

一个愿景,零排放



■ 白皮书

替代气体质量测量,可持续修复和再利用 第 4 部分

作者:

Dr Sebastian Glomb

Martin Göppel

Peter Pilzecker



此文件由DILO中国代表处: 珠海经济特区恒迪科技有限公司 www.dilo.com.cn 翻译,仅供参考,以英文内容为准。

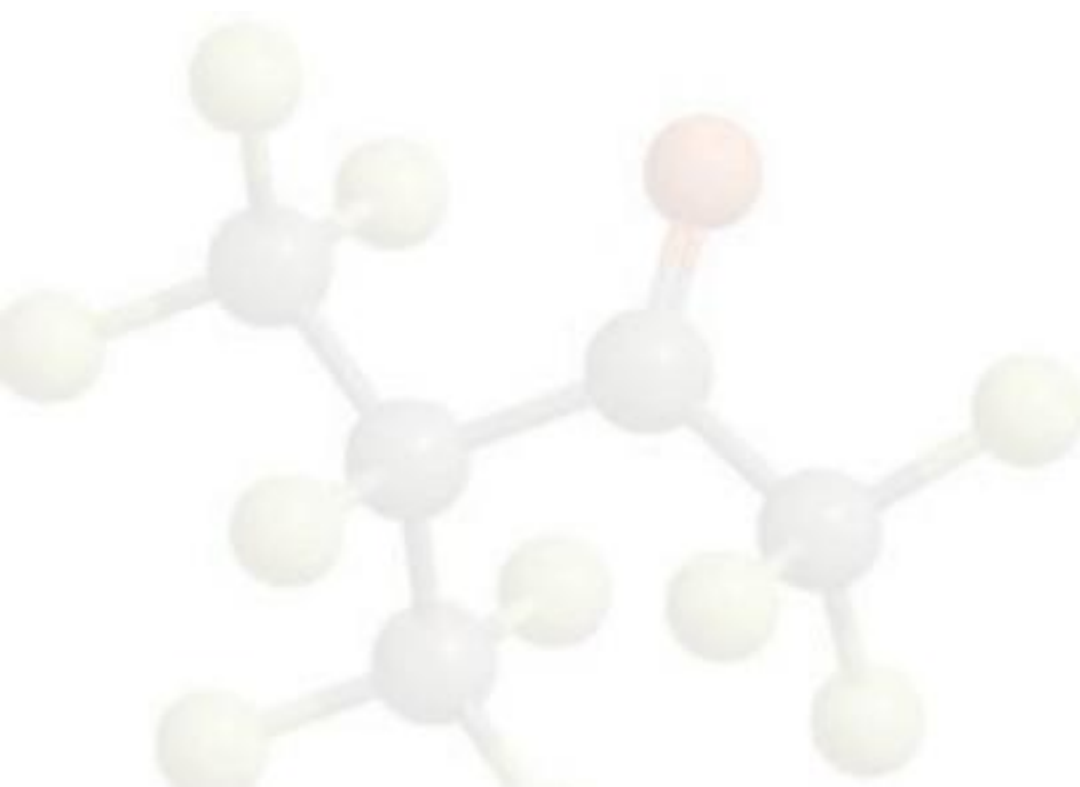
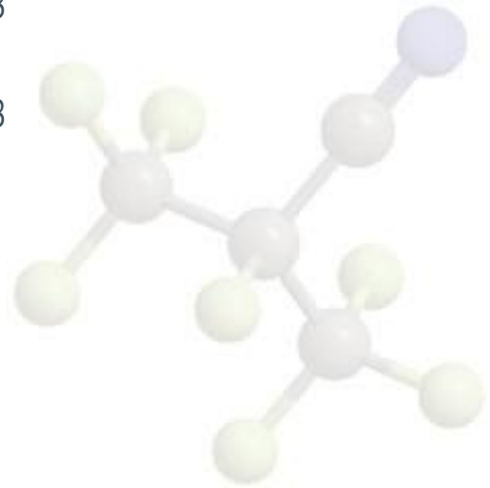
www.dilo.com



■ 目录

1. 介绍	2
2. 替代气体质量测量.....	3-5
3. 探测替代气体.....	5
4. 替代气体可持续的修复和再使用	6-8
5. 最后思考.....	8
6. 参考.....	8

1



■ 1. 介绍

替代气体指南的最后部分将涵盖有关替代气体成分测量的基本方面和提供了和SF6测量相比对的传感器差异的概述,此文章将概述现有的监测系统如泄露测试和空气环境监测并说明了替代气体持续修复和再使用的可能性.

