
Werktuigbouwkundig onderzoek, adviezen,
keuringen en fijnmechanische produkten

Postbus 379
1000 AJ Amsterdam

Czaar Peterstraat 229
1018 PL Amsterdam
Holland

Telefoon: 020-556 35 55
Telegramadres FDO-Amsterdam
Telefax: 020-556 35 56

Project: Technieken voor schade- onderzoek "in het veld"

RESULTAAT TAAK 3C: KWALI- TEITSCRITERIA

Copyright Stork FDO B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uit-
gave mag worden vermenigvuldigd, opgesla-
gen in een geautomatiseerd gegevensbestand,
of openbaar gemaakt, in enige vorm of op eni-
ge wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of enige andere manier,
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming
van Stork FDO B.V.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht,
wordt voor de rechten en verplichtingen van
opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen
naar de "Algemene leveringsvoorwaarden van
Stork FDO B.V.", zoals gedeponeerd bij de
Kamer van Koophandel te Amsterdam
d.d. 1 mei 1993 onder depôtnr. 1777, tenzij
uitdrukkelijk anders met ons is overeengekomen.

SO 96-53

Opdrachtgever : PMP
Postbus 541
7300 AM Apeldoorn

Ordernr. klant : -

Ordernr. FDO : TMSH 5320

Rapportnummer : TSP 96-016R1

Auteur : Ir. W.H.M. Welman

Datum : 5 september 1996

Classificatie : n.v.t.

Distributie : Werkgroep deelproject 3

Archief Mastec

1 INLEIDING

In het kader van het BvM-project Schade-analyse en schadepreventie, Technieken voor schade-onderzoek "in het veld" wordt deelproject 3 uitgevoerd. Dit deelproject is getiteld: "Evaluatie van resultaten in het veld". De doelstelling van deze taak (taak 3C) is het opstellen van overzichten waarin uitgaande van iedere gedefinieerde doelstelling (totaal 5, zie rapport taak 3A/B) alle toepasbare onderzoekstechnieken worden aangegeven. In het kader van taak 3A/B is voor al deze onderzoekstechnieken reeds aangegeven wat de beperkingen zijn en wat de haalbare kwaliteit is, ongeacht het doel waarvoor deze techniek wordt toegepast. Deze taak gebruikt de informatie uit 3A/B t.a.v. haalbaar kwaliteitsniveau als input. Vervolgens worden de overzichten aangevuld met informatie t.a.v. het vereiste kwaliteitsniveau. Dit wordt voor elke doelstelling uitgewerkt, daar gezien de diepgang waarmee een onderzoek moet worden uitgevoerd er steeds zwaardere eisen worden gesteld aan de toepasbare veldtechnieken. Tevens zullen waar nodig aanbevelingen worden gegeven t.a.v. de uitvoering van onderzoek m.b.v. de geselecteerde techniek.

2 DOELSTELLING

Het opstellen van kwaliteitscriteria voor geselecteerde veldtechnieken.

De overzichten dienen zodanig te zijn opgesteld dat in het geval van een schade-onderzoek waarvan de doelstelling bepaald is, eenvoudig kan worden nagegaan welke veldtechnieken toepasbaar zijn. Hierbij dient tegelijkertijd informatie naar voren te komen betreffende hetgeen verwacht wordt van het resultaat van onderzoek m.b.v. de geselecteerde veldtechnieken, ofwel de vereiste kwaliteit moet in één oogopslag duidelijk zijn.

In de overzichten dient de informatie t.a.v. haalbare kwaliteit, bepaald in taak 3A/B te worden afgezet tegen de vereiste kwaliteit. Tenslotte kunnen indien nodig aanbevelingen worden gedaan.

3 WERKWIJZE

De 5 omschreven mogelijke doelstellingen voor een schade-onderzoek (taak 3A/B) zijn:

- Registratie;
- Conditiebepaling;
- Karakterisering type schade;
- Bepaling oorzaak schade
- Arbitragezaak.

