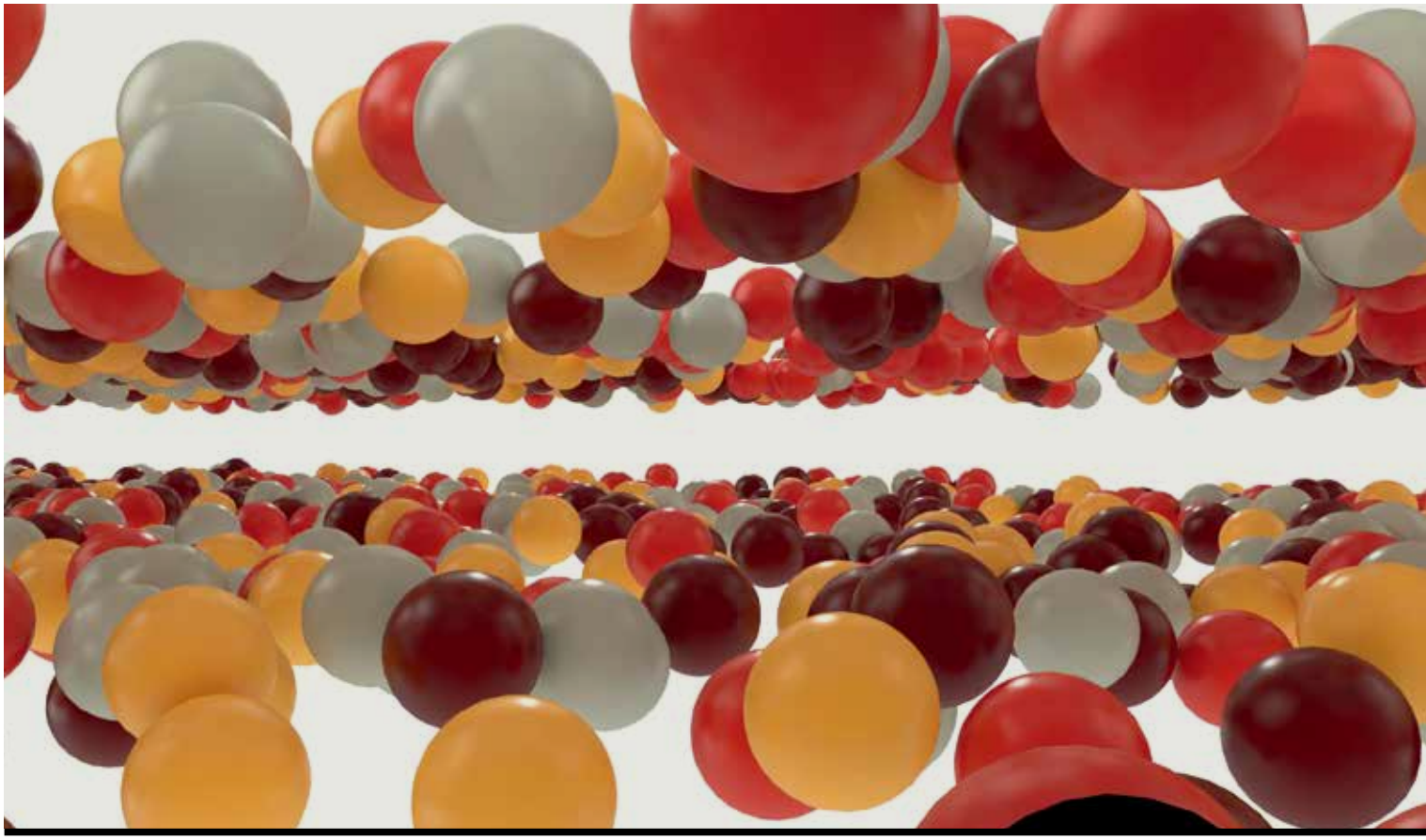


来源：MaZi-stock.adobe.com

保持颜料颗粒的间隔距离

在真空膨胀条件下进行分散，能制备色强度高的涂料和清漆。由于新技术能够进行更有效的分散，因此需要的二氧化钛较少。

Hans-Joachim Jacob，Ystral公司

二氧化钛（TiO_2）是生产涂料和清漆时的主要成本因素。目前，每年生产约700万t二氧化钛。在过去几年中，全球的市场价格（每t）平均上涨了约50％ - 高品质产品，几乎翻了一番。一种新技术可将在线分散技术与真空膨胀方法结合起来，以便更有效地使用TiO_2。