气体质量被测量,或者气体操作介质中的混合气体被检测,当系统被开始充入或者进入现场,当气体被回收时,当一个系统经过维护或者服务寿命截止(退役),这里首要问题是确定气体混合物是否被重新投入使用,

修复或者处置.

适用的标准可以有助于做出一个决定,否则,我们将需要参考制造商的技术规范标准,象人体血液质量一样,气体的质量可以暴露出系统的过去,如不正确的处理,差的抽真空和放电,仍然可以在事后被判断出来.

和SF6的应用不同.SF6作为唯一的绝缘及灭弧截止在开关设备中,替代气体通常包含多个成分(参见导则1),为了正常工作,它需要精确的调谐混合比例和精确的测量各种成分的浓度水平.

■ 2. 替代气体质量测量

在SF₆ 应用中,测量值首先是SF₆的纯度(SF₆的百分百分额允许间接推断出空气和CF₄的份额),气体的含水量和分解物的负荷,由SO₂浓度表示.对于SF₆充气设备进行的测量在” SF₆测量指南1”中有详细说明,由于测量替代气体的测量方法和步骤相同,该指南也适用于大多数部分替代气体的测量.

替代气体混合物的特性取决于各自混合使用的成分,将根据相应的气体成分所实现的目的进行优先排序去测量每个成分的精确性,最优先的识别是作为开关设备中绝缘和电弧的部分.混合比率和测量精度的临界值目前仍然是由各开关生产厂家提供.目前可用的测量装置的设计可以反应出它的技术规格(图1),气体质量测量的最新技术是全封闭系统可以实现零排放.

3

绝缘气体和附属产品的浓度作为摩尔分子数以mol%或者ppm显示.摩尔分数等于理想的体积分数,但是不同于实际的体积分数(vol%, ppm_v) 是没有被温度和压力影响.被标定的测试气体需要.



图1:多功能分析仪用于测量浓度 C4-FN或者 C5-FK, 氧气(O₂), 湿度(使用电,露点传感器), 二氧化碳(CO₂) 和一氧化碳(CO).

按照重量法生产的传感器进行标定.这意味着混合气体的成分组成在添加前被精确的称量,它可以使得测试气体等同于独立于温度和压力,也意味着它们可以直接可追溯于国际的质量标准.

替代气体组分的测量可以是自身的绝缘气体(C4-FN is 等同于 3M™ Novec™ 4710, C5-FK 等同于 3M™ Novec™ 5110), 载体气体(CO₂) 或者其它典型的组分(氧气 O₂). 保持被测量一致的质量参数. 通常SF₆只测量湿度(H₂O)及显示分解物组分如SO₂. 对于 C4-FN/C5-FK应用的组分是一氧化碳(CO),在合成空气应用需要显示 氧化氮的成分(NO_x = NO and NO₂). 确定湿度需要考虑相应使用的载体气体,因为使用的湿度传感器需要相应的校准. 目前常见的传感器系统(例如.电化学或者光学)不能胜任现场测量氮气分数(N₂),例如应用在合成空气.一种可行的实验室测量方法是气相色谱分析.其中混合气体被分解进入一个毛细管道以便氮可以被分开量化.

不同于SF₆测量设备各种传感器的技术应用和测量范围及相应的精度在(图2)列出. 所研究的C4-FN/C5-FK 摩尔mole分数将会小的多(≤ 15 mol%),因此传感器的浓度范围需要专门设计规格去匹配它,一种可行的方法是用非色散红外传感器(ND-IR)测量. ND-IR 传感器测量时通过一种特定的分子光波长吸收特定的分子震荡强度.通过选择相应的震荡,传感器目标有选择的分子.因而,气体气体不影响它的测量结果..同时,对比SF₆百分用声速的测量,ND-IR 传感器提供了更高的精度(C4-FN/C5-FK: ±0.1 %, SF₆: ±0.5 %).