Voor iedere doelstelling zijn de in taak 3A/B opgestelde tabellen met veldtechnieken doorlopen. De veldtechnieken die van toepassing zijn om de doelstelling te realiseren zijn geselecteerd. Een algemeen overzicht is weergegeven in een kruisjestabel, zie par. 4.3. Vervolgens is bij iedere geselecteerde veldtechniek het vereiste kwaliteitsniveau omschreven en indien mogelijk gekwantificeerd. Dit is afgezet tegen de haalbare kwaliteit zoals bepaald bij taak 3A/B. Tevens is in deze overzichten een kolom met aanbevelingen opgenomen. Deze hebben betrekking op de uitvoering van de veldtechniek in relatie tot de te realiseren doelstelling c.q. kwaliteit.

Tenslotte is voor iedere doelstelling een beschrijving gegeven van het vereiste expertiseniveau van de uitvoerder c.q. schade-onderzoeker.

→ H(d)g?

4 RESULTATEN

4.1 Algemeen

Tijdens opstellen van de overzichten blijkt dat voor de eerste twee doelstellingen "registratie" en "conditiebepaling" slechts een deel van de veldtechnieken toepasbaar is (zie par. 4.3). Dit zijn met name de veldtechnieken die toegepast worden bij een eerste "globale" visuele inspectie (bij "registratie") en/of die worden toegepast bij onderzoeken waar nog geen schade aan de orde is (bij "conditiebepaling"). Deze veldtechnieken hebben een niet-destructief karakter. Voor de andere 3 doelstellingen kunnen alle veldtechnieken van toepassing zijn (zie par. 4.3). Ook is het vereiste kwaliteitsniveau in veel gevallen hetzelfde. Het grootste onderscheid wordt gemaakt bij het vereiste expertiseniveau van de onderzoeker. Deze hoeft in het ene geval "slechts" gegevens met een zo groot mogelijke nauwkeurigheid te verzamelen, terwijl hij in het andere geval de samenhang tussen de verzamelde gegevens moet kunnen ontdekken. Hierdoor is besloten om per doelstelling een beschrijving van het vereiste expertiseniveau te geven, en voor de eerste twee doelstellingen afzonderlijk en de laatste drie doelstellingen tezamen een overzicht van toepasbare veldtechnieken te geven.

4.2 Vereist expertiseniveau

4.2.1 *Doelstelling "Registratie"*

De situatie ter plaatse van een schade moet zo getrouw mogelijk worden beschreven. Hierbij is enig inzicht nodig in de beschadigde installatie/component. Ervaring op gebied van fotografie is een pre. Specifieke expertise op het gebied van schade-onderzoek is niet vereist. Het onderzoek t.a.v. registratie kan worden uitgevoerd door een schade-onderzoeker maar bijvoorbeeld ook door een Hoofd Technische Dienst van de installatie.

4.2.2 *Doelstelling "Conditiebepaling"*

Onderzoek moet reproduceerbaar en eventueel volgens vast omschreven procedures worden uitgevoerd om een specifieke eigenschap van het materiaal c.q. de installatie te bepalen. Voor het uitvoeren van deze specifieke technieken is minimaal een middelbaar opleidingsniveau vereist. Het onderzoek hoeft niet zozeer door een schade-onderzoeker te worden uitgevoerd als wel door iemand die praktijkervaring heeft op het gebied van de betreffende veldtechniek. De onderzoeker kan en mag specialist zijn op het gebied van één enkele techniek, resultaten van meerdere onderzoeken behoeven niet te kunnen worden gecombineerd. Bijvoorbeeld in het geval van een onderzoek dat uit meerdere veldtechnieken bestaat kunnen meerdere specialisten worden ingezet. De resultaten moeten zodanig gedocumenteerd zijn en via een goed overdraagbare procedure zijn verkregen, dat vergelijking met eventueel in de toekomst uit te voeren vervolgonderzoek mogelijk is en dat een trend kan worden bepaald.

4.2.3 *Doelstelling "Karakterisering type schade"*

Materiaalkundige kennis en ervaring op het gebied van schade-analyse is noodzakelijk. Specifieke waarnemingen t.a.v. bijvoorbeeld macroscopisch onderzoek, microscopisch onderzoek en breukvlakonderzoek moeten gelijktijdig geïnterpreteerd kunnen worden zodat eenduidig een conclusie kan worden getrokken t.a.v. het karakter van de schade. Hier moeten dus wel resultaten van meerdere, verschillende onderzoeken gecombineerd kunnen worden waardoor het vereiste expertiseniveau hoger ligt dan bij de vorige doelstellingen. De betrouwbaarheid van het onderzoek dient zodanig te zijn dat het type schade eenduidig te karakteriseren is.

