftlichen Zustimmung beider Vertragsparteien – mündliche Abreden müssen beiderseits schriftlich bestätigt werden"**
- Auftragsbestätigung (AB)
 - Basis des Auftrags (Angebot mit Nummer, Datum und Mails vom..., Zusatzvereinbarung vom...mündlicher Absprache vom...) müssen klar und eindeutig aufgeführt sein. Ggf. Nachbesserung und Korrektur verlangen.
 - Auf genaue, korrekte und endverhandelte Beschreibung der Lieferungen und Leistungen Wert legen!
 - **ALLE Positionen müssen in der AB enthalten sein,** (West)
 - **ALLE mündlichen Vereinbarungen und Abreden müssen schriftlich bestätigt werden**
Seriöse Anbieter bestätigen, was zugesagt wurde, unseriöse beschreiben schwammig bzw. lassen Positionen ganz weg!)
- Zahlungstermine
 - Auf konkrete Termine bestehen
 - Die Arbeiten sollen zügig und ohne Unterbrechung durchgeführt werden.
 - Keine größeren terminliche Trennung von DC- und AC-Montage (manchmal liegen diese um 4-6 Wochen auseinander)
 - Schlußrate nach schriftlicher Meldung der Fertigstellung zur Inbetriebnahme an den Netzbetreiber und Dokumentation

Themengebiet 2

Darauf achte ich beim Angebot / Auftrag



- Kommerzielle Inhalte:
 - Bei jungen Start-Up-Firmen (< 3-5 Jahre am Markt) Anzahlungsbürgschaft (einer Bank/Versicherung) verlangen**
 - Bürgschaft sollte bis 1 Monat nach Montageende gültig sein.
Unbedingt Herausgabe der Originalurkunde fordern (ohne diese bekommt man im Streit- oder Insolvenzfall kein Geld)
- Zahlungsbedingungen:
 - **Teil-/Zwischenzahlungen** an "vernünftigen" Projektfortschritt und **an zahlungsauslösende Lieferungen / Leistungen knüpfen** werden: z.B. Lieferung und Montage bestimmter Anlagenkomponenten, DC-Montage (alles was auf dem Dach ist), AC-Montage (alles was im Haus/Keller installiert wird), schriftliche Fertigstellungs- und Inbetriebnahmemeldung der Anlage beim Netzbetreiber, beiderseits unterschriebenes Abnahmeprotokoll
- Typische Zahlungsbedingungen:
 - 10-20% Anzahlung (keinesfalls höher)
 - 20-30% nach Anlieferung aller (!) Komponenten auf der Baustelle,
 - 20-30% nach Installation der DC-Montage (alles was auf dem Dach ist),
 - 10-20% nach Installation der AC-Komponenten (Wechselrichter und Batteriespeicher und alles was elektrisch im (neuen) Schaltschrank angeschlossen wird) und nach Fertigstellungs-/Inbetriebnahmemeldung gegenüber dem Netzbetreiber
 - 10% nach Vorliegen aller Dokumente (vor allem Prüfprotokolle, ggf. beiderseitig unterschriebenem Abnahmeprotokoll mit Mängelliste, Lieferscheine an Solateur, Flashliste der Module, Konformitätsnachweise)

Themengebiet 3

Ausführung, Statik, Betriebs-, Sicherheits-Grenzen



- Modulauslegung, Statik:
 - **Bei Modulen stets auf die neueste Generation achten.** Aktuell (Stand 09/2024 haben Module eine Standardleistung von **440-450Wp. Typische Bezeichnungen sind "N-Type/TOPCon" oder "HJT"**. Diese Typen erzielen die besten Wirkungsgrade und sind hinsichtlich der Leistungserträge auch über 25 Jahre sehr beständig (bei älteren (billigen) PERC-Modulen >83%, bei gängigen N-Type-Modulen >87%, bei qualitativ höherwertigen HJT-Modulen: >93% nach 30 Jahren)
 - Günstigere Glas-Folien-Module haben gegenüber der Glas-Glas-Module eine geringere Haltbarkeit bei höheren Belastungen und Temperaturschwankungen können Risse in der Folie entstehen und sie können keine sog. bifazialen (beidseitige) Erträge erzielen. Bei den bifazialen Glas-Glas-Modulen (nicht bei Glas-Folie-Modulen) kann daher zusätzlich Streulicht unterhalb der Module ebenfalls in Strom umgewandelt und genutzt werden.
 - In Gebieten mit erwartbarem Hagelschlag oder größeren Wind-/Schneelasten ist auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber großer Hagelkorndurchmesser zu achten. Während die gängigen, günstigeren Module gegen den Einschlag von 25-35mm großen Hagelkörnern getestet wurden, sind dies bei höherwertigen Modulen bereits 45 bis 50mm große Hagelkörner – diesbezüglich Datenblatt überprüfen!
- Gerüstbau:
 - Sichere Gerüste müssen von eigenen in die Handwerksrolle eingetragenen Gerüstbaumeistern oder einem externen zugelassenen Fachbetrieb für Gerüstbau aufgestellt werden. Das unterschriebene Protokoll muss am Gerüst angebracht sein!
 - Bei Höhen >3m bzw. <1m zur Dachkante auf Absturzsicherung (auch seitlich) achten. Bei Arbeiten in mehr als 7m Höhe besteht lt. ArbSchG eine "besondere Gefährdung", die vom Projektleiter gesondert betrachtet und dokumentiert werden muss. Hier sollte auch der Auftraggeber auf Einhaltung der Arbeitssicherheitsgesetze und UVV-Richtlinien hinwirken.