约有60％的TiO_2用在清漆、涂料和印刷油墨的生产中，是最重要的颜料。该颜料是白色甚至彩色色调的基础颜料。这是必然的，因为只有将未被吸收的光谱反射出来时，彩色颜料才能被看见， TiO_2有助于做到这一点。这占了很大一部分成本。据计算，根据应用领域，TiO_2约占了25％~40％的制造成本。欧洲人以前是TiO_2的最大消费者，但这种情况已经发生了变化。目前，亚洲（主要是中国）使用的TiO_2最多。在那里，一家工厂的乳胶漆产量相当于全德国所有涂料生产厂的总产量。

间隔距离要恰当

TiO_2颗粒非常细。该颜料的单颗粒的粒径仅为约200~400 纳米。其最重要的特性是可以使光线发生弯曲、衍射和反射 – 简而言之：它们能散射入射光。光的波形特征使得每个单独的粒子以球体的方式将光散射，该球体大约是粒子大小的两到三倍。如果两个粒子之间的距离足够小，使得该活性球体重叠，那么这两个粒子合在一起的光散射会略高于单个粒子的光散射（图1）。结论：粒子之间的空间太小会降低光散射效果。

TiO_2颗粒会产生附聚，粘在一起。此外，大多数水性清漆和涂料的pH值接近二氧化钛的等电点 – 这进一步增加了这种趋势。必需使用分散助剂进行解附聚和后续的稳定化处理。各个颗粒之间必须彼此保持均匀的最佳距离，以产生最大的光散射。

正确的分散

在真空膨胀下的分散方法旨在分离颗粒，破坏附聚物，并防止再出现附聚。甚至在分散附聚物的作用中断了，也需要使用分散助剂来确保分散体的稳定性。要使二氧化钛实现最佳的分散，需要采用现代分散技术和最佳的分散助剂，并且，在同一台机器

结果一览

→二氧化钛是清漆和涂料生产中成本最高的组分。

→在真空膨胀下进行分散可缩短加工时间和降低成本，不会影响质量。

→该技术可减少所需用的二氧化钛量。

→可以采用该方法进行分散剂的进料，以获得最大效果。

→其趋势是朝着颜料浆和半成品方向发展 – 这也建议用于二氧化钛。

上适时提供足够的助剂量。

以前，清漆和涂料生产中一直使用高速搅拌（HSD），但是，它们只能实现相对低的剪切梯度。若要获得剪切效应，需要较高的黏度。若加工中使用ystral公司开发的“Conti-TDS”（吸粉式连续均质分散机），则不需要较高的黏度了。该装置的剪切速率可高达上千倍。用高黏度液体润湿最细的粉末 – 就像在高速搅拌中一样 – 是不合逻辑的，也是十分困难的。该新技术解决了这个问题。实现恰当的分散，需要的能量可降低70％~90％，特别是对于二氧化钛的分散，可缩短高达95％的时间。

该机器安装在加工容器的外面（图2）。因此，其工作情况与加工容器的大小和加入量无关。甚至在较低的初始液位时，也可以开始加入粉末。这样，从一开始就形成了最佳的分散条件（图3）。不需要在开始时完全加入分散剂，而是在粉末加料过程中逐渐加入。

高速搅拌不仅可进行分散。而且，还能使容器中的高黏性物质产生旋转。因此，当大量分散时，仅使用了功率中的一小部分。而采用这种新方法以后，全部功率都可以用在分散过程中（图4）。分散区本身的体积还不足1L。所以，用于分散的比功率要高出约10.000倍。该机器在分散区产生高真空，将粉末吸入到液体中，不会产生任何灰尘和损失。