4.2.4 *Doelstelling "Bepaling oorzaak schade"*

Evenals bij de vorige doelstelling dient materiaalkundige kennis en ervaring op het gebied van schade-analyse beschikbaar te zijn. Daarnaast moet het ook mogelijk zijn om relevante (afwijkingen van) bedrijfsomstandigheden te constateren en deze te relateren aan het karakter van de schade. Ditzelfde geldt ook voor constructie-technische aspecten. Op basis hiervan moet een oorzaak m.b.t. de onderzochte schade kunnen worden bepaald. Naast het kunnen combineren van resultaten van meerdere onderzoeken moet ook een beeld kunnen worden gevormd van de ontwerpvoorwaarden en de bedrijfsvoering van de installatie, waarmee het vereiste expertiseniveau hoger ligt dan bij de vorige doelstellingen. Bij het onderzoek in het kader van deze doelstelling worden hogere eisen aan de betrouwbaarheid van het onderzoek gesteld dan bij de vorige doelstelling. Op basis van de conclusie waardoor de schade ontstaan is worden namelijk maatregelen getroffen om bijvoorbeeld schade in de toekomst te voorkomen. Er moet dus wel een grote mate van zekerheid bestaan dat de genomen maatregelen de juiste zijn.

4.2.5 *Doelstelling "Arbitragezaak"*

Hier worden de zwaarste eisen gesteld. De oorzaak van een schade moet zonder ruimte voor discussie kunnen worden bepaald. Relaties tussen schade, bedrijfsomstandigheden en ontwerp moeten kunnen worden gelegd. Tevens dienen onderzoeksresultaten te worden afgezet tegen relevante codes en materiaalspecificaties. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de historie van de beschadigde installatie/component. Zijn in het verleden "vreemde" dingen gebeurd die de schade mogelijk hebben geïnitieerd? Op basis van dit gehele onderzoek moet uiteindelijk een conclusie kunnen worden getrokken die de basis is voor de eventuele schuldvraag. De betrouwbaarheid van onderzoek in het kader van deze doelstelling is het hoogst. Op basis van de onderzoeksresultaten worden namelijk niet alleen maatregelen getroffen om schade in de toekomst te voorkomen, hier wordt nog een stap verder gegaan doordat de veroorzaker van de schade met vrijwel absolute zekerheid moet kunnen worden bepaald.

4.2.6 *Waarderingstabel*

Op basis van hetgeen hierboven beschreven is kan voor elke doelstelling een gradatie (waardering) worden gegeven voor de volgende aspecten:

- expertisniveau onderzoeker;
- betrouwbaarheid resultaten;
- representativiteit onderzochte monsters;
- diversiteit onderzoek (combineren van meerdere technieken);
- belang ontwerpaspecten van de beschadigde component/installatie;
- belang bedrijfsomstandigheden van de beschadigde component/installatie;
- belang historie van de beschadigde component/installatie.

De gradatie van deze aspecten is globaal weergegeven in onderstaande waarderingstabel d.m.v. een waardering van 1 t/m 5. Een hoge waarde staat voor een hoge waardering van het betreffende aspect. Aan het waarderingcijfer dient geen absolute waarde te worden toegekend, het dient slechts relatief te worden geïnterpreteerd.

| Waarderingsaspect | Doelstelling | | | | |
|------------------------|--------------|------------------|------------------------|----------------|-----------|
| | Registratie | Conditiebepaling | Karakterisering schade | Oorzaak schade | Arbitrage |
| Expertisniveau | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Betrouwbaarheid | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| Representativiteit | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| Diversiteit | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 |
| Ontwerpaspecten | 1 | 1 | 1 | 4 | 5 |
| Bedrijfsomstandigheden | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 |
| Historie | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 |

4.3 Kruisjestabel

In deze tabel is d.m.v. een globaal overzicht voor iedere doelstelling weergegeven welke veldtechnieken toepasbaar zijn. Horizontaal zijn de doelstellingen uitgezet, verticaal zijn de veldtechnieken uitgezet. D.m.v. kruisjes is aangegeven of de veldtechniek toepasbaar is. Hierbij gelden de volgende twee criteria:

- De betrouwbaarheid van de techniek moet voldoende zijn in het kader van de onderzoeksdoelstelling;
- De techniek moet in het merendeel (d.w.z. in meer dan driekwart) van de gevallen verantwoord te gebruiken zijn.