Themengebiet 3

Ausführung, Statik, Betriebs-, Sicherheits-Grenzen



- Wechselrichter, wichtige Auslegungsgrenzen:
 - **Es ist auf eine möglichst geringe Startspannung des Wechselrichters zu achten.** Darunter fängt der Wechselrichter nicht an zu arbeiten! Falls weniger als 4 Module auf einem Dach/Gaube montiert werden sollen, kann eine Startspannung von 150-180V u.U. nicht mehr erreicht werden. Es gibt WR, die schon bei 80V anfangen zu arbeiten. 1 Modul hat ca. 40V. Ergebnis: Der Wechselrichter leitet den erzeugten Strom nicht oder erst später in das Stromnetz oder die Batterie weiter. Alternativ können dann Modul- bzw. Mikrowechselrichter (1 Wechselrichter / Modul) eingesetzt werden. Dann ist man unabhängig von der Modulanzahl, der Anzahl der Dächer und der Startspannung.
 - **Auf keinen Fall darf die max. Spannung der Module je angeschloenem Wechselrichter 1000V überschreiten, da sonst der WR zerstört wird.** In der Folge kann es zu Hitzeentwicklung im Kondensator und zum Brand kommen. Die Gesamtspannung ist die Summe der in Reihe geschalteten Modulspannungen (z.B.: 20 Module x 40V = 800V)
 - Bei den MPP (Maximum Power Point) handelt es sich um eine Wechselrichter-interne Optimierung, die zu jeder Zeit die optimale Leistungskurve mit dem Optimum ermittelt und nachregelt.
 - Beide Parameter, die max. zul. Wechselrichterspannung (1000V) und die max. MPP-Spannung (meist 850V) sind bei der Auslegung zu beachten! Lassen sie sich erklären/zeigen, ob/dass die Module im zulässigen Arbeitsbereich arbeiten (auch bei ungünstigen Temperaturen!).
 - Bei einem gängigen Modul beträgt die Leerlaufspannung etwa 38,5V. Bei niedrigen Temperaturen kann die Modulspannung auf 41-43V ansteigen. Damit die max. Spannung von 1000V nicht überschritten wird, dürfen daher in dem Fall nicht mehr als $(1000V/43V) = 23$ Module an einen Strang (hintereinander) angeschlossen werden.
 - Wechselrichter haben 2-3 Eingänge und MPPs, um Module versch. Ausrichtungen / Dachneigungen anzuschließen.