图1 附聚的TiO_2颗粒会阻止光散射能力

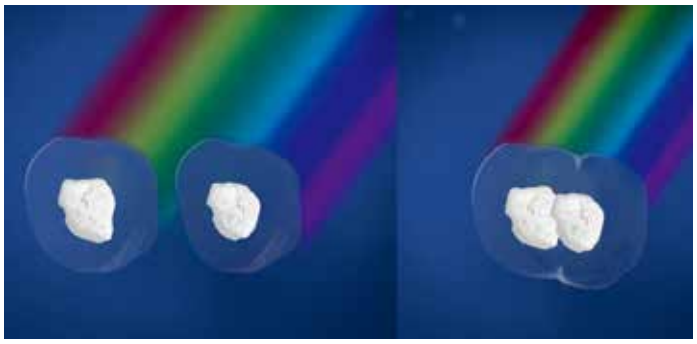


图2 Conti-TDS适用于吨包装袋二氧化钛的添加和分散

图3 主要结构；液体和粉料入口；分散区和产品出口

图4 墙面涂料生产中二氧化钛优化分散的工艺步骤

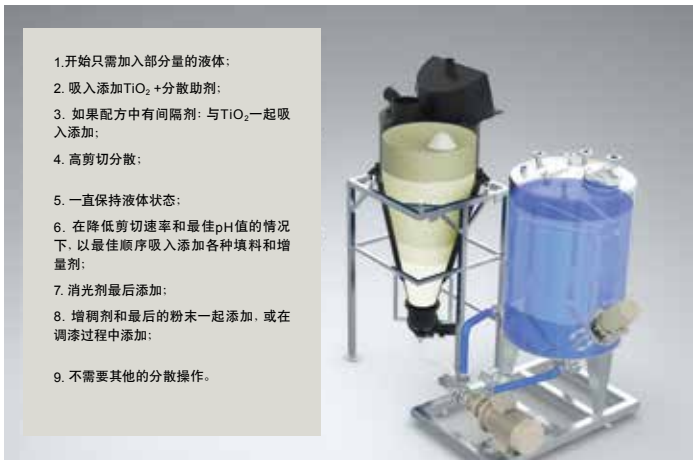


图5 真空膨胀；将颗粒在达到分散区的途中实现分离

图6 仅需极少的分散助剂可获得良好的粒径分布；分散过程中粒径增大