另外一个重要点,于测量SF6纯度(单一的组分气体)不同,测量混合气体多组分的测量分数可能提供出偏差的测量结果.例如,由于额外的环境空气进入会引起充气比例的变化.因此,在追求精确的测量结果时,分别确定每个组分的浓度是必要的.

有两种主要的方法用于测量替代气体的湿度.它主要依照替代气体的自身.合成空气可以通过露点/霜电或者通过电容性湿度测量.带有. C4-FN/C5-FK混合气体需要用电容性湿度传感器.因为 C4-FN 和 C5-FK的沸点是非常低的.因此,如果使用露点/霜点去测量,测量过程的冷却会引起他们在水分出现前的凝结,从而产生一个虚假的测量结果.

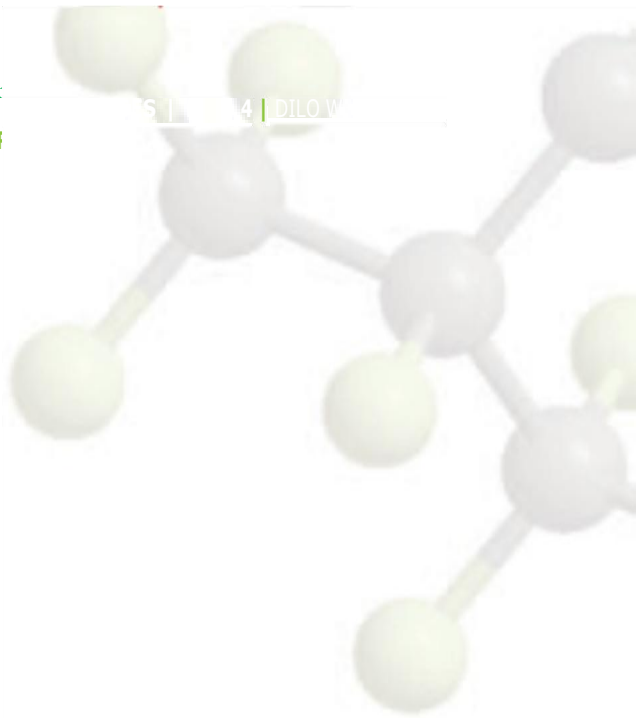
合成空气中的氧气和一氧化碳以及氮化物 (NO 和 NO₂)可以使用电化学传感器进行测量.混合气体中的目标气体会在电化学传感器里面进行反应.反应产生一个于测量浓度成比例的电流或者电压.

这些传感器也是专门对应他们的测量成分进行特别的定制.

它们的稳定性期或者服务寿命类似SF6仪器,同样可以每2年被标定或者更换.这些设备本身的设计就像SF6分析仪一样,同样具有我们熟悉的特性,如零排放测量和气体被泵回的功能.为此我们提供一个例子,这里是C4-FN/ C5-FK传感器应用的技术规格:到目前为止,此文呈现了通过现场测量的方法去断定气体的质量,显而易见,就像SF6应用程序一样,也可以将取样的气体带回实验室的专业设备进行完整的分析.包括使用气相色谱和红外光谱的方法去检测分解物产品和如氮气等其它气体.

	Mol% 3M™ Novec™ 4710	Mol% 3M™ Novec™ 5110	湿度	Mol% 氧气(O ₂)	Mol% 二氧化碳(CO ₂)	一氧化碳浓度 (CO)
测量原理/传感器	非色散红外传感 (NDIR)	非色散红外传感(NDIR)	电子露点测量 (电容性市)	电化学反应	非色散红外传感器(NDIR)	电化学反应
测量范围	0 - 10 mol%	0 - 15 mol%	-60 °C to +20 °C	0 - 25 mol%	0 - 100 mol%	0 - 500 ppm
测量精度	≤ ±0.1 mol% (at < 7%) ≤ ±0.2 mol% (at ≥ 7%)	≤ ±0.1 mol% (at < 7%) ≤ ±0.2 mol% (at ≥ 7%)	≤ ±2°C (at > -40°C) ≤ ±3°C (at < -40°C)	≤ ±0.2% mol%	≤ ±2 mol%	测量范围的±2%

图2: 替代气体分析仪测量数据和传感器测量原理.