Themengebiet 3

Ausführung, Statik, Betriebs-, Sicherheits-Grenzen



- Dachart, Statik
 - Die Statik der Dachkonstruktion ist vom Eigentümer zu prüfen. Lasten (Wind/Sturm/Schnee/Eis), besonders bei flachen (selbstgebauten) Garagen / Gartenhäusern können zu hoch sein und sollten im Zweifel nachgerechnet werden (Statiker).
 - **Bei steilen Dächern mit Aufsparrendämmung müssen zusätzliche Schub-Schrauben zur Aufnahme der Hangabtriebskräfte von der Konterlattung in die (Sparren) unter 60° zur Dachfläche vorgesehen werden, um Schäden zu vermeiden.**
 - **Achtung! Schneefanggitter** können zu einer Anhäufung von Schneemassen führen und sowohl die unteren Module als auch das Dach beschädigen. Schnee auf den Modulen beeinträchtigt auch die Leistung der Anlage. Schneebretter rutschen allerdings auch schneller von den glatten Glasmodulen als von Ziegeln – es besteht dann **u.U. Lebensgefahr!**
- Dachhaken, Schrauben (Hangabtriebskräfte), Ausklinken der Ziegel
 - Die Eignung der Dachhaken muss für die jeweilige Dachart und die vorhandene Dachdeckung / Ziegelart zugelassen sein und dürfen max. Belastung der darunterliegenden Tonziegel auch bei max. Schnee- und Windlast) nicht überschreiten.
 - Herstellervorschriften beachten hinsichtlich: Auswahl der Schraubenart, -stärke und -länge, -material.
 - Bei Ersatz-Blechziegeln: entweder eine Unterstützung (Laststütze) einbauen, damit die Blechziegel 2mm über den Tonziegeln liegen und die Lasten in die Dachkonstruktion abgeleitet werden oder geeignete, zugelassene, lastverteilende Blechziegel mit integriertem Dachhaken verwenden, die die Belastung auf die darunterliegenden Tonziegel minimieren. Zus. Schrauben zum Auffangen der Hangabtriebskräfte - insbes. bei steileren Dächern / mit hohen Schnee-/Eislasten
 - Eine Nachbearbeitung (Ausklinken, Abschleifen) der Ziegel im Bereich der Dachhaken ist nicht immer zu vermeiden. Sie sollte aber möglichst gering ausfallen und sorgfältig ohne tiefe Kerben ausgeführt werden, um die statische Belastbarkeit und dauerhafte Dichtheit der Dachziegel durch die Kerbwirkung der Einschnitte nicht zu schwächen.

Themengebiet 3

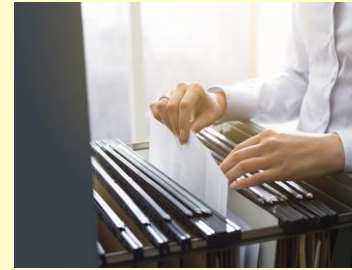
Ausführung, Statik, Betriebs-, Sicherheits-Grenzen



- Erdung, Blitzschutz, Potentialmessung
 - Achtung: Erdung ist nach den einschlägigen Richtlinien für kleinere Anlagen kein MUSS!, aber empfohlen. I.d.R. wird stattdessen die Anlage an die vorhandene Haus-Potentialausgleichsschiene angeschlossen. **Messergebnis einfordern!**
 - - Bei vorhandenen Blitzschutzanlagen MÜSSEN die Module mit einbezogen und angeschlossen werden.
 - Achtung: das darf nur eine Blitzschutzfirma ausführen! Sonst kann im Brandfall der Versicherungsschutz verfallen.
 - - der Querschnitt sollte nicht zu klein sein! I.d.R. sind 6mm² Kupferkabel o.ä. ausreichend (bei Unterschreiten des Blitzschutzabstands von 0,5m auch schon mal 16mm²). Der erforderliche Wert wird durch die Blitzschutzfirma ermittelt.
- Kabel, Kabelbinder, Befestigung
 - Verkabelungsplan und -liste im Zusammenhang sollte mit der Enddokumentation angefordert werden, mit Angabe der Querschnitte, Längen, (**bei Längen >10-15m und bei kleineren Querschnitten ist ggf. Nachweis der Leitungsverluste erforderlich**), die **Modul-/Kabelanbindung je String (je Wechselrichtereingang) sind in einem Anschlussplan zu dokumentieren**, damit auch noch nach vielen Jahren die Zugehörigkeit und Verbindung der einzelnen Module und zum Wechselrichter nachzuvollziehen ist. Dadurch wird ein Austausch oder eine Reparatur erleichtert.
 - Nach Ende der Erst-Elektroinstallation sollte eine **Widerstandsmessung der verlegten Kabel** zum Nachweis fehlerfreier Verlegung ohne Kabelbrüche und fehlerhafter Verbindungen durchgeführt und gem. VDE dokumentiert werden.
 - **Auf Nachweis der vorgeschriebenen VDE-Prüfungen der Anlage (VDE-Checklisten)** bestehen – Doku einfordern!
 - Kabelbinder müssen UV-beständig sein (nicht „0-8-15“ vom Bauhaus!), Kabel **NIE** zwischen/unter Ziegeln einklemmen!
 - Empfehlung: Die DC-Kabel sollten einen Querschnitt von mindestens 6mm² haben.