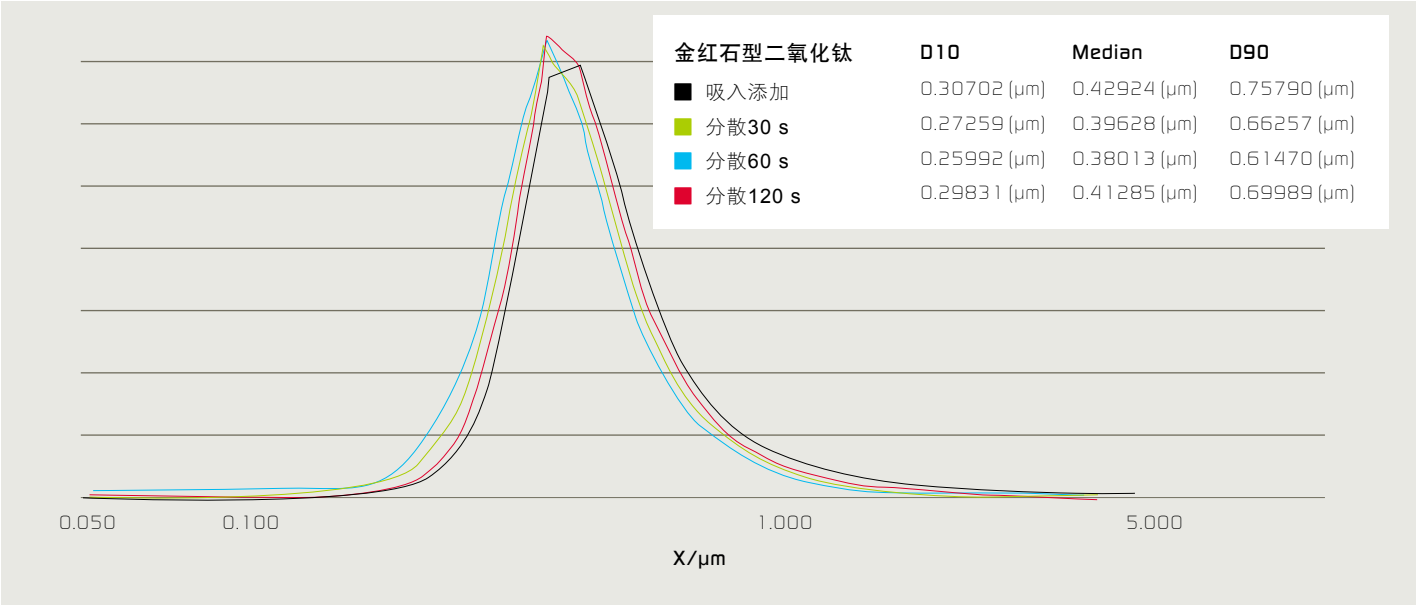
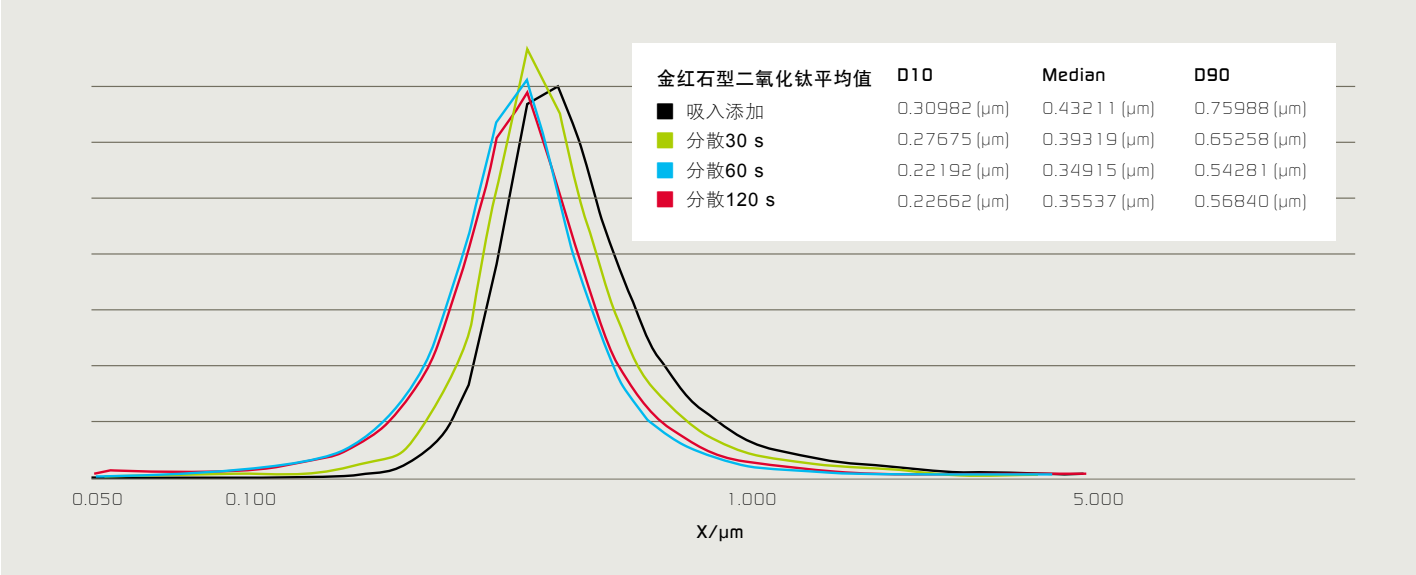


图7 调整分散助剂用量和优化进料后的粒径分布



空气含量超过预期

与任何其他粉末一样，TiO_2中也含有大量空气。事实上，其总体积的75％以上都是空气。该新技术就利用了这些空气。在大气压下，粉末颗粒能彼此接触。产生的真空使空气膨胀，扩大了颗粒之间的空间（图5）。在进入最大真空区的途中，空气会进一步膨胀。通过这种方式，液体就可以到达所形成的所有空间中，并完全润湿每个单独的颗粒。