Deze twee criteria kunnen worden samengevat als één eis waaraan de techniek moet voldoen, te weten:

Een techniek is toepasbaar als de betrouwbaarheid van de techniek, zoals uitgevoerd in het veld onder de daarbij geldende beperkingen, voldoende is om in het merendeel (d.w.z. meer dan driekwart) van de gevallen in het kader van de onderzoeksdoelstelling verantwoord te gebruiken.

Wel dient te worden opgemerkt dat de kruisjestabel niet als "wet" geldt. De verantwoordelijkheid voor het feit of een techniek in het kader van een bepaalde doelstelling ~~als~~ dan niet wordt toegepast ligt bij de individuele onderzoeker resp. het uitvoerende bedrijf.

| Veldtechniek | Doelstelling | | | | |
|------------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| | Registratie | Conditie- bepaling | Karakterise- ring schade | Oorzaak schade | Arbitrage |
| VASTLEGGEN SCHADEBEELD | | | | | |
| Visueel onderzoek | x | x | x | x | x |
| Endoscopie | | x | x | x | |
| Macrofotografie | x | x | x | x | x |
| Microfotografie | | x | x | x | |
| Replica/plakband | | x | x | x | |
| METINGEN VAN GEOMETRIE | | | | | |
| Diameter/deformatie | x | x | x | x | x |
| Deformaties: mechanisch/dynamisch | | x | x | x | x |
| Ruwheidsmeting | | x | x | x | |
| Uitlijning | | x | x | x | x |
| Trillingsmeting | | x | x | x | x |
| NIET-DESTRUCTIEF ONDERZOEK | | | | | |
| Ultrasoon onderzoek | | x | x | x | x |
| Radiografisch onderzoek | | x | x | x | x |
| Penetrant onderzoek | | x | x | x | x |
| Magnetisch onderzoek | | x | x | x | x |
| Wervelstroomonderzoek | | x | x | x | x |
| Potentiaal drop scheurdieptemeting | | x | x | x | |
| TOFD | | x | x | x | x |
| Lekdetectie | | x | x | x | x |
| Hechtingsonderzoek | | x | x | x | |
| Röntgenspanningsmeting | | x | x | x | x |
| Magnetische spanningsmeting | | x | x | x | x |
| Laser-optische spanningsmeting | | x | x | x | |
| Spanningsmetingen | | x | x | x | x ⁽¹⁾ |
| Acoustische emissie | | x | x | x | x |
| IR-Thermography | | x | x | x | x |
| MICROSCOPISCH ONDERZOEK | | | | | |
| Breukvlakonderzoek | | | x | | |
| Microstructuuronderzoek | | | x | x | |

| Veldtechniek | Doelstelling | | | | |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|
| | Registratie | Conditie- bepaling | Karakterise- ring schade | Oorzaak schade | Arbitrage |
| REPLICA-ONDERZOEK | | | | | |
| Structuur | | x | x | x | |
| Breukvlak | | | x | | |
| Slijtage | | | x | x | |
| FERRIETMETINGEN | | | | | |
| Magna gage | | x | x | x | ITW <i>gebruikt</i> |
| Permeabiliteitsmeting | | x | x | x | |
| Replica point counting | | x | x | x | |
| SCHUITJES NEMEN | | | | | |
| Algemeen | | | x | x | x |
| HARDHEIDSMETINGEN | | | | | |
| Equo-methode | | x | x | x | |
| UCI-methode | | x | x | x | |
| Standaard-methode | | x | x | x | x ⁽²⁾ |
| MATERIAAL ANALYSE TECHNIEK | | | | | |
| Röntgenanalyse/XRF methode | | x | x | x | |
| Spectraalanalyse | | x | x | x | |
| Kleurentest (elektrochemisch) | | x | x | | |
| Vonkproef slijpsteen | | x | x | | |
| Magneet | | x | x | x | |
| CORROSIE-ONDERZOEK | | | | | |
| Microbiologische aantasting | | | x | x | x |
| Potentiostatische meting | | | x | x | |
| Bemonsteren corrosieproducten | | | x | x | x |
| Analyse | | | x | x | |
| Zn-detectie | | | x | x | |

Noten: ⁽¹⁾ Mits alleen gebruikt om spanningsconcentraties te bepalen.