Themengebiet 4

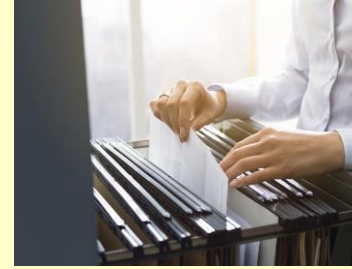
Worauf muss ich bei der Enddokumentation achten?



- Systemstatik der Unterkonstruktion
 - Die **Systemstatik** sollte sich der Auftraggeber vor der Montage aushändigen lassen. Diese Dokumentation beschreibt die tatsächlichen örtlichen Bedingungen und Gegebenheiten und gewährleistet die richtige Auslegung der Modulunterkonstruktion, der Schrauben und Dachhaken. Die Schraubenlängen richten sich nach der Dicke der (Konter-) Lattung, und der Aufsparrendämmung. Zusätzliche statisch wichtige Schrauben zum Abfangen der Hangabtriebskräfte sind insbesondere bei steileren Dächern mit Aufsparrendämmung zu berücksichtigen, da sich die Tellerkopfschrauben mit Doppelgewinde (die meist senkrecht zur Dachfläche eingeschraubt werden) durch das Modulgewicht und zus. Last durch Wind, Schnee oder Eis) ggf. durchbiegen können. Die Gewichtskraft würde dann auf die Tonziegel drücken. Daher muss in solchen Fällen i.d.R. eine zusätzliche Senkkopfschraube schräg (meist im Winkel von 60° zur Dachfläche geneigt) durch die (Konter-)Lattung und die Dämmung (dort kein Gewinde!) in die Dachkonstruktion (Sparren) eingeschraubt werden.
- Module
 - **Flashliste** vom Modulhersteller jedes einzelnen Moduls mit Seriennummern und einem Leistungsnachweis einfordern.
 - In der Flashliste ist die im Werk gemessene Leistung pro Modul (jedes Modul hat eine positive Leistungstoleranz von 0 bis 5 Watt je nach Hersteller), die Chargennummer, die Artikelbezeichnung, die Seriennummer etc. aufgeführt. Im Garantiefall kann dann das betroffene Modul rückverfolgt werden. Man sieht in der Flashliste die tatsächlich gemessene Leistung der Modullieferung und damit Ihren Mehrwert durch Plustoleranzen. Dies ist wichtig, um die Leistungsgarantie, die auf Module gegeben wird, evtl. in Anspruch nehmen zu können.
 - CE-Konformitätsbescheinigungen, VDE AR-N 4105-Dokumentation (Prüfergebnisse) sind wichtige Betreiberdokumente

Themengebiet 4

Worauf muss ich bei der Enddokumentation achten?



- Batteriespeicher, Zertifikate, **Garantie**
 - Batteriespeicher müssen eine VDE AR-N 4105-Bescheinigung haben
 - Manche Hersteller gewährleisten zwar 10 Jahre Garantie, aber nur mit 60% der ursprünglichen Speicherkapazität....dann sind die 10 Jahre nichts wert. Seriöse Hersteller hochwertiger Batterien garantieren eine Restspeicherkapazität von >80% nach 10 Jahren oder 8.000-10.000 volle (!) Lastwechsel (bei einer 10kWh-Batterie ca. 80-100 MWh Stromdurchsatz).
- **Abnahmeprotokoll für das Gesamtprojekt**
 - **VOR** einer offiziellen Abnahme muss der **Solateur/Hersteller** nachweisen, dass der Mangel nicht von ihm zu verantworten ist.
 - **NACH** der offiziellen Abnahme muss der **Auftraggeber** nachweisen, dass der Mangel vom Solateur/Hersteller zu verantworten ist (Beweislastumkehr)
 - Im Abnahmeprotokoll (mögl. zeitnah nach der Fertigmeldung zur Inbetriebsetzung der Anlage) müssen daher **ALLE** sichtbaren Mängel aufgeführt und alle (noch) nicht sichtbaren, aber vermuteten Mängel ggf. unter Vorbehalt mit Begründung benannt werden. Dieses Abnahmeprotokoll ist von Auftraggeber und Auftragnehmer mit Name, Datum und Unterschrift zu unterzeichnen. Verweigert der Solateur die Unterschrift, sollte die Schlußrate zurückbehalten werden.
 - **Ohne ein Protokoll ist eine nachträgliche Beseitigung von Mängeln sehr viel schwieriger einzufordern.**

ST

(West)

SÜD

SÜD



Noch Fragen?
Du findest uns unter: bns.worms.de