图8 用较大颗粒的填料分散二氧化钛会造成聚集，并降低二氧化钛的效果

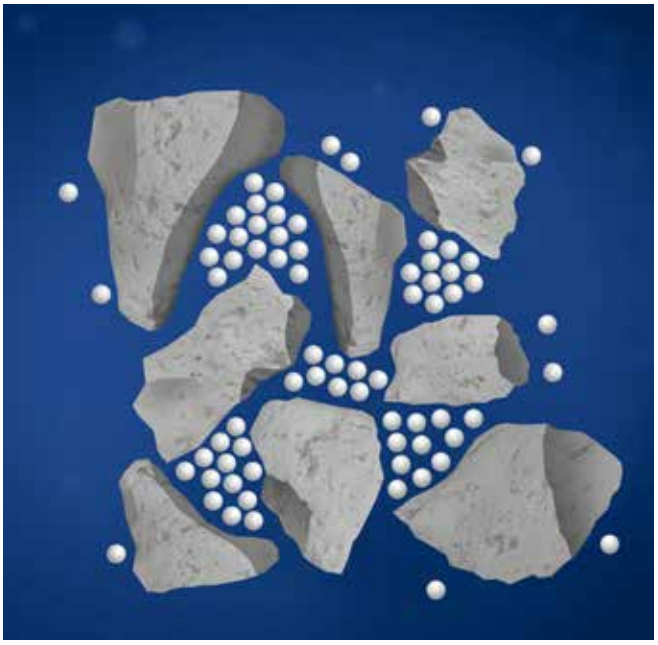


图9 二氧化钛减少8％，但色强度相同

粉末和液体并非简单地混合在一起，而是在最大湍流和最高的真空条件下，就在分散区的剪切区域内实现机械分散。这就是真空膨胀法不需要用润湿剂来润湿粉末的原因。因此，几乎不产生任何泡沫，因此该系统需要较少的消泡剂。

通过该机器的离心作用，使粉末中过量的空气与分散体相分离，并与液体一起泵入容器中。这样，形成大气泡，使空气很容易逸出。

因为润湿过程是发生在容器外部，所以液体上方不会积聚灰尘 – 容器内部或盖子上也不会积聚灰尘。

制造调色色浆（着色剂）

二氧化钛颜料浆是用于工厂调色和零售点调色系统最常见的颜料制剂。高浓度颜料浆含有60％~80％的TiO_2。目前，该颜料浆采用高速搅拌配制而成，并在磨机中进行研磨，以期获得最佳的细度。高速搅拌单独无法使该颜料完全解附聚。

新技术不仅要比当前的工艺速度快，而且无需砂磨也能成功。添加粉末后，可以直接获得良好的粒径分布，这和以前使用其他的研磨机所获得结果完全不同，甚至超磨机也达不到。

传统上，最终产品的质量在很大程度上取决于TiO_2的质量。使用新型Conti-TDS设备的经验表明，即使使用标准的或较便宜的TiO_2，也能获得较好的效果。大多数高速搅拌的配方中含有大量的润湿剂，但没有足够的分散助剂。新技术根本不需要任何润湿剂，但是，需要较多的分散剂。与先前的生产相比，获得的粒径更细，并且粒径分布更窄。并且，需要通过分散剂稳定的颜料的

比表面积变大了。表面积增大20%，这说明需要增加20%以上的分散助剂才能稳定。

图6展示了生产未改变时传统的高速搅拌配方的情况。开始时，就要将所有的分散助剂都加进去。如果在分散后的最初几秒内，粒径分布较小，然后，随着分散的继续，粒径再次变大。这是分散助剂用量不足的表示。

图7表示了该过程中调整分散助剂用量和优化直接加料后的结果。以这种方式，可以更有效地发挥TiO_2的效果。

填料的添加

用于内墙和外墙的乳胶涂料中除了TiO_2外，还含有填料，如碳酸钙、滑石粉或粘土。在高速搅拌过程中，通常在开始时就添加增稠剂，来增加基础液体的黏度。TiO_2和各种填料是直接加到物料表面上。然后这些粉末被搅入到液体中。这种方法会造成质量的明显波动。因此，自始至终都必须进行质量检查和重新调整。

使用新技术时，就不会出现这种情况。原则上，可以使用相同的配方和相同的配制顺序。这样，就可以得到稳定的质量。如果更改了工艺流程，但配方保持不变，那么就可以进一步提高质量，并能够节省35%~70%的时间。关键的一步是要延迟添加增稠剂，到整个过程结束时才添加增稠剂，或者在后续的调漆过程中添加增稠剂。因此，在分散过程中液体的黏度较低。对配方进行优化可降低原材料的成本。