⁽²⁾ Mits de meting voor en na wordt vergeleken met gecalibreerde ijkblokken.

4.4 Tabellen

4.4.1 *Algemeen*

In de tabellen wordt in de kolommen "vereiste kwaliteit" met enige regelmaat vermeld dat e.e.a. afhankelijk is van de probleemstelling c.q. vraagstelling. Deze termen dienen niet te worden verward met de term "doelstelling" van het onderzoek, daar met probleem - c.q. vraagstelling iets wezenlijks anders wordt bedoeld. Een onderzoek dat onder een bepaalde doelstelling valt kan namelijk verschillende vraagstellingen hebben. Hierdoor kan ook de vereiste kwaliteit of nauwkeurigheid waarmee het onderzoek dient te worden uitgevoerd verschillen. Gesteld kan worden dat de onderzoeksdoelstelling de (hoofd-)kwaliteitscriteria bepaald en dat de vraagstelling deze nuanceert door een bepaalde nauwkeurigheid/reproduceerbaarheid te eisen. Dit wordt toegelicht door de hieronder gegeven voorbeelden. Om de genoemde reden kan de vereiste kwaliteit zeer divers zijn waardoor e.e.a. niet meer in tabellen te vatten is. In veel gevallen zal de documentatie van de toe te passen apparatuur moeten worden geraadpleegd.

Voorbeeld 1.

Penetrant onderzoek kan worden uitgevoerd met als doelstelling "conditiebepaling" van een bepaalde oppervlaktestgesteldheid. In het ene geval kan de vraagstelling zijn het onderzoeken van het oppervlak op scheurvorming t.g.v. bedrijfsbelasting of lassen. In het andere geval kan de vraagstelling zijn het onderzoeken van een fijn gedraaid oppervlak op het voorkomen van zeer kleine putjes of andere oppervlaktedefecten. In beide gevallen is de doelstelling dezelfde maar de vraagstelling en de daarmee vereiste nauwkeurigheid verschillend.

Voorbeeld 2.

Breukvlakonderzoek kan worden uitgevoerd met als doelstelling "bepaling oorzaak schade". In het ene geval is sprake van een overbelastingsbreuk terwijl in het andere geval sprake kan zijn van een vermoeiingsbreuk waarbij onderzoek naar "striations" (vermoeiingsstap-afstanden) noodzakelijk is. In het tweede geval wordt een veel hogere nauwkeurigheid vereist, waardoor ook meestal monsternamen en vervolgonderzoek in het laboratorium noodzakelijk wordt.

4.4.2 Doelstelling "Registratie"

| VASTLEGGEN SCHADEBEEELD, doelstelling "Registratie" | | | |
|---|--|--|---|
| Veldtechniek | Haalbaarheid, kwaliteit, betrouwbaarheid | Vereiste kwaliteit | Aanbevelingen |
| Visueel | <ul style="list-style-type: none"> - zie deelproject 2 - alleen oppervlakte toestand - oplossend vermogen van het oog is beperkt - geringe verschillen in reflectie kunnen worden waargenomen | <ul style="list-style-type: none"> - beschrijven van de situatie ter plaatse van de schade - maken van schetsen - maataanduidingen | <ul style="list-style-type: none"> - gebruik rolmaat, krachtige zaklamp, loep - toepassen procedure "Registratie schadebeeld in het veld", SO 95-17 - maak zoveel mogelijk aantekeningen, ook van zaken die op eerste oog niet relevant lijken |
| Macro fotografie | <ul style="list-style-type: none"> - letten op belichting, lichtval: <ul style="list-style-type: none"> • kleurveranderingen • detail verlies - vaak geen technische camera - spiegelreflexcamera voor snel en eenvoudig vastleggen van belang zijnde situaties - meetlat op de opname als referentie voor afmeting - soms belemmeringen omdat gevoelige info van de omgeving kan worden vastgelegd (bedrijfsgeheimen) | <ul style="list-style-type: none"> - ondersteuning van de visuele waarnemingen d.m.v. fotografie - zoveel mogelijk details zichtbaar maken - kleurgetrouw - evt. maatvoering meetfotografieren | <ul style="list-style-type: none"> - camera's die met 1 hand bediend kunnen worden verdienen de voorkeur. In bijzondere gevallen kan dan met de andere hand verlichting en/of spiegels worden vastgehouden |