■ 3. 探测替代气体

除了直接检测气体的质量,也可以检测充满C4-FN 或者 C5-FK 混合气体是否泄露. 合适的泄露监测可以定位泄露位置和量化泄露量.

5 为了防止在测量时的灵敏度交叉,最好采用非红外光谱法检测氟成分的传感器. 此类设备是可以检测C4-FN 和 C5-FK泄露率在每年3克以下的泄露. 在量化C4-FN 或者C5-FK时,也要注意,不像SF6 气体. 他们不会作为纯粹的物质出现在混合气体中. 但是反而作为一个 < 15 mol% 的分数存在. 当测量泄露率时,此导致和SF6应用相比减少了大约 10个系数. 为了检测合成空气应用领域的泄露,研究了使用二氧化碳 CO₂ 或者臭氧 (O₃) 被检查的方法.

在封闭的室内区域系统或者充有 C4-FN 或者C5-FK 的罐体内,安装一套环境空气监测系统在人进入房间之前了解是否有危险的浓度泄露是有必要的. 此监测系统也可以使用NDIR传感器直接测量环境中的 C4-FN 或者 C5-FK 氟分子,理想情况,环境空气监测系统完全可以作为一个防止人员受到伤害的警告系统,可以安装附加的传感器去报警升高的SF6水平,有害的分解物产品或者缺氧.

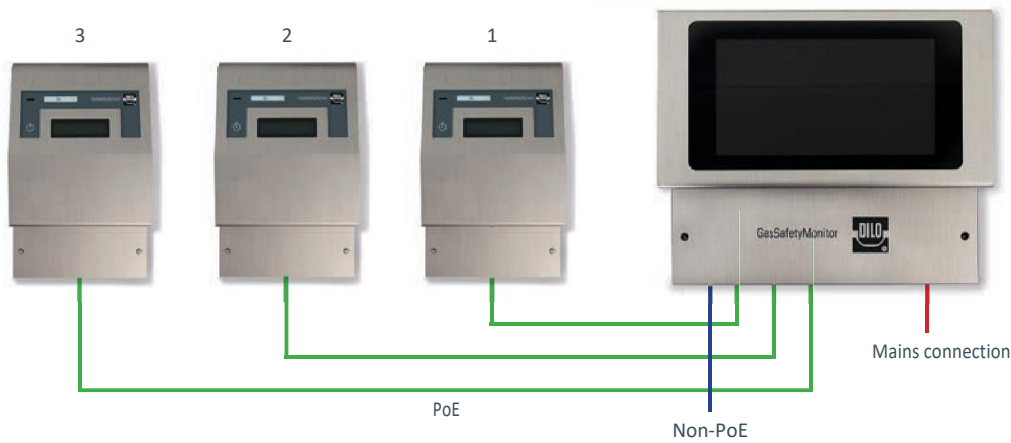


图 3: 不同气体安全传感器网络分布示意图 (左; 1-3)用于测量和气体安全监控 (右边) 用于显示

■ 4. 替代气体可持续的修复和再使用

最后一章我们将讨论在开关设备中被使用过的替代气体被可持续修复和再使用的概念。

由于SF₆有如此高的温室效应,现有的各种国际标准明确规定了使用在运行开关中的气体及混合气体最低的气体质量要求和气体处置.广泛应用的混合气体和混合率意味着必须注意并遵从制造商要求的最低气体质量和技术要求的规程。

有时在使用替代气体时,在现场净化和干燥气体后,重新使用它们可能不再可行,或者所需的混合率已经被改变了(指南2)。如果是这个原因,还有另外一个备选方法,通过焚烧来处置它们。象SF₆一样,可以进行修复和回收(例如通过分离氟成分)。尽管混合物有运算比较低的温室效应,尤其对于C4-FN,带有C4-FN和C5-FK混合气体不应有意的被排放到大气中,运行期间的放电会产生有毒或者对环境有害的附属产品.或者两者都有.今天,已经有了专门针对修复C4-FN和C5-FK设计的固定式回收设备.可以进行复杂的净化处理程序。