有机聚合物增稠剂的剪切稳定性很差。如果搅拌时间过长，大部分的增稠效果会在高速搅拌中被不可逆地破坏了。采用新工艺后就不会出现这种情况。增稠剂的用量也可因此而减少20%，并且，能够确保恒定的质量和黏度。

为了优化TiO_2的分散，该工艺仅容许在最佳条件下，在开始时使用一小部分液体只分散TiO_2。在该工艺过程的早期，就可实现最合理的粒径分布。剩余填料的颗粒粒径要比TiO_2颗粒大20倍。采用混合式分散会阻止TiO_2的最佳分散，并导致二氧化钛颗粒的聚集（图8）。较小的二氧化钛颗粒就会聚集在较大填料颗粒之间的缝隙中。因为不均匀，所以不能达到最佳分布。因此，最好先将二氧化钛分散在部分液体中，然后再添加填料。

图10 二氧化钛减少8%，但遮盖力更高

遮盖力和色强度

高速搅拌只有在最佳添加量的情况下才能有效果。然而，新技术与添加量无关。即使添加量较小，也可以开始运行，因此，TiO_2能够得到最好的分散。分散后，再加入剩余的液体、填料，最后加入增稠剂。之后，不需要进行进一步的分散。以这种方式优化了其工艺的用户可以同时获得：较好的遮盖力和较高的色强度。通过降低TiO_2的比例（平均降低8%），就可以实现上文所要求的质量（图9和图10）。此外，需要较少的增稠剂、润湿剂和消泡剂。

在含有极细复合材料或混合颜料或填料的配方中，由于分散更为充分，所以要进一步减少TiO_2的用量是有限的。

TiO_2颜料浆和中间制品

行业中有一种趋势是不采用共研磨生产，而以颜料浆代替。其优点是可以在最佳条件下单独分散各种粉状组分，而不用在相同条件一次添加所有的组分，造成质量的下降。涂料生产商通常自行生产颜料浆，这样可不受供应商的约束，且可对机密配方进行保密。然后，他们储存颜料浆，利用液体颜料浆混合制备成品。

即使要保留先前的共研磨生产工艺，也建议至少要把TiO_2作

向Hans-Joachim Jacob博士提出3个问题

当前生产中要使用“Conti-TDS”方便吗？

通常，通过以下方式来安装新系统：进一步利用现有自动粉末供料系统。目前，是先将粉末加入到粉末料斗，并非直接加入到高速搅拌中。仍将继续在同一操作平台上完成控制、操作和可能的手动加料。分散系统本身是位于平台下方。可以与正在运行的生产设备并排安装新系统。

要变更为真空膨胀下的在线分散时需要考虑什么？

加料顺序应优化。将需要最强烈分散的粉末先添加到少量液体中。然后，再添加剩余的组分。最后或甚至在随后的调漆工艺中添加各种增稠剂。不需要添加润湿剂来润湿和分散粉末。

二氧化钛颜料浆和中间制品有哪些优缺点？

TiO_2应在最佳条件下进行强力分散。这样，就可以获得更细的粒径和更窄的粒径分布。颜料浆可以提前一周或两周生产。颜料浆的添加比粉末加料容易得多。一个小缺点是仅需要使用几种不同类型的TiO_2，而不是10~15种。这样，需要保存的颜料浆库存品种数量就不多了。

Hans-Joachim Jacob博士
YSTRAL公司
hans-joachim.jacob@ystral.de

“用颜料浆配料比用粉末配料容易得多。”

为颜料浆使用。

颜料浆包含的物质不一定仅有一种粉末。如果含有多种粉末，那么该颜料浆就称为中间制品。对于TiO_2的中间制品，最好要将TiO_2与间隔剂（增量剂）结合使用。间隔剂应能增强TiO_2的效果。典型的间隔剂是极细的瓷土。这种瓷土确保了单个TiO_2颗粒的定向、最佳的分布和稳定。

参考文件

[1] Winkler, J.: “Titanium Dioxide - Production, Properties and Effective Usage”, 2nd revised edition, Vincentz Network, Hanover, 2013.
[2] “European Coatings TiO2-Forum – Maximising white pigment efficiency”, Vincentz Network, Hanover, 2018.