| METINGEN VAN GEOMETRIE, doelstelling "Registratie" | | | |
|--|---|--|---------------|
| Veldtechniek | Haalbaarheid, kwaliteit, betrouwbaarheid | Vereiste kwaliteit | Aanbevelingen |
| Diameter/deformaties | <ul style="list-style-type: none"> - afhankelijk van gebruikte apparatuur (schuifmaat b.v. tot 0,05mm afleesbaar, holografisch 0,1-20 μm) - krom trekken vast te stellen m.b.v. een rij - op gecorrodeerde posities extra meetfouten mogelijk - afh. gebruiker | <ul style="list-style-type: none"> - vaststellen van gedeformeerde zones, slijtagepatronen, diepte van aantasting t.g.v. bijv. corrosie | |

4.4.3 Doelstelling "conditiebepaling"

| VASTLEGGEN SCHADEBEELD, doelstelling "Conditiebepaling" | | | |
|---|--|---|---|
| Veldtechniek | Haalbaarheid, kwaliteit, betrouwbaarheid | Vereiste kwaliteit | Aanbevelingen |
| Visueel | <ul style="list-style-type: none"> - zie deelproject 2 - alleen oppervlakte toestand - oplossend vermogen van het oog is beperkt - geringe verschillen in reflectie kunnen worden waargenomen | <ul style="list-style-type: none"> - zo gedetailleerd mogelijk beschrijven van de situatie ter plaatse van de schade - maken van schetsen - maataanduidingen | <ul style="list-style-type: none"> - gebruik rolmaat, krachtige zaklamp, loep - toepassen procedure "Registratie schadebeeld in het veld", SO 95-17 - maak zoveel mogelijk aantekeningen, ook van zaken die op eerste oog niet relevant lijken |
| Endoscopie | <ul style="list-style-type: none"> - te grote ruimten → positionering evt. geleiding maken - haakse bochten → combinatie radius vs afmetingen endoscoop - temp. en medium kan beperking opleggen - diverse belichtingen mogelijk (direct, strijklicht) - ervaring, expertise heeft grote invloed op resultaat | <ul style="list-style-type: none"> - zo gedetailleerd mogelijk vastleggen van de toestand inwendig in een installatie, systeem, enz. - kwaliteitseis afhankelijk van hetgeen vastgelegd moet worden | <ul style="list-style-type: none"> - gebruik PVC-pijp voor maken van geleidingen - maak opnames onder verschillende belichtings-condities op een video-8 tape, die naderhand in het lab bewerkt kan worden - controleer de opname in het veld |
| Macro fotografie | <ul style="list-style-type: none"> - letten op belichting, lichtval: <ul style="list-style-type: none"> • kleurveranderingen • detail verlies - vaak geen technische camera - spiegelreflexcamera voor snel en eenvoudig vastleggen van belang zijnde situaties - meetlat op de opname als referentie voor afmeting - soms belemmeringen omdat gevoelige info van de omgeving kan worden vastgelegd (bedrijfsgeheimen) | <ul style="list-style-type: none"> - ondersteuning van de visuele waarnemingen d.m.v. fotografie - zoveel mogelijk detail zichtbaar maken - kleurgetrouw - evt. maatvoering meefotograferen | <ul style="list-style-type: none"> - camera's die met 1 hand bedient kunnen worden verdienen voorkeur. In bijzondere gevallen kan dan met de andere hand gebruik worden gemaakt van verlichting en/of spiegels |
| Micro fotografie | <ul style="list-style-type: none"> - breukvlakken niet vast te leggen - structuuropnamen mogelijk - resultaat minder dan in lab - resultaat snel beschikbaar | <ul style="list-style-type: none"> - microfotografie in combinatie met replica-onderzoek - vereiste kwaliteit afh. van de probleemstelling | <ul style="list-style-type: none"> - zorg voor trillingsvrije opstelling |