然而,妨碍了在现场的直接修复,在生产过程中仿照SF6 (Solvay, "SF6的再利用"²)通过添加新的C4-FN或者C5-FK气体在技术上是行不通的。

与SF6不同,重新调制/修复带有C4-FN或者C5-FK的替代气体的挑战并不在于从附属产品中(代表性的为CO₂/N₂)进行分离,反而,仅有少量的摩尔分数(C4-FN/ C5-FK)被修复.于其它分解物产品相比较,如果当C4-FN/C5-FK含有充足的高比例,并且回收分离的效率高(> 95%),对于重新修复它在生态和经济都是可行和必要的.重新修复后,该气体可以重新用于新的混合气体中.它甚至比较原来的混合物可以有一个不同的混合比率或者用不同的载体气体(图4)。

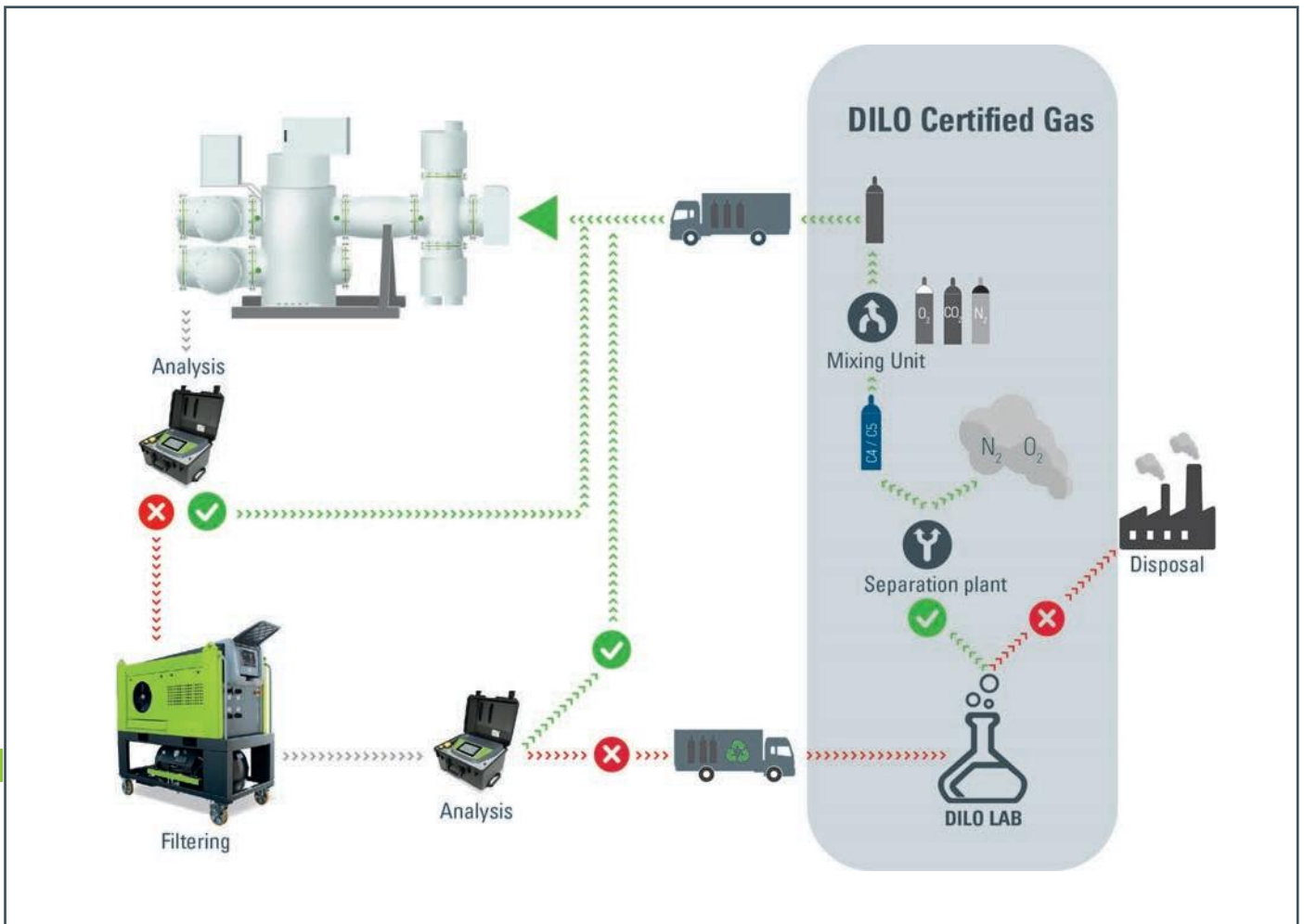


图 4: 封闭式循环分析替代气体的修复和再使用.

重新调整残留的 (CO_2 , N_2 , O_2) 气体是没有成本效应的. 为了防止剩余的气体中的毒性或者附属产物损害环境, 相关附属物资需要进行过滤并在实验室条件下进行气体分析. 如果剩下的气体是无害的, 可以直接释放大气或者进行适当的的处置..

当考虑是否进行修复时, 可持续的生态和成本因素应同事考虑. 就效益方面, 较低的费用和快速对混合气体进行修复提供了强有力的论据, 就国家不同规定 (availability of C4-FN/C5-FK 可用性, 新的气体税等.). 生态考虑, 然而, 需要考虑到整个过程的碳足迹. 在这方面值得注意的积极因素是, 修复处理比焚烧处

消耗的能源更少, 并节约了资源, 由于重新利用现有的气体排除了需要新和成C4或者C4材料的需求..

其它因素通常被忽略, 但是会影响总体碳的平衡通过运输其它处理维护车和设备之间, 运输气体到修复工厂设备, 在分离和排放时会在关联建筑和维护修复工厂里面消耗额外的能源, 产生额外的 CO_2 排放, 这意味着必须认真考虑在少量的通过材料运输和随后的修复或者焚烧会产生额外的能源消耗并影响环境.

在外面现场,在现场回收运输和修复合成空气的各个成分从经济效益是不划算的,因为氮气和氧气甚至二氧化碳是相对便宜的,可以容易和快速的获取..

本替代气体指南前几章介绍了判断气室中替代气体的质量,监测室内环境的空气和检测泄露的技术选项,并详细的介绍了所需要的各种测量方法.关于C4-FN和C5-FK气体可持续修复使用方面也进行了解释,以及现有的对气体在密闭循环下的重新利用.

■ 5. 最后的思考

关于此替代气体指南的目的是为了减少未来用户在考虑转换使用或者处理替代气体时的不确定性. 此目的是为了说明各种的替代气体处理解决方案在当今已经得到技术证明. 并且和替代气体一样多样化. 在DILO, 超过50多年的SF6处理经验已经被吸纳进技术工程设计, 使得我们可以迅速的延伸到我们综合范围的回收装置, 测量设备和服务, 并涵盖入替代气体领域.

在某些方面, 处理替代气体看起来更加艰难和复杂, 但是仍然和过去50多年里出现处理SF6的方法相类似, 直到今天, 即使对后者的领域也仍然需要进行不断的技术创新和优化, 因此, 替代气体领域也显示了持续提高改进的潜力.

8

DILO也渴望继续保持您可信的合作伙伴和世界的领导者, 并作为您未来50年在该领域的向导. 正如我们常说的:

一个愿景. 零排放 .

作者和DILO所有团队希望收到您的问题和想法 .

■ 6. 参考资料

- (1) CIGRÉ Technical Brochure No 723, 2018, SF₆ Measurement Guide.
- (2) Solvay. The SF₆-ReUse-Process: A contribution on the sustainability of SF₆.

ONE VISION. ZERO EMISSIONS.



SF ₆ GAS	ALTERNATIVE GASES	INDUSTRIAL GAS EQUIPMENT	HIGH PRESSURE PRODUCTS
DILO CERTIFIED GAS	AFTER SALES SERVICES	TRAINING & CERTIFICATION	


QUALITY. MADE IN GERMANY.

此文件由DILO中国代表处：珠海经济特区恒迪科技有限公司 www.dilo.com.cn 翻译, 仅供参考, 以英文内容为准。0756-3366788, 3344448

DILO
Armaturen und Anlagen GmbH
Frundsbergstrasse 36
D-87727 Babenhausen

+49 (0) 83 33 3 02-302

+49 (0) 83 33 3 02-302

info@dilo-gmbh.com

www.dilo.com

